

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени С.М. Кирова»

---

*Совет молодых учёных*

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
СОВЕТА МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ  
СПБГЛТУ

Выпуск 3

Санкт-Петербург  
2023

УДК 630  
ББК 43я43  
С23

**Редакционная коллегия:**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **М.А. Новикова**  
(отв. редактор)  
кандидат технических наук, доцент **М.Р. Вагизов** (отв. секретарь)  
кандидат технических наук, доцент **С.А. Иванов** (тех. редактор)  
ст.преподаватель кафедры декоративного растениеводства  
**Т.В. Двадцатова** (редактор)

**Рецензент**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **З.Я. Нагимов**  
(Уральский государственный лесотехнический университет)

**Сборник научных трудов Совета молодых учёных СПбГЛТУ** : сб. науч. тр.  
Вып. 3 / отв. ред. М. А. Новикова ; Минобрнауки России. ФГБОУ ВО «СПбГЛТУ им.  
С. М. Кирова». Совет молодых учёных. — Санкт-Петербург :СПбГЛТУ, 2023. — 76 с.

ISBN 978-5-00125-886-5

Сборник подготовлен по результатам научно-практической деятельности членов  
Совета молодых ученых и их научных руководителей за 2023 год. Представлен  
Советом молодых ученых Санкт-Петербургского государственного лесотехнического  
университета имени С. М. Кирова.

УДК 630  
ББК 43я43

ISBN 978-5-00125-886-5

©СПбГЛТУ, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВАГИЗОВ М.Р., САЙФЕРТ Г.В., ДВАДЦАТОВА Т.В., ПОДЛУЖНАЯ А.А. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА И ПОВРЕЖДЕНИЙ ГАЗОНОВ .....</b>	<b>4</b>
<b>НОВИКОВА М.А, ЕЛИСЕЕВ И.В., НОВИКОВ Я.А. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕБНО-ОПЫТНЫХ ЛЕСНИЧЕСТВ ЛЕСНОГО ИНСТИТУТА В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 20-Х ГОДОВ XX ВЕКА (КРАТКИЙ ОЧЕРК) .....</b>	<b>14</b>
<b>ЯКОВЛЕВ А.А., ГЕРАСИМОВА Т.А., ШКУРЕНКОВ Е.Д. ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ.....</b>	<b>18</b>
<b>ИБРАГИМОВ Р.С. ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ И ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗАПОВЕДНЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ .....</b>	<b>23</b>
<b>БОЙЦОВ А.К., ЗИМИРЕВА В.С. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ ТОПОЛЕЙ .....</b>	<b>28</b>
<b>КРЫЛОВА А.А., МАРТИРОСОВА Э.Р. АРХИТЕКТУРА ДАЧНОГО ДЕРЕВЯННОГО ДОМА КОНЦА XIX ВЕКА В ОКРЕСТНОСТЯХ ПЕТЕРБУРГА: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И БИБЛИОГРАФИЯ.....</b>	<b>37</b>
<b>МАРКИН А.А., КУПРИЯНОВА А.Г. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНО-ЗЕЛЁНОГО ГОРОДСКОГО КАРКАСА .....</b>	<b>44</b>
<b>ИВАНОВ С.А., ИВАНОВ М.А. МОДЕЛЬ КОМПОНЕНТЫ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ.....</b>	<b>53</b>
<b>КОСТЕРЕВА А.А., МАРКИН А.А., КУПРИЯНОВА А.Г. РАЗВИТИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАРКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА В СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД, НА ПРИМЕРЕ ПАРКА ЕКАТЕРИНГОФ .....</b>	<b>59</b>
<b>ВАСИЛЬЕВА Е.Н., МИКСОН Д.С. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНОВ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>68</b>

# **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА И ПОВРЕЖДЕНИЙ ГАЗОНОВ**

**Вагизов М.Р., Сайферт Г.В., Двадцатова Т.В., Подлужная А.А.**

С Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: газон, искусственный интеллект, машинное обучение, автоматизация, программное обеспечение

Аннотация: в статье описан опыт использования модели искусственного интеллекта для автоматического определения видового состава на газонах, а также участков с повреждениями газонного покрытия. Приводится описание применённой модели искусственного интеллекта, базы данных, использованной при её обучении. Рассматриваются пользовательский интерфейс для взаимодействия с моделью искусственного интеллекта, процесс работы с ней, а также получаемый результат.

## **EXPERIENCE OF THE USAGE OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL IN IDENTIFICATION OF SPECIES COMPOSITION AND DEFECTS LAWNS**

**Vagizov M.R., Sayfert G.V., Dvadtsatova T.V., Podlyugnaya A.A.**

Saint-Petersburg state forest technical university, Saint-Petersburg

Keywords: lawn, artificial intelligence, machine learning, automatization, software

Abstract: the article describes the experience of usage of the artificial intelligence in automatic recognition of herbaceous vegetation on lawns, as well as areas with damaged lawn surface. A description of the applied artificial intelligence model and the database used in its training is provided. User interface for interaction with the artificial intelligence model, work process and results are reviewed.

Введение. Автоматизация процессов с помощью моделей искусственного интеллекта является важным направлением в разнообразных сферах человеческой деятельности. Применение нейросетей позволяет ускорить выполняемые операции, а также сократить число требуемого для них персонала [2, 3, 6]. В области мониторинга окружающей среды применение искусственного интеллекта позволит проводить ускоренный анализ состояния объектов [5].

Цель: сформировать выводы по результатам использования программного обеспечения (ПО), выделить сильные и слабые стороны модели искусственного интеллекта в её настоящем состоянии.

Задачи:

1. Использовать ПО для автоматического определения видов травянистых растений на газонах и повреждений, на основе собранных за два года проведения исследовательской работы фотоматериалов;
2. Провести визуальный анализ полученных изображений;
3. Сформировать выводы относительно работоспособности модели искусственного интеллекта.

Методика работы.

Оценка работы модели искусственного интеллекта проводится на основе визуального анализа получаемых в результате автоматического определения видов

травянистых растений и повреждений газонного покрытия изображений, с выделенными на них областями, занимаемыми конкретным классом, и таблиц, в которых приведён перечень обнаруженных на изображении классов и число обнаружений.

В ходе работы над грантом № 22-26-20120 “Газон как индикатор состояния устойчивой городской среды и адаптации к изменениям климата”[9], при поддержке Российского Научного Фонда и Санкт-петербургского Научного Фонда (исследование выполняется за счет гранта Российского научного фонда № 22-26-20120, и гранта Санкт-Петербургского научного фонда в соответствии с соглашением от «14» апреля 2022 г. № 31/2022), совместно с университетом ИТМО была разработана модель искусственного интеллекта, базирующаяся на методе YOLOv5.

Аббревиатура YOLO («you only look once») в переводе с английского расшифровывается, как «достаточно одного взгляда», что отражает особенность этого метода. Метод был разработан в 2015 году Джозефом Редмоном, Сантошем Диввалой, Россом Гиршиком и Али Фархади. Он обеспечивает высокую точность предсказаний в режиме реального времени при условии, что в обучении был использован качественный набор данных. Данный метод делит изображение на сетки, а затем запускает алгоритм классификации и локализации изображений на каждой из ячеек сетки[1].

В результате работы нейросети, основанной на YOLOv5, оператор получает изображения с выделенными на них областями, на которых был определён класс. Над областью указывается наименование класса и уверенность нейросети в предсказании от 0 до 1. Пример работы указан на рис. 1.



Рис.1. Пример работы модели искусственного интеллекта

Набор данных, использованный в обучении модели искусственного интеллекта, является одним из главных факторов, влияющих на точность работы будущей нейросети [7]. Чёткость и размер использованных фотографий влияет на скорость, с которой оператор проводит разметку (выделение областей на изображении и присуждение им классов). Также важны знания оператора в определении видов растений, встречаемой на газонах, и то, насколько аккуратно и верно оператор проводит разметку. Так, если при работе оператор будет объединять в одной области разные виды и повреждения, точность работы нейросети снизится. То же произойдёт, если оператор при разметке не выделит области для нужных классов при их присутствии на фотографии, так как в таком случае нейросеть будет регистрировать

неразмеченные области, как отрицательные образцы. В итоге при подготовке набора данных для обучения необходимо проводить наиболее подробную и аккуратную разметку изображений, чтобы получить удовлетворительный результат.



Рис.2-3. Пример неправильной разметки слева и правильной справа

Для того, чтобы нейросеть могла уверенно классифицировать заданные классы, необходимо привести минимум 500 примеров на каждый, хотя для хорошего качества определения считается необходимым тысячи примеров на класс [8].

Обучение модели искусственного интеллекта проходило в два этапа, с первичным набором данных и вторичным, который использовался для дообучения модели [4]. В первый набор данных вошли изображения газонов с высоты 1 м над землей (900 образцов) и изображения газонов с БЛА типа квадрокоптер с высоты 3 м и 5 м над землей (431 образец). В ходе разметки этих изображений было выделено 65 классов, которые были использованы в работе сервиса и пилотного запуска по сегментированию и классификации.

