

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ НА ПРИМЕРЕ ЛОД РГАУ МСХА ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

THE USE OF INFORMATION  
TECHNOLOGIES TO ASSESS  
RECREATIONAL PROBLEMS  
OF THE TERRITORY ON THE BASIS  
OF SOIL AND ECOLOGICAL ANALYSES  
ON THE EXAMPLE OF THE LOD RGAU  
OF THE MINISTRY OF AGRICULTURE  
NAMED AFTER K.A. TIMIRYAEV

**A. Bezrukih  
E. Bezrukikh  
N. Sizonova  
L. Mosina**

*Summary.* The article is devoted to the development of a theoretical and methodological basis for an information platform for integrated monitoring of the ecological state of a forest experimental cottage. Architectural solutions combining methods of geographic information systems (GIS), remote sensing and web technologies are considered. Special attention is paid to the modular approach, which includes the collection of heterogeneous data (soil, geomorphological, biological), their spatial processing and interactive visualization. Algorithms for estimating anthropogenic load, such as mapping recreational digression and predicting the dynamics of heavy metal pollution using geoinformation technology methods, are analyzed. The advantages of integrating open-source tools (QGIS) and cloud technologies to increase the flexibility and scalability of the system are substantiated. The results of the work form the basis for the creation of adaptive environmental monitoring platforms capable of optimizing the management of natural resources.

*Keywords:* environmental monitoring, geoinformation systems, web platform, anthropogenic load, machine learning, forest ecosystems.

**Безруких Алексей Игоревич**

аспирант, ФГБОУ ВО Российский государственный  
аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева  
abezrukih@list.ru

**Безруких Евгений Игоревич**

техник 1-ой категории, ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
genbezrukih@gmail.com

**Сизонова Наталья Александровна**

научный сотрудник, ФГБУ Всероссийский  
Научно-Исследовательский Институт  
Противопожарной Обороны МЧС России  
Nat-sizonova@yandex.ru

**Мосина Людмила Владимировна**

доктор биологических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный  
университет — МСХА имени К.А. Тимирязева»  
abezrukih@list.ru

*Аннотация.* Статья посвящена разработке теоретико-методологической основы информационной платформы для комплексного мониторинга экологического состояния лесной опытной дачи. Рассмотрены архитектурные решения, объединяющие методы геоинформационных систем (GIS), дистанционного зондирования и веб-технологий. Особое внимание уделено модульному подходу, включающему сбор гетерогенных данных (почвенные, геоморфологические, биологические), их пространственную обработку и интерактивную визуализацию. Проанализированы алгоритмы оценки антропогенной нагрузки, такие как картирование рекреационной дигрессии и прогнозирование динамики загрязнения тяжелыми металлами с использованием методов геоинформационных технологий. Обоснованы преимущества интеграции open-source инструментов (QGIS) и облачных технологий для повышения гибкости и масштабируемости системы. Результаты работы формируют основу для создания адаптивных платформ экологического мониторинга, способных оптимизировать управление природными ресурсами в условиях урбанизированных ландшафтов.

*Ключевые слова:* экологический мониторинг, геоинформационные системы, веб-платформа, антропогенная нагрузка, машинное обучение, лесные экосистемы.

## Введение

**Л**есная опытная дача, выполняющая функции природной лаборатории, играет ключевую роль в изучении антропогенного воздействия на экосистемы. Территория лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, расположенная в северной части Москвы, представляет собой уникальный объект, где со-

четаются природные ландшафты и интенсивная рекреационная нагрузка. [10] За последние два десятилетия антропогенное давление на ЛОД привело к фрагментации лесного покрова и снижению биоразнообразия. Эти процессы требуют внедрения систем оперативного мониторинга, способных интегрировать данные о состоянии почв, растительности и рельефа.

Современные исследования в области экологического мониторинга демонстрируют растущий интерес к использованию геоинформационных систем (ГИС) и веб-технологий. Многие исследования подчёркивают эффективность GIS-платформ для анализа пространственной неоднородности загрязнения почв тяжёлыми металлами в урбанизированных ландшафтах. [5] Однако, большинство существующих решений ориентировано на глобальные масштабы, тогда как локальные системы для конкретных природных объектов, таких как ЛОД, остаются недостаточно разработанными.

Важным аспектом является интеграция данных дистанционного зондирования и наземных измерений. На территории объекта за долгие годы его существования накоплена большая база данных в исследуемой области. Тем не менее, для территорий с высокой рекреационной нагрузкой, характерной для ЛОД, сохраняется проблема интерпретации микромасштабных изменений, что требует разработки специализированных алгоритмов.

