



## **Химия. Экология. Урбанистика**

Материалы всероссийской научно-практической конференции  
(с международным участием)

г. Пермь, 17–19 апреля 2024 г

В четырех томах

Том 3

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

## **ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА**

*Материалы  
всероссийской научно-практической конференции  
(с международным участием)*

г. Пермь, 17–19 апреля 2024 г.

В четырех томах

Том 3

Пермь  
2024

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54  
Х46

Х46 **Химия.** Экология. Урбанистика : матер. всерос. науч.-  
практ. конф. (с междунар. участием), г. Пермь, 17– 19 апреля  
2024 г. : в 4 т. / ФГАОУ ВО «Пермский национальный иссле-  
довательский политехнический университет». – Пермь, 2024  
ISBN 978-5-6049141-4-4  
Т.3. – 399 с. – ISBN 978-5-6049141-7-5

Приведены результаты исследований в области экологии, химиче-  
ской технологии и биотехнологии, строительства дорог и транспортных со-  
оружений, машиностроения и материаловедения, направленных на разра-  
ботку энерго- и ресурсосберегающих технологий.

**Главный редактор**

*В.Н. Кортаев*, д-р техн. наук, профессор

**Ответственные редакторы**

*А.Е. Жуланова*, канд. техн. наук, доцент

*Ю.В. Кузнецова*, канд. техн. наук, доцент

*Д.В. Першин*, старший преподаватель

*Е.В. Баньковская*, канд. фарм. наук, доцент

*Н.И. Кузнецов*, канд. техн. наук, доцент

*С.И. Сташков*, канд. техн. наук, доцент

*Е.М. Федосеева*, канд. техн. наук, доцент

*А.С. Олькова*, ассистент

**Редакционная коллегия**

*А.О. Добрынин*, канд. техн. наук, доцент

*Н.В. Лобов*, д-р техн. наук, профессор

*Е.Р. Мошев*, д-р техн. наук, доцент

*М.В. Песин*, д-р техн. наук, профессор

*В.З. Пойлов*, д-р техн. наук, профессор

*Л.В. Рудакова*, д-р техн. наук, профессор

*Н.Б. Ходяшев*, д-р техн. наук, профессор

*Ю.Д. Щицын*, д-р техн. наук, профессор

УДК 504.06+711+54.057+504.054+504.064.2:54

ISBN 978-5-6049141-7-5 (Т. 3)

ISBN 978-5-6049141-4-4 (общ.)

© ПНИПУ, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 5. Урбанистика: проектирование, строительство, транспорт

*Д.А. Агапитов*

Применение резинового порошка  
в составе асфальтобетонных смесей ..... 11

*А.А. Алексеев, В.И. Брызгалов*

Повышение безопасности движения на автомобильных дорогах  
с помощью шумовых полос в Пермском крае ..... 16

*Н.А. Анфилатов А.О. Добрынин*

Результаты анализа развития средств организации  
движения для беспилотных транспортнх средств ..... 21

*В.В. Афанасьев*

Термины об электромобилях и транспортных средствах  
с комбинированными силовыми установками (АТС с КЭУ),  
рекомендуемые для использования в технической литературе ..... 25

*Л.А. Сакмарова, М.А. Бахмисова*

Анализ градостроительного объекта на температурные  
и силовые воздействия ..... 30

*Е.А. Белова, Л.А. Сакмарова*

ТИМ на примере ВКР бакалавров направления подготовки  
«Строительство», профиль «Проектирование зданий» ..... 35

*А.П. Богданова, А.А. Каменских, Ю.О. Носов*

Исследование влияния геометрического оформления опорной части  
при разном моделировании поведения слоя скольжения ..... 40

*С.С. Бодрякова, А.А. Шабунин*

Технология создания объемных моделей при помощи 3D-печати  
для макетирования объектов благоустройства территорий ..... 45

*И.С. Бондалет, Е.С. Высоцкий, С.Н. Медведев, С.А. Зеньков*

Влияние материала покрытия рабочих органов машин  
на угол внешнего трения грунта ..... 49

