

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДУБРАВ

Шаболда П.А., Воробей Е.И.

*Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники,
г.Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Цявловская Н.В. – магистр технических наук, ст. преподаватель кафедры ИПиЭ

Аннотация. Разработано веб-приложение для автоматизации трёхлетнего мониторинга экологического состояния трёх дубрав (общей площадью ≈ 6 га) на северо-западе г. Бобруйска. Система реализует функционал внесения данных геоботанического описания древостоя, кустарникового и травяного ярусов, автоматический расчёт коэффициентов состояния, визуализацию динамики показателей по годам и площадкам. Приложение позволяет отслеживать изменения видового и количественного состава дубрав, анализировать деградацию древостоя и формировать отчёты о состоянии насаждений. Внедрение цифрового инструмента повысило эффективность сбора данных мониторинга и обеспечило наглядное представление результатов исследований. Система может использоваться для долговременного экологического мониторинга лесных экосистем в условиях умеренной антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: веб-приложение, цифровизация мониторинга, экологическое состояние, дубравы, геоботаническое описание, визуализация данных.

Введение. В Бобруйском районе дубовые рощи занимают небольшие площади и подвергаются сильному антропогенному воздействию. Дубравы испытывают деградацию, проявляющуюся в ухудшении состояния древостоя и отсутствии естественного возобновления. Традиционные методы экологического мониторинга лесных экосистем связаны с ручным сбором данных, бумажной документацией и трудоёмкой обработкой результатов. В условиях необходимости многолетних наблюдений за состоянием дубрав г. Бобруйска возникла потребность в цифровизации процесса мониторинга для повышения точности, оперативности и удобства анализа данных [1].

Цель работы – разработка веб-приложения для автоматизированного учёта и анализа данных мониторинга экологического состояния дубрав путём геоботанического описания [2]. Объект исследования – три дубовые рощи естественного происхождения (по 2 га каждая) на северо-западе г. Бобруйска, мониторинг которых проводился на трёх постоянных пробных площадках размером 25*25 м на протяжении 3 лет.

Основная часть. Архитектура приложения построена по принципу клиент-серверного взаимодействия. База данных хранит информацию о пробных площадках, данные геоботанических описаний по годам, результаты измерений древостоя и характеристики травяно-кустарникового яруса.

Функциональные возможности системы включают:

- регистрация данных о древостое (вид, диаметр, высота, возраст по формуле $B = 1,6 * D + 44$, категория состояния по пятибалльной шкале);
- внесение данных о кустарниковом ярусе (виды, густота в баллах) и травяном ярусе (видовой состав, проективное покрытие);
- автоматический расчёт коэффициента состояния древостоя по формуле: $K = \Sigma(\text{балл} * \text{кол-во деревьев}) / N$ [3];
- формирование сравнительных таблиц динамики показателей по годам и площадкам;
- визуализация данных в виде графиков и диаграмм для анализа трендов;
- автоматическое определение формулы состава древостоя глазомерным методом.

Интерфейс приложения (рисунок 1) представляет панель управления с ключевыми метриками: общая площадь мониторинга, количество исследуемых площадок, число видов в травяном ярусе. Динамика изменения количества деревьев по категориям возраста отображается в виде гистограмм, что позволяет оценить процессы естественного

возобновления и искусственного лесовосстановления [3].

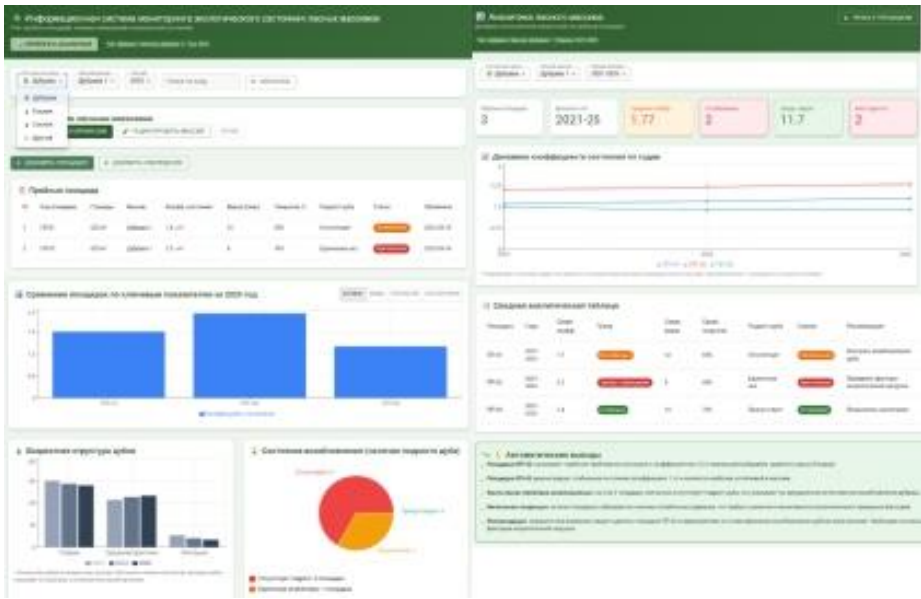


Рисунок 1 – Интерфейс веб-приложения для мониторинга дубрав

Табличный раздел приложения содержит детализированную информацию о состоянии деревьев на каждой площадке с возможностью фильтрации по годам, видам и категориям состояния. Реализована цветовая индикация критических значений (ослабленные и сильно ослабленные деревья выделяются оранжевым и красным цветом соответственно). Система фиксирует деревья с усыханием вершин и другими признаками угнетения.