#### Цель исследования

Разработка комплексной методики оценки антропогенного воздействия на экосистему Лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева на основе анализа динамики загрязнения почв тяжёлыми металлами, рекреационного уплотнения почвенного покрова и применения геоинформационных технологий (ГИС) для создания цифровой платформы мониторинга и управления экологическими рисками. [9]

#### Задачи исследования

- Анализ сведений об объекте (история, особенности, почвы, флора, рельеф)
- Занесение данных на платформу
- Анализ существующих исследований
- Использование ГИС систем для цифровизации данных
- Выводы о текущем состоянии объекта на основе представленной информации

Научная новизна: данное исследование может использоваться в качестве основы для создания цифровой базы данных исследований уплотнения почвы в результате нерегулируемой рекреации и загрязнения тяжёлыми металлами.

Новым перспективным направлением изучения ландшафтных ресурсов туризма в регионе является исследование восприятия человеком ландшафтной среды как фактора формирования мотиваций и предпочтений в выборе туристских дестинаций, а также создания, развития и трансформации функциональной и про-

странственной структуры туристской деятельности. [4] В дальнейшем развитии нуждаются теория и методика создания специальных карт геопространственных образцов территории и информационно-имиджологической ценности ландшафтов в целях туризма.

#### Материалы и методы

##### Объект исследования

Исследование проводилось на территории Лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева — старейшего научного учреждения в области лесоводства. В 1940 году ЛОД постановлением Совета народных комиссаров СССР (№2442 от 3 декабря) была объявлена заповедником. В 1950 году постановлением Совета Министров (№2754 от 30 мая) ЛОД вторично объявили заповедником. В 2003 году ЛОД включена в состав Петровско-Разумовского заказника, получив статус особо охраняемой природной территории, согласно «Федеральному закону об ООПТ» г. Москва. Статус заказника отменён решением Московского городского суда от 25 ноября 2009 года, подтверждённым определением Верховного Суда РФ от 24 марта 2010 г. По делу N 5-Г10-11.

*История объекта.* Лесная опытная дача имеет давнюю историю. Она является старейшим в России научным учреждением в области лесоводства. В разные годы менялся как статус территории, так и направления её использования. В текущий момент территория является крупнейшей научно-исследовательской лабораторией под открытым небом на территории Европы. За долгие годы было накоплено множество различных результатов исследований. В первую очередь необходимо отметить множество сложных почвенных процессов, а также различные процессы в составе древостоя.

Сразу необходимо отметить важную особенность объекта — его открытость, как для научных исследований, так и для посещения. Данный момент имеет свои положительные моменты, однако стоит рассмотреть и отрицательные стороны данного вопроса. В результате высокого количества посетителей, а также нерационального распределения рекреационной нагрузки — возможно отрицательное воздействие на территорию: вытаптывание, уничтожение подроста.

##### Методы сбора данных

Почвенный анализ: Отбор проб на 11 контрольных точках с определением физико-химических свойств (плотность почвы, содержание гумуса, тяжёлые металлы). Территория расположена в южной части дерново-подзолистого пояса и представлен дерново-подзолистыми почвами, образующими три группы: дерново-среднеподзолистые на моренном суглинке, дерново-слабо-

и среднеподзолистые на песке и супеси, дерново-средне- и сильноподзолистые глееватые (слабо и средне) почвы на суглинке. Также отмечаются серьезные колебания наблюдаются в плотности иллювиального горизонта (местами очень высокая плотность). [12]

На основе изучения 140 пробных площадей достоверно установлено, что в почвах ЛОД МСХА в настоящее время процесс гумусообразования более активен в парцеллах с листовыми древесными породами.

Геоботанические исследования: Оценка видового состава травянистого покрова и древостоя. Можно выделить изменения в составе насаждений за 100-летний период. Ранее (в особенности к 1915 году — 86 %) на объекте преобладали хвойные породы. Только при таксации в 1962 году площадь насаждений практически сравнялась (49 % листовых). Это связано с засухами 1938 и 1939 года и усыханием ели соответственно. В результате данной особенности возможно изменение в динамике растительности по годам. Кроме того, со временем увеличивалась площадь распространения лиственных. Она проявила себя высокоустойчивым и продуктивным видом. Если же говорить о других видах растений, кроме древесных, то на территории встречается более 80 видов цветковых и около 12 видов мхов. Наблюдается сильное варьирование возрастного состава и пород травянистого покрова. Большое количество луговых, злаковых растений (душистый колосок, луговик и т.д.), что способствует быстрому зарастанию лесосек после срубки.

Мониторинг рекреационной нагрузки: Учет посещаемости, картографирование зон вытаптывания и уплотнения почвы. [2]

Статистическая обработка: Сравнительный анализ данных за 2002 и 2014 годы с расчетом динамики загрязнения Pb (процентное изменение, погрешности).