<i>В.И. Брызгалов, М.О. Карпушко, А.М. Бургунтдинов</i> Оптимальное расположение пунктов взимания платы на платных автомобильных дорогах.....	53
<i>Т.М. Брюшинкин, М.С. Мальцев, А.В. Пермяков, М.П. Попов, А.С. Сергеев</i> Применение модульных технологий в строительстве.....	57
<i>М.А. Буранова, В.И. Брызгалов</i> Проверка устойчивости геосинтетических материалов к многократному замораживанию и оттаиванию.....	62
<i>М.А. Вахрушев, Е.М. Генсон, Э.И. Посохина</i> Анализ применяемых систем смешивания тампонажного раствора на цементировочных агрегатах.....	66
<i>И.В. Воронцов, Д.С. Зилева, Е.М. Надымов, А.С. Сергеев</i> Концепция и эффективность вентиляции с рекуперацией тепла: современные подходы и перспективы применения.....	71
<i>И.Р. Гимадеев, К.Г. Пугин</i> Повышение эксплуатационных характеристик малогобаритных экскаваторов.....	77
<i>К.А. Голев, Л.С. Щепетева, К.Ю. Тюрюханов</i> Использование переработанных пластиковых отходов.....	81
<i>Р.Ю. Добрецов, И.В. Васильев</i> Энергетический баланс машины городского электротранспорта..	86
<i>Р.Ю. Добрецов, С.И. Матросов, И.В. Васильев</i> Домашний сферический робот как элемент системы AI-патронажа.....	91
<i>Т.В. Коновалова, В.С. Ивина</i> Актуализация стратегии ESG в деятельности перевозчиков в условиях городской среды.....	95
<i>П.С. Иконникова, О.С. Собянина, А.С. Сергеев</i> Методы продления срока службы габионных конструкций и увеличения их эффективности.....	101
<i>А.П. Квасова, А.Н. Хуснутдинов</i> Масштабирование зарядной инфраструктуры в период развития электромобилей.....	106

<i>А.И. Кетов, К.Г. Пугин</i> Улучшение характеристик асфальтобетонных покрытий за счет их армирования.....	110
<i>А.М. Костарева, К.В. Якимова, А.С. Сергеев</i> Умные города: как новые технологии влияют на развитие городской инфраструктуры.....	115
<i>П.С. Крапивина, А.А. Владыкин</i> Капитальный ремонт как основа продления жизненного цикла здания .....	121
<i>Е.В. Лихайрова, Е.А. Кузнецова, А.И. Петров</i> Сравнительная (2022/2015 гг.) Оценка особенностей статистических распределений значений показателя «вероятность ДТП» в городах России.....	126
<i>Е.В. Лихайрова, Е.А. Кузнецова, А.И. Петров</i> Сравнительная (2022/2015 гг.) Оценка особенностей статистических распределений значений показателя «совокупность последствий ДТП» в городах России .....	130
<i>М.А. Мазихина, А.С. Сергеев</i> Сравнение дорожных стыковочных битумно-полимерных лент ..	134
<i>В.Л. Мартинсон, А.В. Мартинсон, Ш.Н. Валиев, В.И. Кочнев, Я.М. Белозеров</i> Методы идентификации полимерных слоев и элементов мостовых сооружений .....	141
<i>В.Л. Мартинсон, А.В. Кочетков, И.А. Болячевец, Г.Ш. Малазоня, Я.М. Белозеров</i> Расчет неопределенности измерения толщины образцов асфальтобетона в лаборатории строительного контроля.....	145
<i>Е.Р. Мушегян, К.Г. Пугин</i> Улучшение характеристик щебня модификацией его поверхности.....	151
<i>П.А. Найданова, А.А. Конькова, А.С. Сергеев</i> Преимущества и недостатки теплых полов в зданиях дорожной инфраструктуры .....	156