Результаты мониторинга отображены в таблице 1:

Таблица 1 – Результаты мониторинга

Показатель	Площадка 1	Площадка 2	Площадка 3
Коэффициент состояния (2023)	1,5	1,9	1,4
Коэффициент состояния (2025)	1,1	1,6	1,3
Изменение количества старых дубов	-2	-3	-1

Аналитический модуль приложения выявил ключевые тенденции: стабильность видового состава древостоя, незначительное сокращение средневозрастных дубов, увеличение молодых дубов за счёт искусственной посадки (с 3–4 до 8–10 шт. на площадку) [4]. Система зафиксировала отсутствие естественного возобновления дуба (в подросте преобладают берёза и липа), что подтверждает процессы деградации дубрав. Проективное покрытие травяного яруса составило 60–100 % на всех площадках. Кустарниковый ярус представлен лещиной, бересклетом и малиной с густотой 2–3 балла.

Причины деградации, выявленные системой мониторинга: биологические особенности дуба (требовательность к свету и почве, подверженность болезням), прошлая нерациональная эксплуатация и современное антропогенное воздействие (рекреация, близость дорог) [5].

Преимущества цифровизации мониторинга:

- 1 Сокращение времени обработки данных с нескольких дней до нескольких минут.
- 2 Минимизация ошибок при расчётах коэффициентов и составлении формул древостоя.
- 3 Возможность оперативного сравнения данных за разные годы.
- 4 Наглядная визуализация динамики для принятия природоохранных решений.
- 5 Формирование автоматизированных отчётов для природоохранных служб.

Заключение. Разработанное веб-приложение успешно применено для трехлетнего мониторинга дубрав г. Бобруйска. Система обеспечила автоматизированный учёт более 200

деревьев на трёх пробных площадках, расчёт коэффициентов состояния и визуализацию динамики показателей. Цифровой инструмент повысил качество и оперативность экологического мониторинга, позволил выявить признаки деградации древостоя (коэффициент 1,1–1,6 соответствует здоровому и ослабленному состоянию) и отсутствие естественного возобновления дуба [6].

Для сохранения дубрав на основе данных приложения рекомендуется: продолжить ежегодный мониторинг на постоянных площадках с использованием системы; проводить искусственное лесовосстановление; ограничить рекреационную нагрузку в критических зонах.

Приложение рекомендуется для внедрения в практику лесохозяйственных и природоохранных организаций. Планируется расширение функционала системы: добавление модуля прогнозирования состояния древостоя, интеграция с ГИС-системами для пространственного анализа, разработка мобильной версии для полевого сбора данных.

Полученные результаты подтверждают перспективность цифровизации экологического мониторинга лесных экосистем и могут использоваться в изучении биологии, экологии и природоохранной деятельности. Проект демонстрирует необходимость постоянного экологического мониторинга дубовых насаждений в условиях умеренной антропогенной нагрузки с применением современных цифровых инструментов.

Список литературы

1. Gubanov I.A. et al. *Identification Guide to Higher Plants of Central Russia*. – Moscow: Prosveshcheniye, 1981.
2. Icher T.P. *Rustle, Rustle, Green Forest*. – Tula: Grif i K Publishers, 2008.
3. Kozhevnikov A.V. *Through Tundras, Forests, Steppes, and Deserts*. – Moscow: Prosveshcheniye, 1975.
4. Leshnikova N.V. *Bioecological Research by School Students // Biology at School*. – 2001. – № 1.
5. Milenkova M.N. *Acorns Wanted // Biology. Pervoe Sentyabrya*. – 2009. – № 2.
6. Petrov V.V. *The Plant World of Our Motherland*. – Moscow: Prosveshcheniye, 1991.

UDC 004.774:630*18

WEB APPLICATION FOR MONITORING THE ECOLOGICAL STATE OF OAK FORESTS

Shabolda P.A., Vorobey E.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Tsyavlovskaya N.V. - Senior Lecturer of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics

Annotation. A web application has been developed to automate a three-year monitoring of the ecological state of three oak forests (total area ≈ 6 hectares) in the north-west of Bobruisk. The system implements functionality for entering data from geobotanical descriptions of the tree stand, shrub, and herb layers, automatic calculation of condition coefficients, and visualization of indicator dynamics by year and site. The application allows tracking changes in the species and quantitative composition of oak forests, analyzing tree stand degradation, and generating reports on the state of plantations. The implementation of this digital tool has increased the efficiency of monitoring data collection and provided a clear representation of research results. The system can be used for long-term ecological monitoring of forest ecosystems under moderate anthropogenic impact.

Keywords: web application, monitoring digitalization, ecological state, oak forests, geobotanical description, data visualization.