ГИС-технологии: Создание интерактивных карт в qGIS: пространственное распределение Pb, зоны уплотнения, пробные площади. Визуализация гипсометрических и антропогенных факторов с использованием слоев рельефа, дорожной сети и растительного покрова. Рельеф территории волнистый, холмистый, реже слабоволнистый. Перепад высот от 160 до 175 метров. [14]

#### *Упорядочивание результатов*

Результаты структурированы по следующим направлениям:

Динамика загрязнения: Табличное представление изменения содержания Pb (1990–2014 гг.) с акцентом на участках с превышением ПДК.

Пространственный анализ: Серия карт (qGIS), отражающих зоны максимального уплотнения и загрязнения.

Данный подход обеспечивает комплексную оценку экологического состояния ЛОД и формирует основу для цифровой базы данных, применимой в управлении рекреационными ресурсами.

#### **Результаты и их обсуждения**

Результат исследования представляет собой базу данных по анализу тяжелых металлов в разные годы и оценку дорожно-тропиночной сети, представленные на цифровой платформе.

На территории выбраны 6 контрольных точек, представляющие собой парные территории с естественной и повышенной рекреационной нагрузкой (рисунок 1). Точки 6, 11 — дубы, возрастом около 120 лет. Точки 8, 7 — дубы, возрастом около 80 лет. Точки 9 и 10 — места произрастания сосны с березой. Данный подход позволяет наиболее подробно оценить корреляцию растительности и рекреационной нагрузки.

Для лучшего понимания особенностей территории были составлены карты-схемы на основе известных существующих данных. [15] На первой схеме представлены существующие пробные площади на всей территории объекта, вторая — показатель накопления свинца в почве (согласно прошлым исследованиям). Третья — указывает на участки уплотнения. Данные схеме были составлены с помощью геоинформационной платформы qGIS (рисунок 2).

В ходе исследования были выявлены случаи превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжелых металлов в почве на отдельных участках, что связано с высокой рекреационной нагрузкой и значительным уплотнением почвы. Эти факторы негативно влияют на качество почвенного покрова, потенциально угрожают экосистеме и могут представлять опасность для здоровья человека. Необходимы рекомендации по управлению рекреационными нагрузками и мероприятия по восстановлению почвенных свойств для снижения риска загрязнения. [17]

Исходя из представленных данных можно наблюдать повышение количества свинца на территории объекта с течением времени. Это касается всех контрольных точек. Повышается как валовое содержание свинца, так и его подвижных форм.

После проведения анализа данных за 1990 и 2014 год была составлена сравнительная таблица загрязнения почв тяжелыми металлами на контрольных точках объекта исследования на примере свинца (Pb). [13]