<i>Е.А. Наугольных</i>	
Определение историко-культурной ценности городских общественных локаций г. Перми .....	161
<i>И.О. Норин, К.Г. Пугин</i>	
Использование галитовых отходов для повышения устойчивости грунтовых конструктивных слоев автомобильных дорог .....	168
<i>И.И. Панарин, Р.С. Федюк</i>	
Мелкозернистые растворы с применением обогащенной гидроудаленной золошлаковой смеси.....	173
<i>Н.А. Паршаков, Е.В. Чабанова</i>	
Проблема утилизации снега при содержании улично-дорожной сети в зимний период в Кировском районе г. Перми .....	178
<i>В.В. Петрова, Л.А. Сакмарова</i>	
Объемная кладка в фасадных системах зданий.....	182
<i>Т.А. Путилов, А.С. Сергеев</i>	
Гибкие бетонные поверхностные покрытия для защиты и укрепления автомобильных дорог .....	187
<i>Р.Р. Салахов, К.Г. Пугин, В.К. Салахова</i>	
Современные технологии химической стабилизации грунтов.....	190
<i>Н.М. Собянин, А.С. Сергеев</i>	
Использование теплого асфальтобетона для строительства дорог в отдаленных районах.....	195
<i>О.С. Собянина, П.С. Иконникова, А.С. Сергеев</i>	
Обеспечение подземного строительства в условиях городской застройки .....	199
<i>А.Р. Тимергазин, С.А. Пестриков</i>	
Особенности управления запасами на предприятиях малого бизнеса.....	204
<i>А.Б. Романова, К.В. Шестак, К.М. Хасанова</i>	
Проектные предложения по содержанию зеленых насаждений сквера светлого города Красноярска .....	210
<i>А.В. Хачатрян, С.А. Чудинов</i>	
Технология укрепления грунтов лесовозных дорог с использованием нефтешламов.....	216

<i>В.А. Ходяков</i>	
Влияние полиуретановых опорных частей на долговечность узла сопряжения пролетного строения с подходами мостовых сооружений.....	222
<i>В.В. Цицилина, Л.В. Морозова</i>	
Технологии использования возобновляемых источников энергии в архитектуре .....	227
<i>Е.А. Ченин, А.С. Сергеев</i>	
Технология вертикального дренирования с помощью геосинтетических метериалов .....	232
<i>В.С. Чернова</i>	
Применение шумовой разметки на автомобильной дороге .....	238
<i>А.С. Шамсияров, Л.В. Янковский</i>	
Предложения по модернизации колесного снегоболотохода «Борей-3301» .....	241
<i>Н.И. Шестаков, К.Л. Чертес</i>	
Параметры оценки влияния объектов дорожно-строительного комплекса на окружающую среду .....	251
<i>М.В. Шурманов</i>	
Внедрение беспилотных транспортных средств в сфере такси в г. Перми .....	256
<i>М.Г. Бояришинов, Ю.А. Щукин</i>	
Анализ продолжительности размещения транспортных средств на территории парковки вблизи торгового центра.....	260
<b>Секция 6. Цифровизация, автоматизация и механизация</b>	
<i>Д.Г. Абдалов</i>	
3D-моделирование установок нефтегазоперерабатывающих производств .....	265
<i>А.И. Апталаева, Б.И. Стародубцев</i>	
Способы обслуживания теплообменного оборудования при различных видах износа .....	270



<i>В.А. Братчиков, М.А. Братчиков, Б.Г. Стафейчук</i> Система мониторинга сигнализаций на химических и нефтехимических производствах.....	275
<i>В.А. Брезгина</i> Методика разработки информационного и программного обеспечения для НМИ-панели отечественных производителей....	280
<i>И.Л. Бухарина, К.Е. Ведерников</i> Реализация проекта «Зеленый код Ижевска» .....	283
<i>А.Д. Ваижарин, Е.В. Чабанова</i> Оптимизация бизнес-процесса «Приемка автомобиля» на автосервисном предприятии .....	288
<i>Е.А. Гангнус, М.А. Ромашкин</i> Проблемы осуществления процесса гидравлической резки в производстве нефтяного кокса.....	293
<i>А.М. Герман, М.А. Работников</i> Особенности технического проектирования и внедрения систем оптимизации в реальном времени.....	297
<i>К.А. Жуланов, А.Г. Шумихин</i> Применение нейросетового моделирования и планирования эксперимента для получения математической модели виртуальных анализаторов качества в производствах органического синтеза .....	301
<i>Д.А. Касимов, И.Г. Ложкин</i> Разработка 3D-модели установки для исследования гетерогенных каталитических процессов.....	306
<i>Д.Р. Кожевников, М.В. Песин</i> Применение искусственного интеллекта в аддитивных технологиях при изготовлении ответственных деталей.....	311
<i>В.П. Колкутина</i> Обзор инновационных технологий робототехники в управлении промышленными системами: городская среда и ее вызовы .....	315
<i>А.П. Кочергин, А.В. Загорский, Р.Д. Арасланов</i> Проектирование лабораторного стенда с системой контроля температуры и сбора информации.....	320