Часть списка обозначенных классов и их ID (идентификатор) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Часть списка обозначенных классов

ID класса	Наименование класса
24	Cardamine_californica
25	Vicia_sepium
26	Ranunculus_auricomus
27	Tussilago_farfara
28	Suhie_listia
29	Capsella_bursa-pastoris
30	Matricaria_discoidea
31	Alchemilla_monticola
32	Holcus_lanatus
33	Glechoma_hederaceae
34	Pyrethrum_corymbosum
35	Cirsium_arvense
36	Poa_pratensis
37	Glechoma_hederacea

Однако первичное обучение показало, что многие классы в наборе данных представлены недостаточным количеством примеров, что привело к решению сократить число классов для видов травянистой растительности до 9 шт., которые были

представлены в минимальном обозначенном коллективном количестве 200 шт. Помимо этого были оставлены 3 класса для повреждений газонного покрытия. Количественное распределение примеров для классов во входном наборе данных (1331 изображение) представлено на рис. 4.

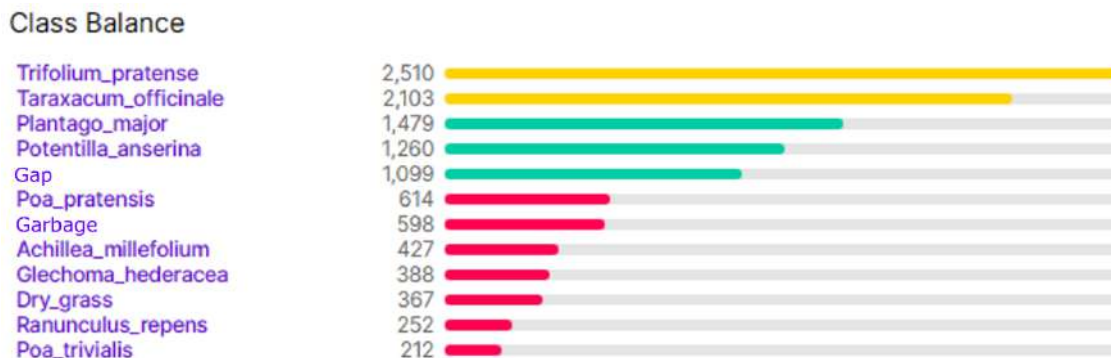


Рис.4. Количественное распределение примеров фрагментов по классам, на основе разметки 1331 изображений

После этого был сформирован второй набор данных из 680 фотографий газона, снятых с использованием квадрокоптера с высоты 3-5 метров. Таким образом размер суммарной выборки изображений стал составлять 2011 шт.

В ходе разработки модели искусственного интеллекта проходило тестирование точности работы нейросети на основе выборки из двух наборов данных.

Были выбраны следующие показатели:

1. Точность (Precision) — это мера того, сколько из сделанных положительных прогнозов являются верными (истинно положительными). Для этого вводится показатель IoU (Intersection over Union), то есть наложения двух областей — изначально размеченной и локализованной моделью [10].

2. Отзыв (Recall) — мера того, сколько положительных случаев правильно спрогнозировала нейросеть по всем положительным случаям в данных [10].

3. mAP<sub>0.5:0.95</sub> — где «mAP» (Mean Average Precision) означает среднюю точность, которая вычисляется как средняя точность по нескольким классам объектов. Это популярная оценочная метрика для моделей обнаружения объектов. Часть «0,5:0,95» относится к диапазону пороговых значений IoU [10].

4. mAP<sub>0.5</sub> — средняя точность для конкретного значения IoU [10].

После вторичного обучения были сделаны выводы относительно точности определения видов и повреждений газона моделью искусственного интеллекта. Так, *Plantago major* L., *Trifolium pratense* L. и *Ranunculus repens* L. моделью распознаются с наивысшей точностью, что объясняется легко различимым на фоне газона внешним видом. Также хорошо модель обнаруживала и повреждения газонного покрытия ввиду их контрастности с общим зелёным фоном. В то же время, остальные классы имели низкие показатели, что можно объяснить некачественной разметкой фотографий газонов при формировании наборов данных для обучения. Таким образом была сформирована таблица, отражающая показатели для каждого класса – таблица 2 [8].

Таблица 2. Показатели для каждого класса

Класс	Точность (Precision)	Отзыв (Recall)	mAP50	mAP50-95
Среднее	0.627	0.254	0.285	0.188
AchilleaMillefolium	0.694	0.115	0.187	0.104
DryGrass	0.72	0.448	0.488	0.342
GlechomaHederacea	0.687	0.086	0.0919	0.0634
Garbage	0.506	0.463	0.358	0.193
PlantagoMajor	0.721	0.301	0.359	0.216
PoaPratensis	0.427	0.115	0.13	0.045
PoaTrivialis	0.474	0.111	0.227	0.0824
Gap	0.769	0.35	0.409	0.33
RanunculusRepens	0.665	0.333	0.343	0.253
TaraxacumOfficinale	0.694	0.187	0.237	0.165
TrifoliumPratense	0.709	0.393	0.44	0.369

В результате была создана модель искусственного интеллекта, способная обнаруживать 13 классов объектов на фотографии. Она была сформирована в программное обеспечение на языке программирования python.

Сначала программа открывается в командной строке, после чего оператор запускает её, как веб-приложение в браузере на программной платформе Streamlit[11]. Интерфейс программы состоит из области, в которую оператором переносятся выбранные для классификации и локализации изображения, кнопки «Browsefiles», предназначенной для открытия диалогового окна, в котором также можно выбрать изображения, и кнопки «Detectobjects», которая запускает работу нейронной сети.

Продемонстрируем работу системы на конкретных примерах. Основными характеристиками фотографий является высота (1 или 3 метра), степень вытаптываемости и освещённости. Для оценки работоспособности модели искусственного интеллекта были отобраны фотографии газонов по-разному сочетающие в себе эти характеристики. Все используемые фотографии являются частью собранных за два года фотоматериалов:

1. Фотографии газонов с высоты одного метра (рис. 5-12);



Рис.5-6. Освещённый вытоптаный участок. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели





Рис.7-8. Освещённый невытоптаный участок с высохшей травой. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели



Рис.9-10.Затенённый вытоптаный участок. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели



Рис.11-12. Затенённый невытоптаный участок с высохшей травой. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели

Как видно на примерах, в текущем виде модель недостаточно хорошо справляется с определением видового состава и повреждений газонного покрытия на фотографиях, сделанных с высоты одного метра. Нейронная сеть часто делает ошибочные предсказания и пропускает участки с чётко различимыми растениями. Это можно объяснить тем, что фотографии с высоты 1 метра в первичном наборе данных были размечены недостаточно аккуратно и правильно, а количество примеров для 9 отобранных классов для травянистой растительности всё ещё недостаточно.

2. Фотографии газонов с высоты трёх метров (рис. 13-20).



Рис.13-14. Освещённый вытоптаный участок. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели

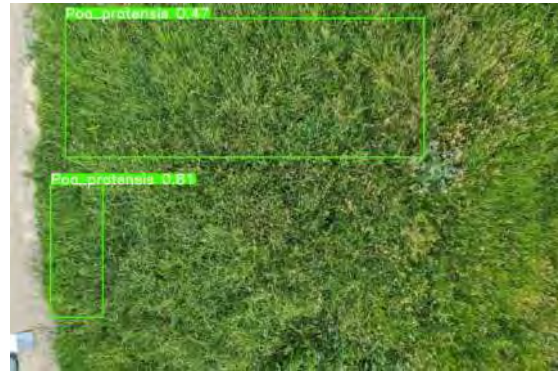


Рис.15-16. Освещённый невытопанный участок. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели

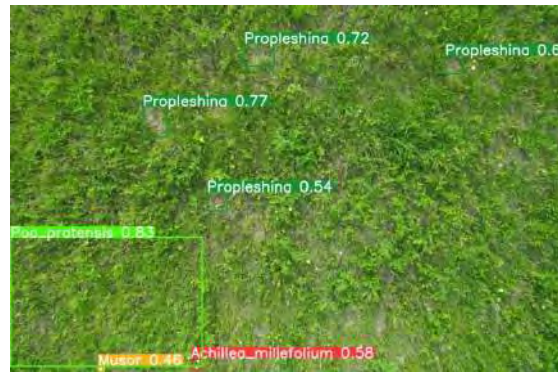


Рис.17-18.Затенённый вытопанный участок. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели

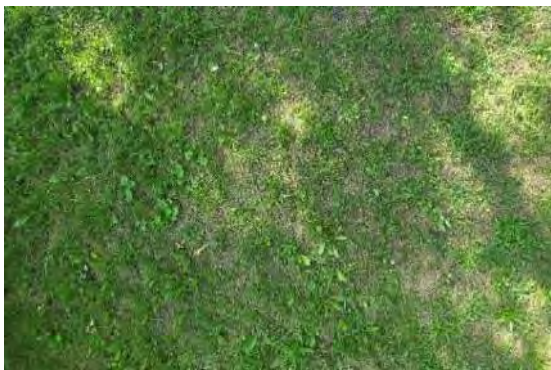


Рис.19-20. Затенённый невытопанный участок. Слева оригинальная фотография, справа- вывод модели

Модель искусственного интеллекта лучше справляется с обнаружением объектов на фотографиях, сделанных с высоты трёх метров. Это можно объяснить тем, что фотографии с высоты трёх метров размечались более правильно, полно и аккуратно, чем фотографии с одного метра, разметка которых проводилась в первую очередь.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанная модель искусственного интеллекта удовлетворительно справляется с локализацией и классификацией изображений, сделанных с высоты трёх метров и подходит для обработки изображений, полученных с беспилотных летательных аппаратов. Касательно обработки фотографий, сделанных с высоты одного метра, необходимо отметить, что нейронная сеть неудовлетворительно выполняет свою задачу.