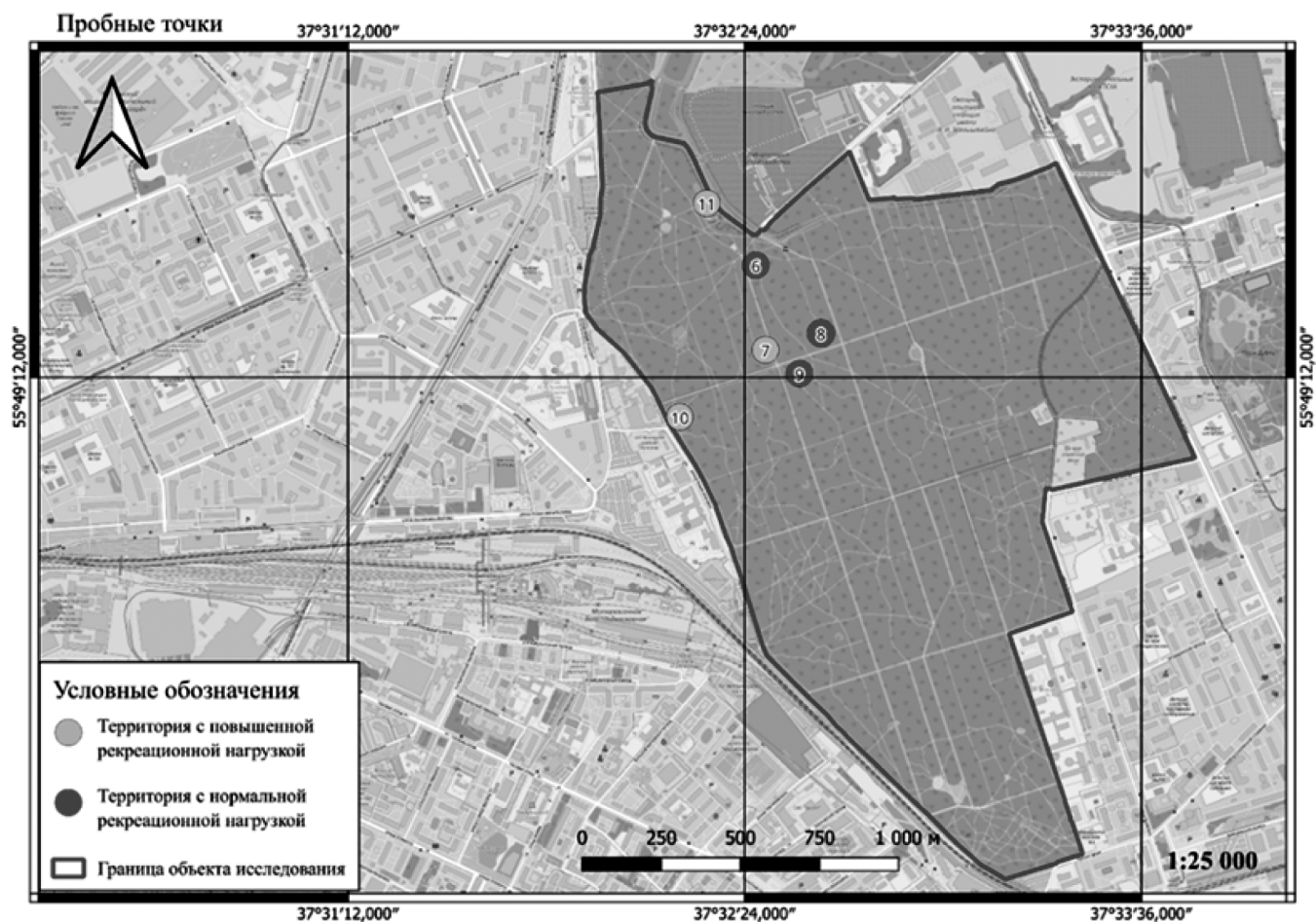


Рис. 1. Пробные точки ЛОД

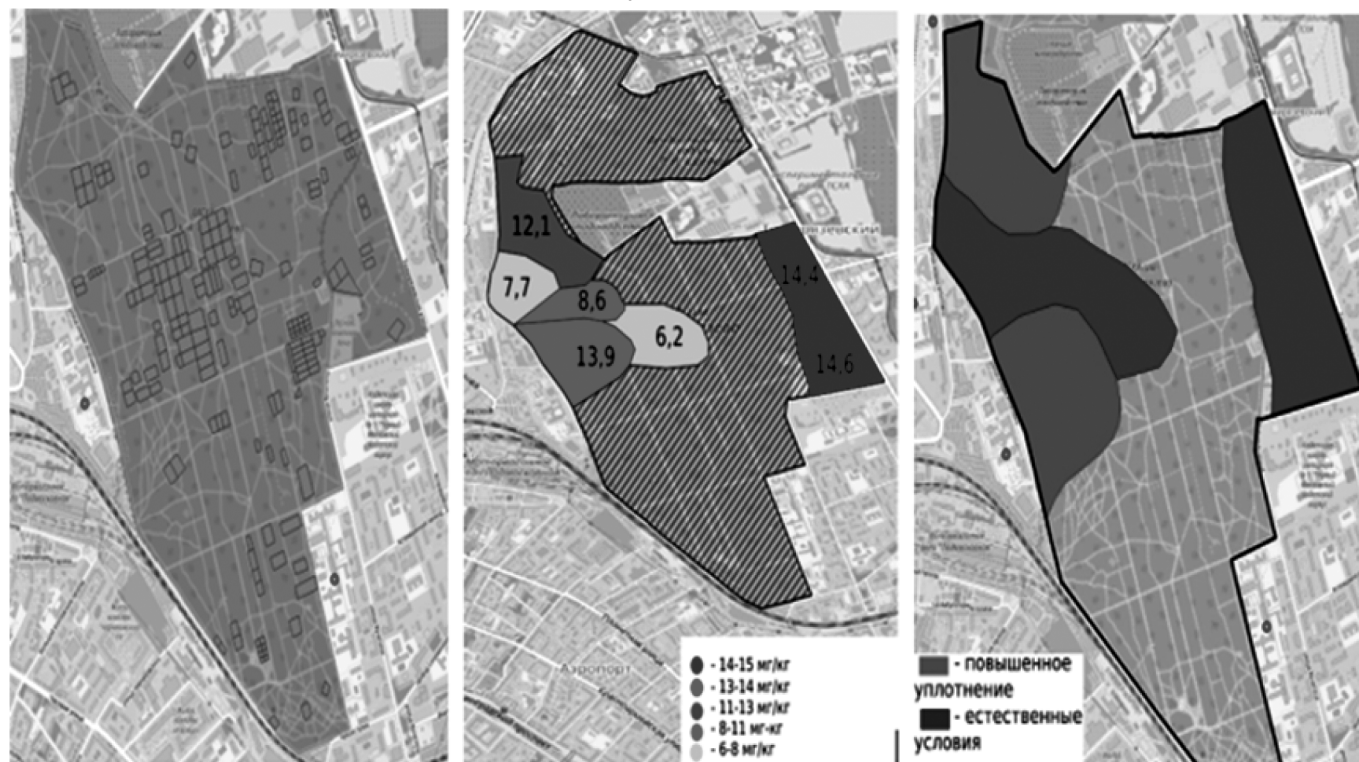


Рис. 2. Карты схемы известных данных по территории

Таблица 2.