<i>В.О. Красноперова, Б.И. Стародубцев</i> Исследование развития процесса износа ректификационной колонны .....	324
<i>И.М. Лигидов, А.А. Ширитов</i> Цифровизация в сфере туризма .....	330
<i>А.А. Лизон, С.А. Власов</i> Система управления установки приготовления и подачи красителя в меловальную пасту .....	334
<i>С.А. Мехоношин, Е.В. Балюкин, М.С. Орехов</i> Проектирование учебного стенда на базе контроллера Honeywell С300.....	338
<i>А.Х. Нургалиев, Д.Ф. Хадеев, П.Ю. Сокольчик</i> Разработка и монтаж схемы для определения характеристик регулирующих органов для использования в лабораторном практикуме .....	342
<i>Л.А. Перешейн, М.А. Ромашкин</i> Актуальная проблематика подбора уплотнительных элементов аппаратов химического назначения.....	345
<i>Я.Д. Пятковский, П.Ю. Сокольчик</i> Автоматизация определения характеристик исполнительных устройств дроссельного типа .....	350
<i>Е.Р. Русских, П.Ю. Сокольчик</i> Анализ существующих математических моделей и их применимости для описания периодического процесса полимеризации .....	354
<i>Н.Н. Анашкин, И.В. Слабоденюк</i> Модернизация реактора получения синтез-газа.....	359
<i>А.С. Старцев, С.И. Сташков, П.Ю. Сокольчик</i> Разработка алгоритма управления блоком короткоцикловой адсорбции водородосодержащего газа.....	363
<i>Г.А. Толмачев, С.И. Сташков</i> Применение метода корреляционных функций для решения задачи идентификации контуров регулирования автоматизированных систем управления .....	368

<i>Р.Р. Фарваев, С.А. Власов, И.В. Адичев</i>	
Разработка VR-тренажера на примере установки ЭЛОУ .....	372
<i>С.Н. Федин, М.А. Ромашкин</i>	
Общие вопросы методов очистки сточных вод.....	376
<i>С.В. Шилова, А.С. Зорин</i>	
Проектирование универсального контроллера для автоматизации электронных устройств в технологических процессах .....	381
<i>И.М. Щекалев, М.С. Орехов</i>	
Анализ современных уязвимостей и угроз информационной безопасности в системе телемеханики и методы их преодоления .....	385
<i>Д.А. Юрков, П.Ю. Сокольчик, С.И. Сташков</i>	
Применение ансамблевых методов для прогнозирования качества продукции .....	390
<i>В.С. Яшманов, И.А. Вялых</i>	
Техническое перевооружение на площадке промышленной компрессорной станции павловка.....	395

**И.Л. Бухарина, К.Е. Ведерников**

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «ЗЕЛЕНый КОД ИЖЕВСКА»**

В статье представлен опыт реализации проекта «Зеленый код Ижевска». Показаны цель и задачи проекта, основные итоги его реализации. При реализации проекта использованы цифровые технологии, разработана и зарегистрирована «Геоинформационная система управления зелеными насаждениями города «Зеленый код», которая за два года наполнена оцифрованным материалом по 16,5 тыс. древесных растений.