Исходя из вышесказанного, отмечено, что для настоящей модели искусственного интеллекта требуется дальнейшее обучение с увеличиванием количества примеров (исходных данных) для выбранных классов до минимального значения 500 штук (а в

идеале в районе 1000 шт.). При этом, для нового набора данных необходимо подбирать фотографии как с высоты трёх метров, так и с 1 метра, продолжая развивать её способности в работе на разных высотах. Отдельно следует уделить внимание качеству разметки фотографий для набора данных: оно должно быть максимально высоким для формирования качественного результата.

Подводя итог справедливо сказать, что данная нейронная сеть имеет высокий потенциал в сфере контроля и мониторинга состояния газонных покрытий и требует доработки.

*Исследование выполнено в рамках поддержанного проекта РНФ «Газон как индикатор состояния устойчивой городской среды и адаптации к изменениям климата» №22-26-20120 и гранта Санкт-Петербургского научного фонда в соответствии с соглашением от 14.04.2022 № 31/2022.*

#### Библиографический список

1. Бендриковский, А.Я. Обнаружение и классификация объектов на изображении с помощью нейросетевого алгоритма YOLO / А. Я. Бендриковский // Процессы управления и устойчивость. – 2017. – Т. 4, № 1. – С. 326-331.

2. Викулов, Е.И. Нейронные сети в цифровом сельском хозяйстве / Е.И. Викулов // Молодежь и наука - 2022: Сборник трудов международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Екатеринбург, 18 марта 2022 года. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2022. – С. 85-87.

3. Ибраева, Н.Р. Анализ сферы применения нейронных сетей в горных машинах / Н.Р. Ибраева // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 6(158). – С. 21-25. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-6-21-25.

4. Лосева В.Д., Сайферт Г.В. Разработка универсального набора данных для создания систем машинного обучения на примере изображений газонов в Санкт-Петербурге / Лосева В.Д., Сайферт Г.В. // Материалы II Всероссийской студенческой ONLINE конференции, Симферополь 16-17 февраля 2023 г.– Симферополь, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, 2023. – С. 31-36.

5. Мешалкин, В.П. Нейронные сети в автоматизированной системе мониторинга состояния окружающей среды / В.П. Мешалкин, В.М. Панарин, А.А. Маслова // Sciences of Europe. – 2020. – № 50-2(50). – С. 14-20.

6. Никитин, Г.А. Применение нейросетей при контроле качества продукции в машиностроительном производстве / Г.А. Никитин, О.В. Алексашина // Российские регионы в фокусе перемен: Сборник докладов XVII Международной конференции, Екатеринбург, 17–19 ноября 2022 года. – Екатеринбург: ООО Издательский Дом «Ажур», 2023. – С. 672-675.

7. Окунев, С.В. Рассмотрение способов формирования наборов данных для обучения нейронных сетей / С. В. Окунев // Вестник науки и образования. – 2020. – № 2-3(80). – С. 16-19.

8. Результаты разработки ключевых базовых алгоритмов и универсального набора данных для создания системы машинного обучения (ИИ), специализированного для мониторинга и анализа газона: отчёт о НИР (итоговый, 1 и 2 этапы) / нац. исслед. ун-т; рук. Митягин С.А.; исполн.: Шамрицкий К.Н., Сокол А.А. – Санкт-Петербург, 2023. – 38 С.

9. Российский научный фонд. карточка проекта, поддержанного российским научным фондом, 22-26-20120, «Газон как индикатор состояния устойчивой городской среды и адаптации к изменениям климата». URL: <https://rscf.ru/project/22-26-20120/> (дата обращения 13.11.2023).

10. V7. Mean Average Precision (mAP) Explained: Everything You Need to Know. URL: <https://www.v7labs.com/blog/mean-average-precision/> (дата обращения 13.11.2023)

11. Streamlit. A faster way to build and share data apps. URL: <https://streamlit.io/> (дата обращения 13.11.2023)

# **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕБНО-ОПЫТНЫХ ЛЕСНИЧЕСТВ ЛЕСНОГО ИНСТИТУТА В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 20-Х ГОДОВ XX ВЕКА (КРАТКИЙ ОЧЕРК)**

**Новикова М.А., Елисеев И.В., Новиков Я.А.**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: история, лесной институт, лесничества

Аннотация: история лесотехнического университета интересна и интересно развитие и присоединение учебно-опытных лесничеств. Несмотря на сложную экономическую и политическую ситуацию, а также последствия гражданской войны лесной институт продолжал развивать новые научные идеи, совершенствовать технологии, а также увеличивать площади учебно-опытных лесхозов.

## **THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL AND EXPERIMENTAL FORESTRY OF THE FOREST INSTITUTE IN THE FIRST HALF OF THE 20S OF THE TWENTIETH CENTURY (A BRIEF OUTLINE)**

**Novikova M.A., Eliseev I.V., Novikov Ya.A.**

St. Petersburg State Forestry University named after. S.M. Kirov, St. Petersburg

Keywords: history, forestry institute, forestry

Abstract: The history of the Forestry Engineering University is interesting and the development and joining of educational and experimental forestry is interesting. Despite the difficult economic and political situation, as well as the consequences of the civil war, the Forestry Institute continued to develop new scientific ideas, improve technologies, and increase the area of educational and experimental forestry enterprises.

«Наш университет – старейший лесной вуз страны. Вся история вуза связана с лесной отраслью, с ее развитием и изменениями, с потребностями в квалифицированных кадрах разного уровня и профиля подготовки.

К настоящему времени количество подготовленных университетом специалистов в области лесного хозяйства и лесной промышленности превышает 75 тысяч. Многие наши выпускники руководят предприятиями, работают на всех уровнях государственной власти, возглавляют научно-исследовательские институты, кафедры, являются успешными предпринимателями, высококвалифицированными специалистами - ректор СПбГЛТУ Мельничук И.А.

Задачи публикации: изучение исторических материалов о развитии учебно-опытных лесничеств и лесотехнического института в 20-е годы XX века.

Со дня основания Лесного института (1803г.) он тесно сотрудничал с Лисинским лесничеством. В 1902 году Лесному институту была отдана во владение Охтинская дача и до 1917 года оставалась во владении, до момента национализации лесов. Начиная с 1920 года Лесной Институт ходатайствовал о передаче Лисинского и Охтинского лесничеств в его пользование.

Весной 1921 года Институту были переданы на основании декрета от 20 октября 1922 года Лисинское и Охтинское лесничества общей площадью 35 176 га, в том числе покрытой лесом площадью 28 531 га. Изначально предполагалось, что на ведение

хозяйства институту будут выдаваться кредиты, а доходы будут поступать в общую смету лесного управления. Но к началу 1922 года дела в Лисинском и Охтинском лесничествах ухудшились в связи с задержкой выплат служащим, из-за задержки кредитов и снижения доходов.

Главными задачами Лесного института в отношении принятых лесничеств на момент 1922 года являлись:

- определение состояния насаждений;
- договоры с лесозаготовителями;
- решение вопроса с личным составом по управлению и охране лесов, так как охрана лесов была в неудовлетворительном состоянии.

Лисинское и Охтинское лесничества находились примерно в 100 километрах от Санкт-Петербурга (Ленинграда) и подвергались сильным рубкам во время топливного кризиса.

Первое обследование принятых лесничеств удалось провести в 1922 году с привлечением к работе техников лесничеств и студентов. Также в 1922 году восстановилась летняя учебная практика и в них уже работали 7 дипломантов (специалистов). В Лисинском опытном лесничестве базой для исследовательских и опытных работ являлся бывший охотничий дворец Александра III.

Стала проводиться продажа леса по соревнованию, т.е. продажа права пользования лесом при условии выполнения победителем конкурса определенных социально-значимых условий (внесения инвестиций, финансирования объектов социальной сферы и пр.), рубка и заготовка проданного леса ограничивалась одним зимним периодом.