Сравнительная характеристика загрязнения почв свинцом на территории объекта тяжелыми металлами за 2002 и 2014 год

| Свинец, Pb, мг/кг                                 |                                              |                    |             |                          |          |           |                           |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|-------------|--------------------------|----------|-----------|---------------------------|
| № пробных<br>площ.                                | Главная порода, класс<br>возраста насаждений | Валовое содержание |             | % возрастания,<br>вал.ф. | ПД формы |           | % возрастания,<br>подв.ф. |
|                                                   |                                              | 2002               | 2014        |                          | 1990     | 2014      |                           |
| Участки леса с нормальной антропогенной нагрузкой |                                              |                    |             |                          |          |           |                           |
| 6                                                 | Дуб, X–XII                                   | 62,2±4,12          | 68,4±4,8    | 9,1                      | 9,4±0,8  | 15,9±0,75 | 40,9                      |
| 8                                                 | Дуб, VII–VIII                                | 120,01±10,4        | 146,4±11,4  | 18                       | 10,4±0,9 | 24,8±1,25 | 58,1                      |
| 9                                                 | Сосна с берёзой, IX–XI                       | 86,12±8,15         | 102,2±8,38  | 15,7                     | 6,5±0,5  | 20,5±1,26 | 68,3                      |
| Участки леса с повышенной антропогенной нагрузкой |                                              |                    |             |                          |          |           |                           |
| 11                                                | Дуб, X–XII                                   | 114,0±8,04         | 139,2±10,65 | 18,1                     | 8,1±0,7  | 28,2±1,9  | 71,3                      |
| 7                                                 | Дуб, VII–VIII                                | 77,04±7,85         | 98,0±7,78   | 21,4                     | 10,3±0,9 | 13,8±0,9  | 25,4                      |
| 10                                                | Сосна с берёзой, IX–XI                       | 139,0±10,41        | 168,1±13,81 | 17,3                     | 9,4±0,8  | 9,4±0,8   | 68,5                      |

Анализ представленных данных демонстрирует устойчивую тенденцию к увеличению содержания свинца в почвах Лесной опытной дачи (ЛОД) за 24-летний период. Во всех контрольных точках наблюдается рост как валового содержания Pb, так и его подвижных форм, что свидетельствует о накоплении загрязнения и повышении экологических рисков.

1. Динамика валового содержания свинца:

- Наиболее значительный прирост зафиксирован на участке 8: с 120,01 мг/кг (1990) до 146,4 мг/кг (2014), что соответствует увеличению на 18 %.
- Участок 10 показывает рост с 139,0 мг/кг до 168,1 мг/кг (+17,3 %), что близко к удвоению ПДК (при норме 30–80 мг/кг в зависимости от категории земель).
- Даже на участках с изначально низкими значениями (например, точка 6: с 62,2 до 68,4 мг/кг) отмечается стабильный прирост (+9,1 %).

2. Подвижные формы свинца:

- Концентрация подвижных форм, представляющих наибольшую опасность для экосистемы, выросла в 1,5–2 раза. Например, на участке 6 показатель увеличился с 9,4 до 15,9 мг/кг (+68,5 %), а на участке 11 — с 8,1 до 28,2 мг/кг (+71,3 %).
- Это указывает на усиление мобильности свинца, вероятно, связанное с изменением кислотности почвы, деградацией органического вещества или антропогенным воздействием.

3. Превышение ПДК:

- К 2014 году все участки с повышенной рекреационной нагрузкой (точки 7, 8, 10, 11) демонстрируют превышение ПДК по валовому содержанию Pb в 1,5–2 раза.

- Подвижные формы на этих же участках превышают допустимые уровни в 3–5 раз, что создает угрозу для растительности, грунтовых вод и здоровья посетителей.

4. Причины и последствия:

- Рост загрязнения коррелирует с увеличением рекреационной нагрузки (вытаптывание, транспорт) и климатическими факторами (осадки, температура), усиливающими миграцию металлов.
- Накопление свинца в почве приводит к угнетению почвенной микрофлоры, накоплению токсинов в растениях и риску попадания металла в пищевые цепи.

Таким образом, данные подтверждают критическую необходимость регулирования антропогенной нагрузки на ЛОД и разработки стратегий восстановления почвенного покрова. [7]

Дорожно-тропиночная сеть. Также стоит отметить некоторые особенности ДТС. В связи с тем, что большая часть лесной зоны является рукотворной, на территории прослеживается чёткая сеть межквартальных просек. Кроме того, до текущего времени сохранилось некоторое количество исторически сохранившихся дорог. Из них можно выделить дорогу, некогда соединявшую село Астрадамово и деревню Коптево и дорогу в село Всехсвятское (метро Сокол). Особенности дорожно-тропиночной сети необходимо учитывать для грамотного распределения рекреационной нагрузки по территории и уплотнения почв.