**Ключевые слова:** зеленые насаждения, древесные растения, мониторинг, таксация, информационные системы.

**I.L. Bukharina, K.E. Vedernikov**

## **IMPLEMENTATION OF THE IZHEVSK GREEN CODE PROJECT**

The article presents the experience of implementing the "Green Code of Izhevsk" project. The purpose and objectives of the project, the main results of the project implementation are shown. During the implementation of the project, digital technologies were used, the "Geographic information system for managing green spaces in the city "Green Code" was developed and registered, which over two years was filled with digitized material of 17 thousand woody plants.

**Keywords:** green spaces, woody plants, monitoring, taxation, information systems.

Проект «Зеленый код Ижевска» в ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» реализуется в рамках программы «Приоритет – 2030», участником которой университет стал в 2021 г.

Важным показателем качества жизни в городах является состояние зеленого фонда. В последние годы в г. Ижевске (Удмуртская республика) осуществлено благоустройство и озеленение целого ряда общественных пространств. Тем не менее имеется ряд проблем, связанных с зеленым строительством: стареющие насаждения, отсутствие организованной инвентаризации древесных насаждений и

перспективного плана озеленения города. По инициативе Общественной палаты г. Ижевска для решения острых вопросов озеленения была создана рабочая группа «Зеленый код Ижевска», в состав которой вошли представители администрации города, ученые и общественные организации. Была разработана программа проекта и основные этапы работы. Специалистами УдГУ, которые на протяжении 20 лет изучают состояние и систему адаптивных реакций древесных растений к условиям городской среды [1–3], был предложен проект по созданию автоматизированной системы мониторинга и паспортизации городских насаждений с целью оптимизации системы управления зеленым фондом, включающей инвентаризацию, паспортизацию насаждений, планирование и проектирование озеленения, создание и реконструкцию насаждений за счет использования механизмов компенсационного озеленения. Для реализации этого проекта были заключены в 2022 и 2023 гг. муниципальные контракты на выполнение НИР «Создание автоматизированной информационной системы мониторинга состояния и содержания зеленых насаждений по результатам инвентаризации и паспортизации на основе таксационной оценки и анализа научных исследований состояния растений».

Исследование проводилось в три этапа: 1-й этап – подготовительные работы; 2-й этап – полевые работы; 3-й этап – камеральная обработка.

Подготовительные работы включали подготовку и анализ нормативной базы, подбор и апробирование мобильных приложений для геопозиционирования, определение и уточнение границ объекта, обеспечение топокартами и предварительную их обработку, обучение и коллективную тренировку по таксации деревьев. Был разработан макет паспорта озелененной территории.

В основе полевых работ производилась таксация деревьев и кустарников на исследуемых территориях [1–3]. В процессе таксации проводилось описание по следующим критериям: вид/порода; диаметр ствола на высоте 1,3 м; определение возраста методом классов возраста; жизненное состояние деревьев и кустарников по четырехбалльной шкале (на основании шкалы состояния зеленых насаждений Решения городской думы г. Ижевска № 199 от 29.11.2006);

диаметр кроны; фотографирование объекта; определение координат объекта при помощи мобильного приложения.

Метод классов возраста заключается в делении исследуемых объектов на группы: хвойные, твердолиственные, мягколиственные, кустарники. Продолжительность интервала классов возраста устанавливались следующие: хвойные и твердолиственные – 20 лет, мягколиственные – 10 лет, мягколиственные быстрорастущие (тополя, ивы и др.) – 7 лет, рябина – 5 лет. Для кустарников класс возраста не определялся.

При таксации насаждений применялся глазомерно-измерительный метод. В основе данного метода положено сочетание глазомерной таксации деревьев с выборочной измерительной таксацией. В качестве измерительных приборов применялись линейки (измерение диаметра), возрастной бур Haglof-350 (для определения возраста, прироста, выявления внутренних пустот), Resistograph (для определения возраста, степени гниения древесины, определение механического сопротивления).

Для позиционирования объектов исследования (деревья, кустарники, территории, занятые травостоем, и малые архитектурные формы) использовались сервисы и ресурсы геоинформационной системы. Для более удобного и быстрого сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации об объектах использовалось мобильное приложение.