В Лисинском лесничестве стали применяться постепенные рубки, которые чаще повторялись, выбирая все плохо растущее и повышая прирост остающегося, при непрерывном процессе естественного возобновления под пологом древостоя и на просветах.

В 1922/23 годах в Лисинском и Охтинском учебно-опытных лесничествах, при ведении хозяйства, обратили внимание на очистку лесосек от мертвой древесины. И таким образом увеличение ресурсов позволило приступить к необходимым работам по восстановлению лесного хозяйства, пришедшего в упадок из-за того, что лес только рубился, а иных хозяйственных работ в нем не проводилось. Так удалось решить несколько задач:

1. В Охтинском лесничестве построена новая сторожка.
2. В Лисинском лесничестве отремонтированы каменные здания и также осушены их подвалы.
3. Восстановлена осушительная сеть.
4. Отремонтированы 15 752 метра канав.
5. Прорыты 427 метров новых канав.
6. Восстановлены изгороди, питомники.
7. Начаты лесокультурные работы.

В лесничествах проводилась учебная практика; исследовательская деятельность была представлена в работах 10 дипломантов.

В 1922 году Лесной институт стал ходатайствовать о предоставлении ему в пользование еще 2 лесничества, Парголового и Лемболовского, так данные лесничества расположены на железных путях. На основании декрета принятого 20 октября 1922 года в 1923 году данное ходатайство было удовлетворено и лесничества

перешли в пользование Лесного института. Общая площадь переданных лесничеств составляла 45 129 га, в том числе земли покрытые лесом 32 081 га.

Таким образом, Лесному институту стали принадлежать 4 лесничества возле Ленинграда общей площадью 80 305 га, из них покрытой лесом 60 612 га. В первый год использовались 11000 га в этих лесничествах для проведения учебной практики по лесной таксации. В данной практике приняли участие 217 студентов.

После передачи Институту Парголового и Лемболовского лесничеств была организована комиссия по естественно-историческому обследованию учебно-опытных лесничеств. Результатом деятельности этой комиссии явилось рекогносцировочное геологическое исследование Парголового лесничества, произведенное профессором Яковлевым С.А., лесознтомологические обследования Осиноровацкого района этого лесничества произведенное профессором Римским-Корсаковым М.Н. и Шиперовичем В.Я. В Парголовоом лесничестве Соколовым Н.Н. было проведено рекогносцировочное обследование почв и изучение лесных растительных ассоциаций. В течение летнего периода 1923 года в Парголовоом лесничестве группой студентов было проведено таксационное обследование.

В Парголовоом и Лемболовоом лесничествах, до передачи Лесному институту, проводились рубки и заготовки на больших площадях военным ведомством. Эти заготовки продолжались несколько лет и небыли нигде учтены. На вырубках военного ведомства были обнаружены не вывезенные материалы, также порубочные остатки были не убраны и не очищены лесосеки. В связи с этим руководство учебно-опытных лесничеств в течении года согласовывало и оформляло спорные вопросы указанных заготовок и приступило к очистке мест рубок. Таким образом, в Парголовоом лесничестве было очищено 600 десятин (655 га), в Лисинском – 345 десятин (377 га).

В Лемболовоом лесничестве не было никаких планов и описаний, в связи с этим лесоустроительные работы выполняли студенты. Была организована местным лесничим группа, состоящая из 4 человек, занявшая съемкой и таксацией леса. В Парголовоом лесничестве было решено провести выборочную рубку, в результате которой была проведена постепенная рубка в спелом древостое и проходная в приспевающем.

Лесокультурная хозяйственная деятельность в учебно-опытных лесничествах продолжала развиваться. Лесомелиоративные работы по осушке лесов в 1923/24 учебном году увеличились на 21% , что составило 19 949 м, в том числе 2 667 м новых канав.

В 1924 году в учебно-опытных лесничествах работало 269 студентов, которые описали на учебной таксационной практике 15 400 га леса в районах с наиболее сохранившимися насаждениями и с близким жильем для практикантов.

23 сентября 1924 года произошел сильный ураган, вызвавший наводнение в Ленинградке и опустошение лесов. Также, этот ураган сильно сказался на ведении хозяйства в учебно-опытных лесхозах. Например, в результате урагана была уничтожена пробная площадь, также был нанесен вред в Удельном парке Парголовоого учебно-опытного лесхоза. Таким образом, основная часть отпускаемого леса приходилась на мертвую древесину и поваленную ветром, всего древесины было отпущено 679070 м<sup>3</sup>. В лесничествах проходил процесс индустриализации, в результате которого в Лемболовоом и Парголовоом лесничествах появились лесопильные заводы. Также в Лемболовоом лесничестве приобрели водяную мельницу, которую в последствии переоборудовали, добавив оборудование для распиловки и обработки древесины: лесопильную раму, обрезной, строгальный и драночный станки. В



Парголово́м лесничестве был приобретен лесопильный завод, он был в плохом состоянии после пожара, но в течении полугода его удалось восстановить и установить новое оборудование: паровой двигатель мощностью 33 лошадиные силы, одну лесопильную раму, обрезной и строгальный станок, маятниковую пилу и динамомашину. В Лисинском лесничестве была приобретена старая лесопилка, в которой требовался ремонт, как её, так и оборудования. Позже был приобретен двигатель большей силы, чем был до этого на лесопилке, лесопильная рама и станки для обработки древесины. В Охтинском лесничестве были приобретены склады для деловой древесины и для продажи дров.

Во всех четырех Ленинградских лесничествах проводились лесокультурные работы: сбор семян сосны и ели, произведены посадки на площади в 225 га, произведена очистка на вырубках под естественное возобновление на площади 1117 га. Проведены лесомелиоративные работы в Лисинском лесничестве. Данный вид работ проводили студенты-мелиораторы, в качестве практики. Студенты составили проект осушительных работ на участок площадью 2000 га, и таким образом было прокопано 16 459 м канав, в том числе новые канавы составили 2564 м.

Весной 1925 года Лесному институту удалось получить в пользование Шелековское лесничество в Архангельской губернии и Хинельское лесничество в Брянской губернии. Таким образом, в пользование лесного института поступило 134 015 га, в том числе 105 669 га покрытой лесом площади в Архангельской области, и 5082 га, в том числе 4610 га покрытой лесом площади.

**Заключение:** несмотря на сложную экономическую и политическую ситуацию, а также последствия гражданской войны лесной институт продолжал развивать новые научные идеи, совершенствовать технологии, а также увеличивать площади учебно-опытных лесничеств.

#### Библиографический список

1. Мелехов И.С. Альма матер: Воспоминания о Лесотехнической академии. Ч.1. Студенческие годы. – СПб.: ЛТА, 1992.
2. Орлов М.М. Учебно-опытные лесничества Ленинградского Лесного Института. – Известия Ленинградского Лесного института, выпуск 33. – 1926. – С.1-19.
3. Редько Г.И., Редько Н.Г. История лесного хозяйства России / Г.И. Редько, Н.Г. Редько. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 456с
4. Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия. Страницы истории 200 лет. 1803-2003. /Редько Г.И. и др./ - СПб. - СПбГЛТА, ЗАО «Хромис» . – 814 с.
5. Официальный сайт Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета / Приветствие ректора. URL: <https://spbftu.ru/university/about-the-university/rector-greeting>

## **ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ КОМПЛЕКСЕ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ**

**Яковлев А.А., Герасимова Т.А. Шкуренок Е.Д.**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: постагроденные земли, гумус, биологическая активность почв, восстановительная сукцессия, почвенный комплекс.

В данной статье представлены результаты исследования сукцессионных процессов, происходящих в почвенном комплексе в процессе восстановления естественного растительного покрова на землях, вышедших из активного сельскохозяйственного пользования. Показываются изменения, происходящие в процессе накопления органического вещества почвы и изменения в микрофауне почв.

### **CHANGES IN SOIL COMPLEX ON POST-AGROGENIC LANDS**

**Yakovlev A.A., Gerasimova T.A. Shkurenkov E.D.**

St. Petersburg State Forestry University named after. S.M. Kirov, St. Petersburg

Key words: postagrogenic lands, humus, biological activity of soils, regenerative succession, soil complex.

This article presents the results of the study of successional processes occurring in the soil complex in the process of restoration of natural vegetation cover on lands that have left active agricultural use. Changes occurring in the process of soil organic matter accumulation and changes in soil microfauna are shown.

В связи с изменениями, затрагивающими социально-экономические аспекты общественной жизни, на протяжении последних трех десятков лет наблюдается значительное сокращение площадей, используемых в сельскохозяйственном обороте [2]. К сельскохозяйственным землям в России относится около 400 млн. га. С 1961 по 2003 год, из хозяйственного оборота было выведено порядка 58,3 млн. га земель [6]. На таких территориях наблюдается процесс вторичной сукцессии – активное естественное восстановление растительных сообществ [1, 4].