Лесопарк «Лесная опытная дача» почти со всех сторон окружён элементами городской инфраструктуры: около 85 % его границ примыкают к урбанизированным

территориям. Север и северо-запад обрамлены опытными полями и питомниками Тимирязевской академии, восточную часть окаймляет оживлённая Тимирязевская улица. С юга и юго-востока к лесопарку прилегает улица Вучетича с плотной жилой застройкой, а западная граница проходит вдоль железнодорожных путей Рижского направления, включая платформу «Гражданская», промышленные зоны и современные многоэтажные комплексы [8].

Несмотря на ключевую роль в экологическом балансе мегаполиса, текущее состояние древесно-травянистых сообществ (ДТС) лесопарка вызывает беспокойство. Эти территории критически важны для стабилизации городской среды: ежегодно их древостой вырабатывает около 2,5 тыс. тонн кислорода, поглощает до 3 тыс. тонн углекислого газа и удерживает 135 тонн пыли. Кроме того, растительность обладает выраженными антимикробными свойствами, выделяя за вегетационный период порядка 130 тонн фитонцидов — летучих веществ, очищающих воздух. Сохранение и восстановление Лесной опытной дачи необходимо для поддержания экологического здоровья урбанизированного пространства. [11]

Плотность сети дорожно-тропиночных структур (ДТС) служит важным индикатором рекреационной нагрузки

на лесные территории. Чем выше густота троп, тем сильнее участок подвержен антропогенному воздействию. Для анализа используются не только официальные дороги и просеки, но и стихийные тропы, формируемые посетителями — именно они отражают реальные маршруты движения.

Ключевым критерием оценки деградации становится количество временных троп и их состояние. Например, отсутствие растительного покрова на таких тропинках указывает на интенсивное использование территории. Чем больше оголённых участков, тем выше уровень рекреационного давления, что требует своевременных мер для восстановления экологического баланса лесного массива (рисунок 3).

Различия между планируемой дорожно-тропиночной сетью и реальными маршрутами могут быть связаны с естественным стремлением людей сократить путь, обойти препятствия (например, лужи, заросли) или следовать к неучтённым объектам интереса (поляны, виды). На фото, где зафиксированы официальные маршруты, вероятно, видны чёткие, благоустроенные тропы, а на снимке стихийных путей — сеть узких, разветвлённых тропинок с вытоптанной растительностью. Это отражает конфликт между формальным зонированием и поведен-



Рис. 3. Сравнение реально существующих маршрутов на территории ЛОД и сформированных посетителями маршрутами [1]

ческими паттернами посетителей, ведущий к деградации участков с высокой проходимостью.

Основные данные работы были опубликованы на сайте в качестве основы для геоинформационной платформы. Разработка сайта включала в себя создание интерактивной карты, на которой будут представлены следующие данные:

- Уплотнение почвы, выявляемое с помощью геофизических методов.
- Загрязнение тяжелыми металлами, таким как свинец, измеряемое в пробах почвы.
- Рельеф почвы, предоставляемый на основе данных о высоте местности.
- Растительный и почвенный состав, которые помогут определить биоразнообразие и сохранить экосистему.
- QGIS — для создания картографических слоев и анализа геопространственных данных.
- Web-GIS технологии — для размещения карты на веб-платформе.
- PHP и JavaScript — для разработки интерактивных элементов сайта.

Разработка геоинформационной платформы для комплексного экологического мониторинга лесной опытной дачи представляет собой инновационный подход к решению актуальных задач современной экологии и природопользования [3]. Создаваемая система мониторинга обеспечивает реализацию нескольких взаимосвязанных функций:

Научно-исследовательская составляющая:

- Многопараметрический анализ экосистемных процессов
- Количественная оценка антропогенной нагрузки
- Пространственно-временной анализ динамики экосистем

- Диагностика изменений почвенного покрова и фитоценозов

Образовательная функция:

- Создание интерактивной базы данных для профессиональной подготовки экологов
- Визуализация экологических процессов для учебных целей
- Интеграция актуальных исследовательских данных в образовательный процесс

Прикладное значение:

- Научно обоснованное принятие управленческих решений
- Оптимизация природоохранных мероприятий
- Реализация принципов устойчивого природопользования
- Прогнозирование экологических рисков

Методология сочетает ГИС-технологии, дистанционное зондирование и полевые исследования, обеспечивая точность и оперативность мониторинга. Платформа интегрирует науку и практику для устойчивого управления природными ресурсами [6].