Применение IT-технологий происходило и на этапе сбора первичной информации, ее форматирования для дальнейшей загрузки в разрабатываемую геоинформационную систему. Для сбора первичной информации на местах были протестированы в работе следующие приложения: SWMaps, LocusGIS, Mappt, MapMarker и др. По совокупности параметров для массового сбора было выбрано приложение SWMaps с точки зрения сбора и выгрузки первичных данных, включая геопозицию, фотоизображение, данные замеров и экспертной оценки.

Собранные данные выгружались в табличный формат по мере накопления данных таксатором. Поскольку таксаторов было несколько, до этапа переформатирования данных приходилось синхронизировать выгруженные таблицы, исключать ошибочные записи. В

дальнейшем ограниченные наборы данных можно собирать другими приложениями либо по геопозиционированию снимка.

Далее массив таблиц обрабатывался в специально разработанном скрипте, созданном на языке R. Скрипт собирал все таблицы из выгруженных файлов и преобразовывал их в формат geoJSON, необходимый для работы с API Яндекс-карт. В дальнейшем возможно применение любых других инструментов переформатирования табличных данных в формат geoJSON, включая онлайн-конверторы, картографические ИС (например, QGIS) и др. После переформатирования в формат geoJSON данные передавались таксаторам для дальнейшей корректировки. При помощи вспомогательных веб-сервисов таксаторы визуально оценивали результаты своей работы, исправляли некорректные данные. Выверенные переформатированные данные передавались далее для работы с API Яндекс-карт.

Все анализируемые приложения позволяют создать геоинформационный проект, в рамках проекта слои, атрибуты; осуществлять импорт/экспорт проектов на веб-сервисы; создавать список данных для атрибута; загрузку медиафайлов в атрибуты объекта; производить экспорт медиафайлов.

Камеральный этап работ состоял из обработки полученных данных. Производился расчет классов возраста на основе анализа таблиц хода роста «нормальных» древостоев по видам (при отсутствии вида в таблицах за основу применялся близкородственный вид). Площадь деревьев и кустарников рассчитывалась в соответствии с методиками, применяемыми при таксации насаждений.

Для проверки данных и первичного анализа проект загружался GeoJSON. Данное расширение формата данных JSON служит для передачи геоданных. Эта утилита позволяет сохранять информацию о географических объектах в формате GeoJSON и обрисовывать их в слое поверх карты.

После проверки данных формировалась карта существующих зеленых насаждений.

В настоящее время описаны более 16,5 тыс. деревьев и кустарников, подготовлено порядка 600 паспортов озелененных территорий. Получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 17.01.2023 № 2023611120 «Геоинформационная система

управления зелеными насаждениями города «Зеленый код». Разработана шкала оценки состояния древесных растений в городе по показателям прижизненного инструментального метода оценки древесины.

В планах проекта показать возможность использования методов дистанционного исследования и технологий компьютерного зрения при инвентаризации насаждений. Важной задачей следующего этапа развития проекта мы видим вопросы климатической повестки и декарбонизации г. Ижевска с использованием потенциала зеленого строительства города. В работу системы будут включены хозяйственные и экологические калькуляторы для оценки стоимости компенсационного озеленения и показателей депонированного углерода как для отдельного растения, так и для насаждений на озелененной территории.

### Список литературы

1. Биоэкологические особенности хвойных растений в условиях городской среды: монография / И.Л. Бухарина, А.С. Пашкова, К.Е. Ведерников, А.Г. Ковальчук, Е.В. Пашков. – Ижевск, 2015. – 152 с.

2. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде. – Ижевск, 2007.

3. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект: монография. – Ижевск, 2012.

### Об авторах

**Бухарина Ирина Леонидовна** – д-р биол. наук, профессор, почетный работник сферы образования Российской Федерации, директор института гражданской защиты, Удмуртский государственный университет, e-mail: buharin@udmlink.ru

**Ведерников Константин Евгеньевич** – канд. биол. наук, доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды», Удмуртский государственный университет.