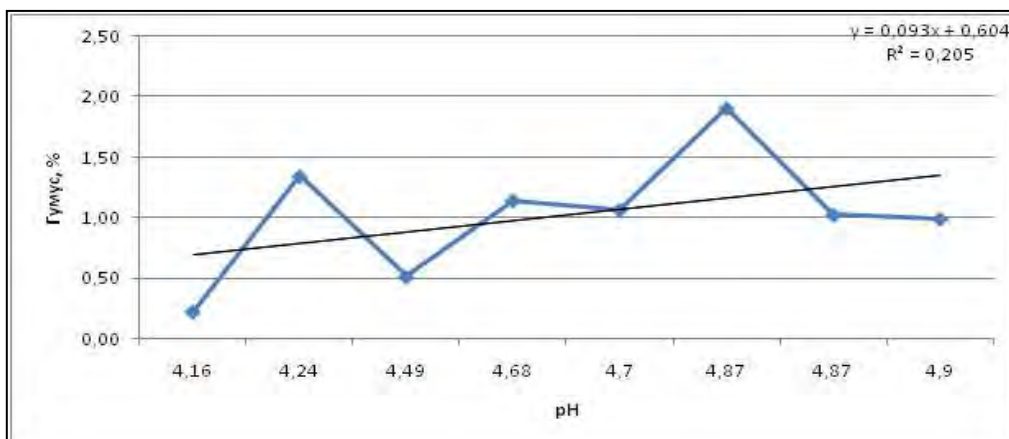
Изменения в растительном покрове также влекут за собой трансформацию почвенного комплекса, первоначально касающуюся круговоротов питательных веществ и углерода [5]. В условиях естественного зарастания пашен лесной растительностью происходит перераспределение пула углерода от почвенной составляющей биогеоценоза в состояние формирующегося древостоя. Перераспределение происходит благодаря более плодородному пахотному горизонту почвы и древесной растительности, поселившейся на залежи. Важно отметить, что подрост, сформировавшийся под пологом древостоя, и подлесок, формирующийся за счет кустарников, не имеют существенной доли в структуре углеродного пула. Естественное восстановление на постагроденных землях постепенно снижает углеродный пул в почвенном комплексе, но способствует депонированию в фитомассе лесной растительности.

Важнейшими факторами, влияющими на рост и развитие лесного дендроценоза, являются содержание гумуса (органического вещества) и величина pH [3].

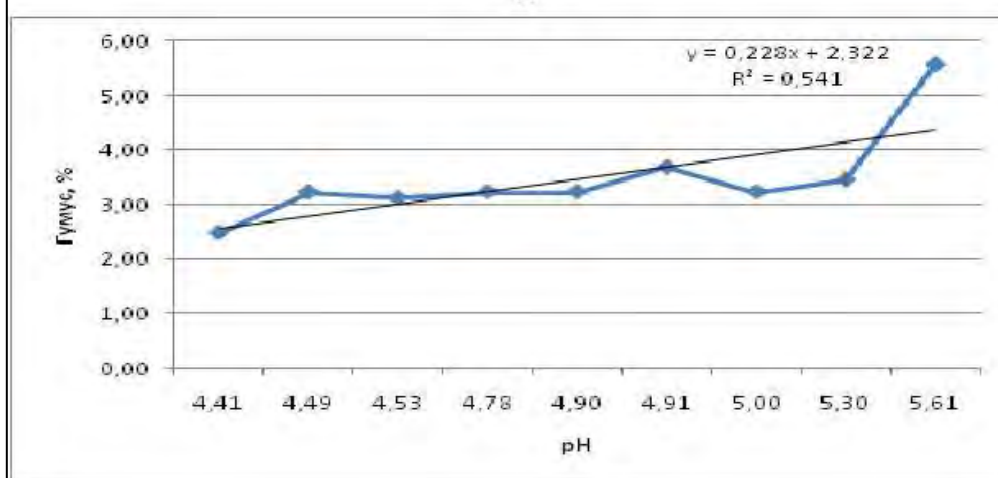
В качестве объектов исследования были выбраны три поля, выведенных из сельскохозяйственного оборота со сроками залежи в 5, 10 и 25 лет соответственно. Данные участки находятся в Гатчинском лесничестве Ленинградской области. Почвенные условия можно описать как схожие, материнские породы и гидрологические режимы на каждом поле являются одинаковыми. Были заложены ходовые линии, по три на каждом исследуемом участке, на которых были отобраны почвенные образцы для дальнейшего лабораторного анализа. К моменту отбора почвенных проб для определения показателей биологической активности почв поле со сроком залежи 5 лет было распаханно и засеяно овсом. Содержание органического вещества в почве определялось по методу «мокрого» сжигания, разработанного И.В. Тюриным, а величина рН была определена при помощи потенциометрического метода. Скорость эмиссии углекислого газа определялась на основе метода В.И. Штатнова (1952). Биологическая активность почвенных микроорганизмов (скорость разложения целлюлозы) определялась по методу, предложенному академиком Е.Н. Мишустиним. Общее микробное число определялось при помощи экспресс тестов Петритест.

Рисунок 1 отображает результаты проведённого исследования зависимости содержания гумуса от величины рН на полях со сроком залежи 5, 10 и 25 лет. Таким образом, на участке со сроком залежи 5 лет наблюдается тенденция к увеличению органического вещества в пахотном горизонте с увеличением величины рН. На поле залежью 10 лет эта тенденция заметно ослабевает, а на поле со сроком залежи 25 лет тенденция меняет своё направление и на нем наблюдается снижение содержания гумуса с увеличением величины рН. На данном участке можно наблюдать уменьшение содержания гумуса в почве и понижение кислотности. Таким образом, изменения с увеличением срока залежи связано с процессом разложения остатков растительности и минерализации органического вещества почвы, то есть с изменением в углеродном цикле биогеоценоза, находящегося на первичных стадиях вторичной сукцессии.

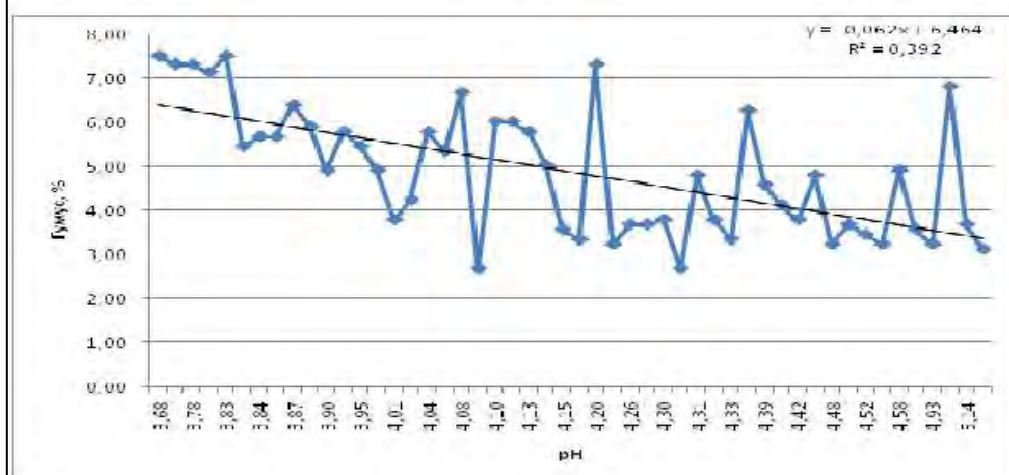
Поле, залежь которого составляет пять лет, характеризуется преобладанием травянистой растительности, дендроценоз же представлен возобновлением, в основном, березы, в меньшей степени также других лиственных пород. Растительные остатки представлены отмершей травянистой растительностью, быстро разлагающейся и переходящей в гуминовые кислоты. Скорость разложения и накопления гумуса на участках с низкой кислотностью будет быстрее. Разрастание древесных пород, в первую очередь ив, осины и березы, можно наблюдать с увеличением срока залежи поля, что влечет за собой уменьшение проективного покрытия живого напочвенного покрова и образование лесной подстилки, состоящей преимущественно из лиственного опада. Ивовый опад имеет кислую реакцию среды, что приводит к снижению скорости разложения и накоплению на поверхности почвы, отсюда следует накопление органического вещества в лесной подстилке. В это же время, гуминовые вещества, которые уже имеются в почве, будут быстрее разлагаться на участках, с низкой кислотностью, соответственно, их ресурс будет сокращаться, так как поступление новой органики замедляется в связи с ее накоплением в подстилке.



**а**



**б**



**в**

Рис.1. Взаимосвязь содержания гумуса и величины pH на участках с разным сроком залежи: а – 5 лет; б – 10 лет; в – 25 лет.