### Заключение

Проведенное исследование позволило комплексно оценить антропогенное воздействие на экосистему Лесной опытной дачи (ЛОД) РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, объединив современные методы геоинформационных технологий, почвенно-экологического анализа и данных дистанционного зондирования. Результаты работы подтвердили, что высокая рекреационная нагрузка, сопровождающаяся формированием стихийных троп и уплотнением почвенного покрова, является ключевым фактором деградации территории. Установлено, что за 24-летний период (1990–2014 гг.) содержание свинца

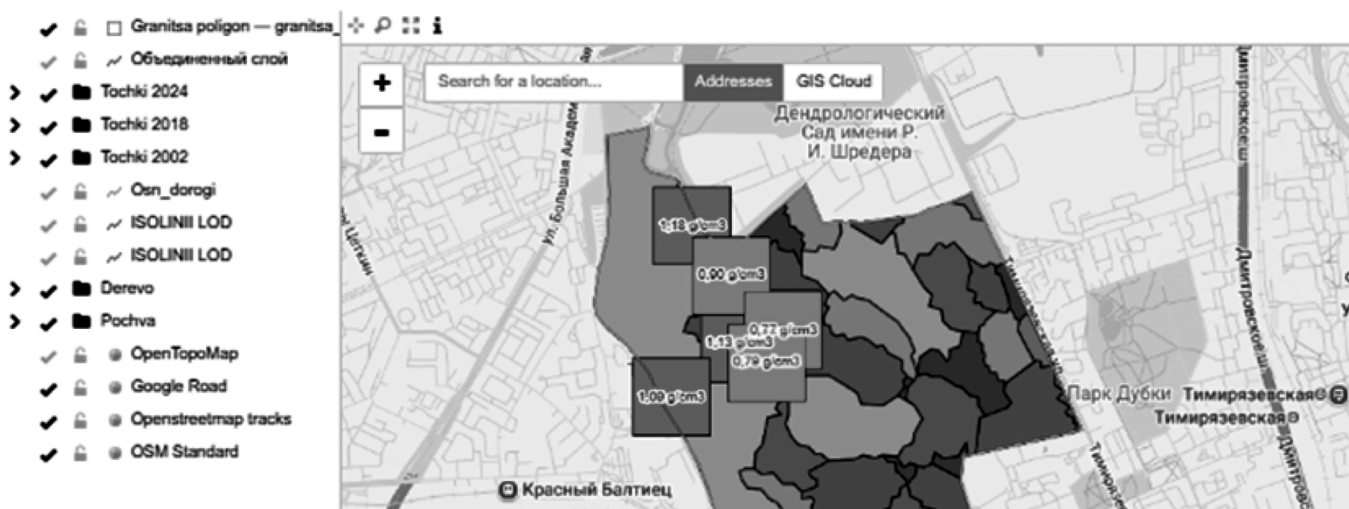


Рис. 4. Интерфейс информационной платформы

в почвах ЛОД увеличилось до 21 %, при этом концентрация его подвижных форм, представляющих наибольшую экологическую опасность, превысила допустимые нормы в 3–5 раз. Эти данные свидетельствуют о критическом накоплении загрязнения, угрожающем не только биоразнообразию, но и здоровью посетителей. [18]

Разработанная в рамках исследования цифровая платформа на базе open-source инструментов (QGIS) продемонстрировала свою эффективность для интеграции гетерогенных данных, включая почвенные пробы, геоботанические характеристики и картографические слои. Её применение позволило визуализировать зоны максимального антропогенного давления, такие как участки с превышением ПДК по свинцу (особенно точки 8, 10, 11) и области интенсивного выпасывания. Это создает основу для оперативного принятия управленческих решений, таких как перераспределение рекреационных потоков, восстановление нарушенных почв и ограничение доступа к наиболее уязвимым участкам. [19]

Практическая значимость работы заключается в её адаптивности: предложенная методика может быть масштабирована на другие урбанизированные природные территории, сталкивающиеся с аналогичными проблемами. Например, интеграция облачных технологий и машинного обучения позволит автоматизировать прогнозирование динамики загрязнения и оптимизировать ресурсы для ремедиации почв. [20]

Для сохранения экологического баланса ЛОД и подобных объектов необходимо:

- Внедрить систему регулярного мониторинга, акцентируя внимание на подвижных формах тяжелых металлов и плотности дорожно-тропиночной сети.
- Разработать образовательные программы для посетителей, направленные на снижение антропогенной нагрузки через осознанное использование маршрутов.
- Использовать данные ГИС-платформы для зонирования территории, выделения буферных зон и создания альтернативных рекреационных площадок.