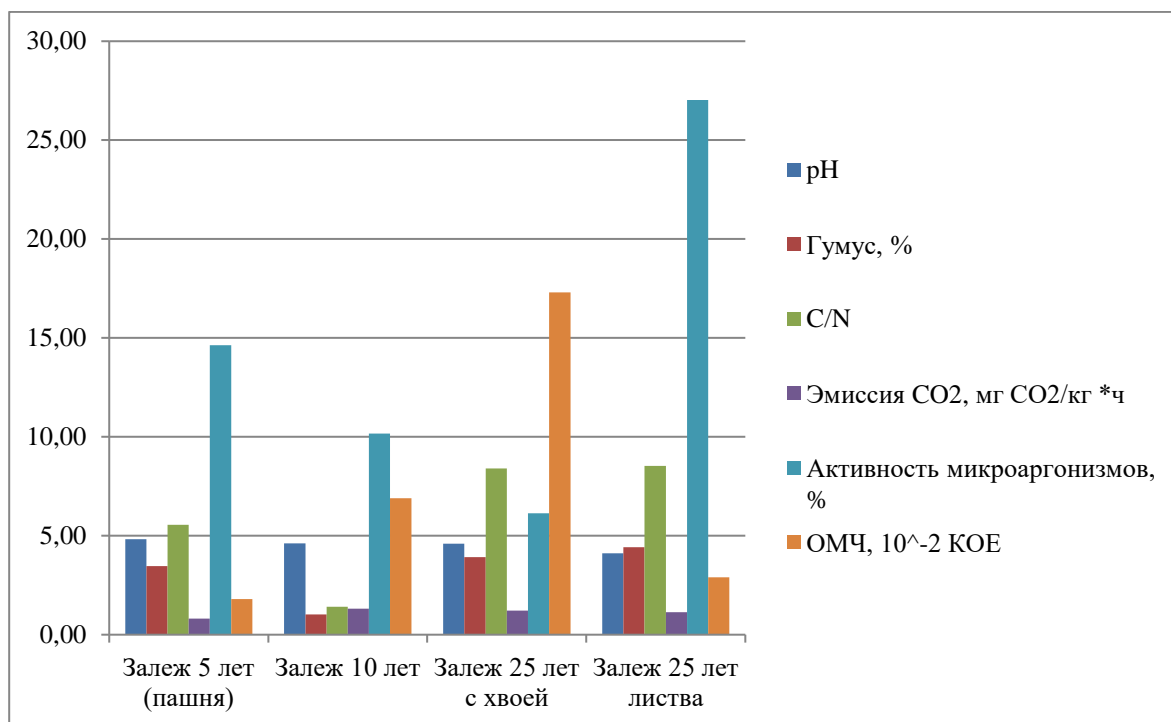


Рис.2. Основные агрохимические характеристики и показатели биологической активности почв на объектах исследования.

На рисунке 2 показаны результаты исследования биологической активности постагрогенных почв разного срока залежи в сравнении с основными агрохимическими характеристиками. Как видно из представленных данных на изучаемых участках нет четкой закономерности между почвенным плодородием и биологической активности почвы. Однако стоит отметить, что биологическая активность почвы с увеличением срока залежи в целом увеличивается, но изменяются доминирующие показатели. Скорость эмиссии углекислого газа на всех опытных участках практически одинаковая, что свидетельствует о равной скорости минерализации органического вещества почвы на всех изучаемых сроках залежи. Активность микроорганизмов определялась по скорости разложения льняного полотна в почве, на данный показатель большее влияние оказывают почвенные миксомицеты и представители почвенной фауны. В целом активность почвенных микромицетов и фауны уменьшается с увеличением срока залежи, однако на участке со сроком залежи 25 лет с густым листовым возобновлением наблюдается самое большое значение данного показателя. Общее микробное число (ОМЧ) характеризует активность почвенных бактерий. Данный показатель показывает противоположные результаты. Он увеличивается с увеличением срока залежи и имеет самое низкое значение на участке залежью 25 лет с густым листовым возобновлением. Данная особенность может быть связана с тем, что на этом участке преобладает возобновление древовидной и кустовой ивы. Ивовый опад имеет кислую реакцию среды и, следовательно, медленно разлагается и в таких условиях наиболее подходящие условия для развития почвенных микромицетов.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что процесс восстановительной сукцессии затрагивает изменениями не только стремящийся к состоянию естественной лесной растительности, характерной для данного региона, живой напочвенный покров, но также и почвенный комплекс. Изменения в нём вызваны изменениями в течение

почвообразовательных процессов, связанных с растительным и животным миром, как с фактором почвообразования.

Дальнейшее исследование данной темы будут способствовать более глубокому пониманию экологических процессов на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота, и позволит в будущем разработать математическую модель для моделирования сукцессионных процессов в растительном и почвенном покрове, а также их взаимодействия.

#### Библиографический список

1. Аверина М.В. Вторичные сукцессии на землях из под сельскохозяйственного пользования в средней подзоне тайги: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук: 06.03.02 / Аверина Мария Валентиновна; Место защиты: Северный (Арктический) федеральный университет. - Архангельск: 2019. - стр. 17.

2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году. - М.: Росинформагротех, 2021. - стр. 404.

3. Лукина Н.В. Аккумуляция углерода в лесных почвах и сукцессионный статус лесов. - Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2018. - стр. 232.

4. Люри, Д.И., Горячкин, С.В., Караваева, Н.А и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. - 426 с. EDN: QUGZTN

5. Сукачев, В.Н. Основы лесной геоботаники // Избранные труды "Основы лесной типологии и биогеоценологии". - Л.: Наука, 1972. - Т. 1: 3.

6. Шутов, И.В. Проблемы получения древесного сырья на неиспользуемых сельскохозяйственных землях / И.В. Шутов, А.В. Жигунов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 4(20). – С. 5-17. – EDN RQDNDH.

# ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ И ТРАНСФОРМИРОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗАПОВЕДНЫХ ЛЕСОВ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Ибрагимов Р.С.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова. ООПТ, лесные ландшафты, заповедные леса, геоинформационные технологии, ДЗЗ.

В статье представлены ключевые элементы геометрической коррекции и трансформирования аэрокосмических изображений ООПТ на землях лесного фонда, в горно-лесной зоне Республики Крым. Описана точность необходимая для конкретной задачи, представлена формула для решения системы уравнений с минимизацией невязки по топокартам соответствующего масштаба в общем случае перед специализацией снимков. Статья написана в рамках исследования вопроса, о оценке состояния и управления ООПТ на землях лесного фонда Республики Крым.

## FEATURES OF GEOMETRIC CORRECTION AND TRANSFORMATION OF AEROSPACE IMAGES OF PROTECTED FORESTS OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Ibragimov R.S.

Petersburg State Forestry University named after. S.M. Kirov, St. Petersburg

Keywords. Protected areas, forest landscapes, protected forests, geoinformation technologies, remote sensing.

The article presents the key elements of geometric correction and transformation of aerospace images of protected areas on the lands of the forest fund, in the mountain forest zone of the Republic of Crimea. The accuracy required for a specific task is described, and a formula is presented for solving a system of equations with minimizing the discrepancy on topocards of the appropriate scale in the general case before specializing the images. The article was written as part of a study on the assessment of the state and management of protected areas on the lands of the forest fund of the Republic of Crimea.

**Введение.** Геометрическая коррекция призвана устранить искажения цифрового снимка, вызванные влиянием вращения Земли и кривизны поверхности земли (рис.1), а также особенностями сканерной развертки и наличием перспективных искажений.

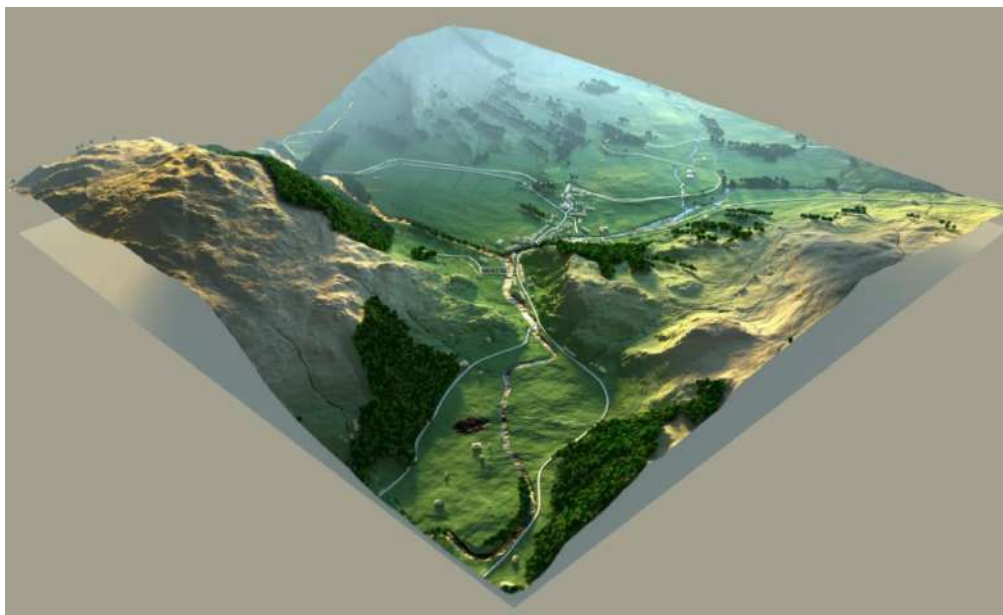


Рис. 1 Пример искажения поверхности земли по отношению к плоской поверхности.

В качестве примера представлена горная вершина Шаан кая на рис 2. Снимок выполнен серией спутников Landsat 8,9, с разрешением (3,7 м/пикс), наименование съемочной аппаратуры OLI и TIRS, Число элементов линейки- 6000 (OLI; 18000 PAN), 1500 (TIRS). Динамический диапазон, 12 бит. Разрешение на местности, 15м (PAN), 30м (VNIR, SWIR), 100м (TIR). Ширина полосы съемки, 185 км. Скорость передачи данных, 265(OLI), 26,2(TIRS) Мбит/сек. На базовых подложках(BING; OpenStreetMap; OpenТороMap; MODIS). При комбинации каналов для детектирования объектов: канал - растительность 1,2, канал - геология (ландшафт)), выгружен с сервиса Easy-Sat[4,5].

Необработанные снимки, получаемые со спутников и самолетов, являются плоскими изображениями, но даже для кажущейся ровной поверхности искажены за счет кривизны земли и применяемого датчика.

Если выполняются подсчет площадей или другие процедуры, связанные с измерениями характеристик лесов по снимкам, такие геометрические преобразования необходимы. Еще большее значение геометрическая коррекция приобретает при оценке состояния лесного покрова по разновременным изображениям, когда требуется высокая точность пространственного совмещения снимков. В таблице 1 [5] представлена степень точности, применяемая для решения разных видов задач.

Таблица 1. Степень точности

№ п/п	Категория	Значение	Область применения	Тип оборудования	
	Низкое разрешение	1 пиксель = 1000м	метеоспутники, геостационарные спутников, изображающиеся облачность, тепловая структура океана, крупнейшие структуры суши	включая с ресурсных где основные объекты -- вод океана, крупнейшие геологические структуры суши	сканерные и тепловые инфракрасные снимки
	Среднее разрешение	1 пиксель = 100 - 1000м	отображаются многие объекты, но в большинстве случаев не воспроизводятся	многие природные объекты, не воспроизводятся	сканерные и тепловые инфракрасные снимки



			связанные с хозяйственной деятельностью	
	Относительно высокое разрешение	1 пиксель = 30 – 100м	для решения оперативных задач и обзорного тематического картографирования	сканерные и тепловые инфракрасные снимки
	Снимки высокого разрешения	1 пиксель = 10-30м	используются для детального тематического картографирования.	фотографические, сканерные снимки с ресурсно-картографических и ресурсных спутников
	Снимки очень высокого разрешения	1 пиксель = 1-10 м	для решения задач топографического картографирования, отображается весь комплекс природных и хозяйственных объектов, включая населенные пункты и транспортные сети.	Снимки получают длиннофокусной фотографической и оптико-электронной сканерной аппаратурой, с картографических спутников
	Снимки сверхвысокого разрешения	1 пиксель = 0,3м - 1м	детально отображающие населенные пункты, промышленные, транспортные и другие хозяйственные объекты	снимки получают со специализированных спутников для детальной съемки и крупномасштабного топографического картографирования. К данной группе относится и весь огромный массив аэрофотоснимков.

Минимизация пространственных невязок может происходить при системном изменении значений уменьшении либо увеличении длин между реперными точками. Так на снимок равномерно накладывается сеть точек, каждая из которых имеет прямую привязку к местности через долготу и широту.

В случае, когда накладываемые отдельные снимки не образуют линий целостной структуры за счет искажения поверхности земли. То в таком случае опираясь на реперные точки изображения имея геодезическую привязку изменяются, расширяются либо наоборот уменьшаются. Соприкасаясь и образуя целостный снимок. Так система уравнений для минимизации невязки проводится в соответствии с алгоритмом (а).

Используя математический пакет Matlab или Maple, есть возможность в упрощенном варианте, численно решить следующую систему линейных неравенств на основе минимизации невязок исходной и альтернативной системы применяя алгоритм:

$$f(x) = \sum_{i=1}^m (b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j)^2 \min, \quad (a)$$

$$\text{где } \sum_{i=1}^m (b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j)^2$$

$a_{ij}$  – коэффициенты матрицы  $A$ ,  $i \in \{1, \dots, m\}$ ,  $j \in \{1, \dots, n\}$ .

$\bar{x}$  – Итоговый коэффициент изменения величин между реперными точками в матрице. Если  $f(\bar{x}) = 0$ , то  $\bar{x}$  – решение исходной системы без изменений. Если  $f(\bar{x}) \neq 0$ , то система несовместна.

Введя дополнительные переменные, составляющие вектор  $y : R^m$ , задачу можно представить в виде  $Ax + y = b$ ,

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (y_i)_+^2 \rightarrow \min$$

Оптимальное решение данной задачи составляют векторы  $\bar{x}$  и  $\bar{y} = b - A\bar{x}$ .

Так обозначив у вектор множителем Лагранжа ограничений.

Искажения, вызванные вращением и кривизной Земли и разверткой сканера, устраняются на этапе межотраслевой обработки на основе получаемых вместе с изображениями параметрических данных съемки и сканера с помощью специальных математических моделей [2].

Для ввода цифровых снимков в ГИС и совмещения их с профильными картами необходимо более существенное преобразование – трансформирование. При этом, для изображений равнинной поверхности и слабохолмистых участков в зависимости от параметров чаще всего достаточно двумерного трансформирования, позволяющего перевести «искаженную» плоскость цифрового изображения в проекцию топографической основы используемой ГИС, принятую за «истинную» [1, 3].

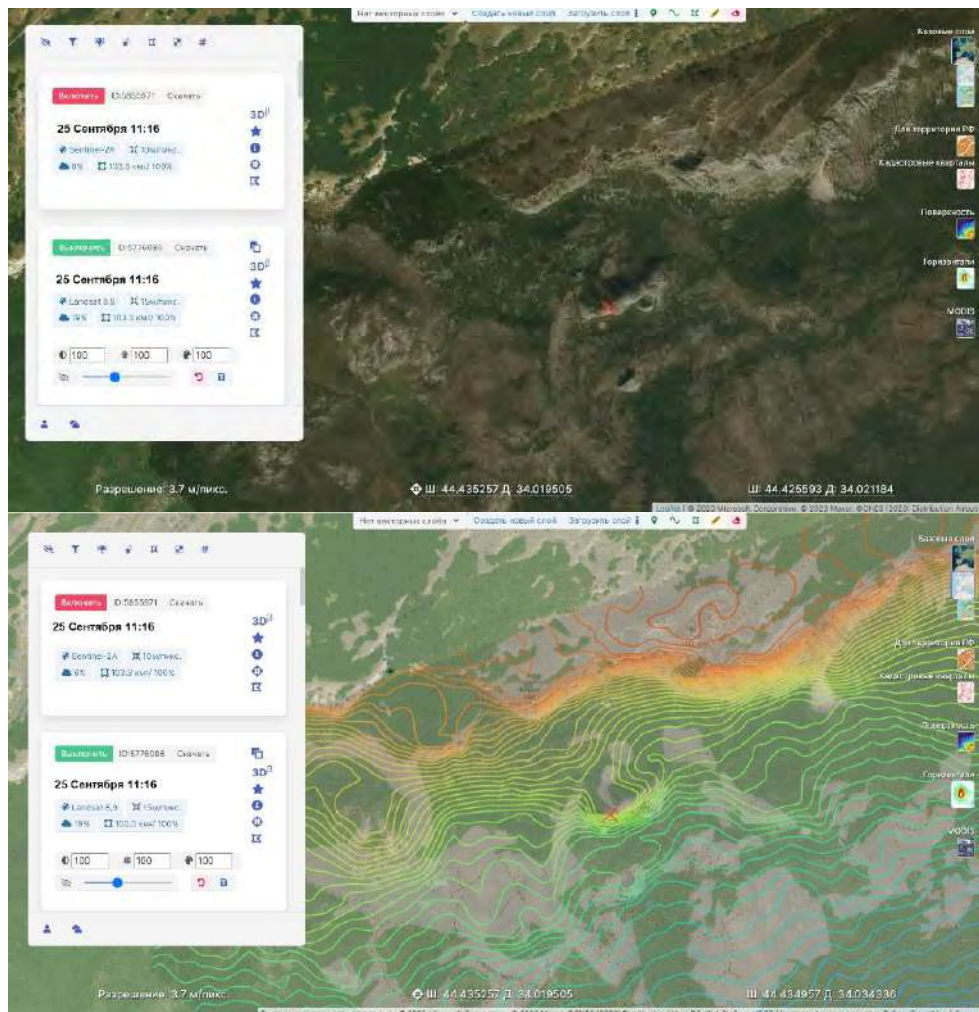


Рис. 2 Пример геометрической коррекции и трансформирования изображений участка леса расположенного на территории Ялтинского горно-природного заповедника недалеко от горной вершины Шаанкая. Снимок сделан с помощью ДЗЗEasy-Sat [4].