Методологическая основа платформы сочетает современные ГИС-технологии, методы дистанционного зондирования и полевых исследований, что обеспечивает:

- Высокую точность пространственного анализа
- Оперативность получения данных
- Возможность долгосрочного прогнозирования
- Интеграцию разнородных экологических данных

Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на изучении долгосрочных эффектов загрязнения, разработке биотехнологий для очистки почв и применении Big Data для прогнозирования экологических рисков. Полученные результаты подчеркивают, что только сочетание технологических инноваций и регуляторных мер может обеспечить устойчивое сосуществование урбанизированных ландшафтов и природных экосистем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анахов С.В. Цифровые технологии в экологической практике. Екатеринбург. 2021
2. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картирование растительного покрова России. — М.: ИКИ РАН. — 2016. — 208 с.
3. Варламов А.А. Мониторинг земель — Департамент кадровой политики и образов. мин-ва с/х и продов. РФ. — М., 2000. — с. 108.
4. Волков А.Д. Рекреационная оценка и районирование лесных территорий на ландшафтной основе. Современное состояние и перспективы рекреационного пользования / А.Д. Волков // Тезисный доклад Всесоюзного совещания, 10–12 сентября –1990. — Ленинград. — 1990. — С. 20–21.
5. Воробьев О.Н., Курбанов Э.А. Дистанционный мониторинг восстановительной динамики растительности на гарях Марийского лесного Заволжья // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 84–97. DOI: 10.21046/2070–7401–2017–14–2–84–97.
6. Гришанкова Г.Е. Картографическое моделирование ландшафтных ресурсов туризма в регионе Яковенко и.м. третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Симферополь, 11–14 сентября 2018 года Страницы: 384–387.
7. Дубынина С.С., Напрасникова Е.В. Состояние почв и растительности города Шарыпово // География и природные ресурсы. — 2011. — № 4. — С. 55–55.
8. Котельников Д.А. Туристские территории в структуре туристско-рекреационного пространства региона: идентификация, определение границ, признаки [Электронный ресурс]. / Д.А. Котельников // РППЭ. — 2020. — № 3(113). — С.136–143.
9. Мальков Ю.Г. Мониторинг лесных экосистем / Ю.Г. Мальков. — Марийский гос. техн. ун-т. — Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. — с. 212.
10. Мосина Л.В. Довлетярова Э.А., Андреев Т.Н. Лесная опытная дача РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, как объект экологического мониторинга лесных и лесопарковых ландшафтов мегаполиса Москва. Москва. Российский Университет дружбы народов 2014 г. 221 с.
11. Мусин Х.Г. Природа и насаждения зеленых зон городов: монография / Х.Г. Мусин [и др.]. — М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. — 415 с.
12. Опекунова М.Г., Никулина А.Р., Смешко И.В., Кириченко В.С. (2023). Сравнительный анализ эффективности методов биоиндикации при мониторинговых исследованиях состояния окружающей среды в Санкт–Петербурге. Вестник Санкт–Петербургского университета. Науки о Земле, 68 (2).
13. ОСТ 56–100–95 «Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы», 1995.
14. Светлосанов В.А. Устойчивость и стабильность природных экосистем (модельный аспект). Москва, ВНИИТИ, серия «Теоретические и общие вопросы географии», т.8, 1990, — 200 с.

15. Тюльпанов Н.М. Лесопарковое хозяйство: учебник / Н.М. Тюльпанов — Л.: Стройиздат, 1975 — 171 с.
16. Ум Токи Жозеф. Дистанционные методы оценки таксационных показателей насаждений на переувлажненных почвах с использованием ГИС-технологий: автореф. дис ... канд. с.-х. наук / Ум Токи Жозеф — Санкт-Петербург: ГОУ ВПО «Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С.М. Кирова», 2009. — 24 с.
17. Шайхалиев Р.Р. Оптимизация рекреационного лесопользования в природном парке «Кандры-Куль», автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.03.02 / Шайхалиев Руслан Розильевич; [Место защиты: Башкир. гос. аграр. ун-т]. — Уфа, 2018. — 20 с.
18. Ahrends A., Bulling M.T., Platts P.J., Swetnam R., Ryan C., Doggart N., et al. Detecting and predicting forest degradation: A comparison of ground surveys and remote sensing in Tanzanian forests. *Plants, People, Planet*. 2021; 3(3):268–81. doi: 10.1002/ppp3.10189.
19. Noi P.T., Kappas M. Comparison of Random Forest, k-Nearest Neighbor, and Support Vector Machine Classifiers for Land Cover Classification Using Sentinel-2 Imagery // *Sensors*. 2017. Vol. 18, № 1. P.1–20
20. Zheng Zhu and Xiang Zhu, 2021. Study on Spatiotemporal Characteristic and Mechanism of Forest Loss in Urban Agglomeration in the Middle Reaches of the Yangtze River // *Forests* / 2021–09/ DOI: 10.3390/f12091242

---

© Безруких Алексей Игоревич (abezrukih@list.ru); Безруких Евгений Игоревич (genbezrukih@gmail.com);  
Сизонова Наталья Александровна (Nat-sizonova@yandex.ru); Мосина Людмила Владимировна (abezrukih@list.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»