На рис. 2. представлена упрощенная система трансформации с нанесением изолиний с градацией от голубого до красного в соответствии с высотной поясностью.

К геометрической коррекции относится также пространственная привязка цифровых изображений к топографической карте с учетом влияния рельефа наблюдаемой местности. Искажения на снимках растут с увеличением изменчивости высот рельефа местности, при более широкой полосе захвата съемкой, а также с уменьшением высоты полета. У фотографических снимков они меньше, чем у сканерных и радиолокационных.

На практике при трансформировании снимков принято использовать полиномы не выше третьей степени [7], которые позволяют выполнить линейные и нелинейные преобразования координат. В то время как при трансформировании космических сканерных изображений, для учета сложных геометрических искажений, рекомендуется использовать полиномы высокого порядка, что требует знания координат большого количества опорных точек.

**Выводы.** В методах трансформирования, основанных на полиномиальной аппроксимации, для нахождения коэффициентов полиномов (а, б) используют координаты опорных точек эталонного снимка (наземных или снятых с карты). Эти точки представляют собой пиксели исходного изображения с известными выходными координатами. Для ООПТ Республики Крым целесообразно применять снимки очень высокого разрешения 1 пиксель: 1-10м. В то время как геометрическая коррекция осуществима методом множителя Лагранжа.

#### Библиографический список

1. Вдовин, А.И., Титов, С.С., Мурзинцев, П.П. Принципы создания растровых ГИС для широкого круга пользователей на основе цифровых топографических карт (ЦТК) / А.И. Вдовин, С.С.Титов, П.П.Мурзинцев // Гео-Сибирь. Новосибирск. 2019. Т. 1. № 2. С. 190-194.

2. Ергалиев, Д.С., Тулегулов, А.Д., Мусагулова, Ж.С., Нысанбаева, А.Б. Геометрические искажения геометрическая коррекция спутниковых снимков / Д.С. Ергалиев, А.Д. Тулегулов, Ж.С. Мусагулова, А.Б. Нысанбаева // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева. Астана. 2021. Т. 1. С. 359-361.

3. Заболотский, А.А. Использование открытого программного обеспечения для составления цифровых топографических карт и планов масштабов 1:500-1:10 000 на примере создания ГИС "Саблино" / А.А. Заболотский // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2022 № 4. С. 205-210.

4. <https://easy-sat.ru/user/> дата обращения 18.11.2023.

5. <https://innoter.com/sputniki/landsat-8/> дата обращения 26.11.2023.

6. [https://pikabu.ru/story/krivizna\\_gorizonta\\_ili\\_chno\\_takoe\\_geodezicheskaya\\_5702380](https://pikabu.ru/story/krivizna_gorizonta_ili_chno_takoe_geodezicheskaya_5702380) дата обращения 19.11.2023.

7. <https://stats.stackexchange.com/questions/549012/why-is-the-use-of-high-order-polynomials-for-regression-discouraged> дата обращения 25.11.2023.

## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ПЛАНТАЦИОННОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ ТОПОЛЕЙ

**Бойцов А.К., Зимирева В.С.**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: плантационное лесовыращивание, тополя, быстрорастущие породы, лесные плантации, Populus, лесосырьевые плантации.

Плантационное лесовыращивание тополей — важная отрасль лесного хозяйства и лесопромышленности, которая включает в себя выращивание тополевых деревьев на специально выделенных участках с целью получения древесины. Однако, как и любая другая деятельность, оно сталкивается с рядом проблем, которые требуют внимания и решения. Данная статья представляет собой обзор задач и предлагаемых решений плантационного лесовыращивания тополей. Среди рассмотренных проблем: оптимальный отбор сортов тополя для конкретных климатических и почвенных условий, вредители и болезни тополей, недостаток квалифицированных специалистов, управление водными ресурсами, устойчивость к изменению климата, монокультуры и потеря биоразнообразия, а также особенности неправильного планирования и управления. Решение этих вопросов требует совместных усилий со стороны научных исследований, плантаторов и государственных органов, чтобы обеспечить устойчивое и эффективное производство тополевой древесины.

## PROBLEMS AND SOLUTIONS OF PLANTATION POPLAR REFORESTATION

**Boytsov A.K., Zimireva V.S.**

St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, Saint Petersburg

Keywords: plantation reforestation, poplars, fast-growing species, forest plantations, Populus, timber plantations.

Plantation reforestation of poplars is an important branch of forestry and the timber industry, which includes the cultivation of poplar trees in specially designated areas in order to obtain wood. However, like any other activity, it faces a number of problems that require attention and solutions. This article is an overview of the problems and proposed solutions of plantation poplar reforestation. Among the problems considered are: optimal selection of poplar varieties for specific climatic and soil conditions, pests and diseases of poplars, lack of qualified specialists, water resources management, resistance to climate change, monocultures and loss of biodiversity, as well as problems of improper planning and management. Solving these problems requires joint efforts on the part of scientific research, planters and government agencies to ensure sustainable and efficient production of poplar wood.

**Введение.** Плантационное лесовыращивание тополей — это важная отрасль лесного хозяйства и лесопромышленности, которая включает в себя выращивание тополевых деревьев на специально выделенных участках с целью получения древесины.

Плантационное лесовыращивание тополей имеет несколько важных преимуществ:

1. **Быстрый рост:** Тополя известны своей высокой скоростью роста, что делает их отличным выбором для производства древесины в сравнении с другими видами деревьев [2, 6, 9, 11, 12, 14, 24, 27].

2. **Экологическая устойчивость:** Тополя могут расти на различных типах почв и не требуют интенсивного использования удобрений и пестицидов [1, 24].

3. **Уменьшение давления на природные леса:** Плантационное лесовыращивание тополей может снизить давление на природные леса, так как предоставляет альтернативный источник древесины [3, 5, 6, 17, 18, 23].

4. **Работа и экономическое развитие:** Плантации тополей создают рабочие места и способствуют экономическому развитию регионов, где они находятся [10].

5. **Смягчение климатических изменений:** Тополя способствуют уменьшению уровня углерода в атмосфере через процесс фотосинтеза [19, 26].

6. **Широкое применение:** Древесина тополей может использоваться в различных областях, включая строительство, производство бумаги и другие промышленные цели [4, 6, 12, 17, 27].

7. **Улучшение почвы:** После рубки тополей остатки корней могут улучшать структуру почвы, что положительно влияет на ее плодородность. Также улучшение почвы происходит в годы ускоренного лесовосстановления горельников [16], а обрезка тополей позволяет ускорить преобразование питательных веществ в почве [20].

8. **Продукция для биоэнергетики:** Тополь является отличным источником биомассы для производства биоэнергии, что способствует развитию возобновляемых источников энергии и снижению зависимости от ископаемых топлив [3, 4, 6, 8, 19].

9. **Борьба с эрозией почвы:** Плантации тополей способствуют укреплению почвы своими корнями, предотвращая эрозию, особенно на склонах и берегах водоемов [4, 17].

10. **Улучшение водных ресурсов:** Посадка тополей вдоль береговых линий водоемов способствует фильтрации воды и улучшению ее качества, а также поддержанию биоразнообразия в водных экосистемах [4, 13].

11. **Создание экологических коридоров:** Плантации тополей могут быть использованы для создания экологических коридоров, обеспечивая миграцию животных и сохраняя биоразнообразие.

12. **Исследования и инновации:** Плантационное лесовыращивание тополей стимулирует исследования в области селекции растений и методов выращивания (рис. 1), способствуя развитию лесного хозяйства и научных исследований [4, 6, 9, 11, 14, 24].

13. **Экологически чистые материалы:** Тополь предоставляет возможность для производства экологически чистых материалов, таких как биоразлагаемая упаковка, что способствует сокращению использования пластика и других вредных материалов.

14. **Содействие устойчивому развитию:** Плантации тополей могут быть важным элементом устойчивого развития, способствуя балансу между производством и сохранением природы, что является ключевым аспектом современных экологических и экономических стратегий [4, 5, 13, 20, 27].



А



Б

Рис. 1 Плантация тополя невского (*Populus× newesis* Bogd.) в Ленинградской области (культурам 50 лет).

Однако, как и любая другая деятельность, плантационное лесовыращивание тополей сталкивается с рядом проблем, которые требуют внимания и решений.

Данная статья представляет собой обзор проблем и предлагаемых решений плантационного лесовыращивания тополей.

### **Оптимальный отбор сортов тополя**

Одной из основных проблем в плантационном лесовыращивании тополей является отбор наиболее подходящих сортов для конкретных климатических и почвенных условий [2, 4, 8, 17]. Разные сорта тополя имеют разную скорость роста, устойчивость к болезням и вредителям, а также качество древесины [5, 6, 14]. Неправильный отбор сорта может привести к низкой урожайности и качеству древесины [24]. Для преодоления проблем плантационного лесовыращивания тополей необходимо внедрение устойчивых практик и технологий [4, 8, 17]. Это включает в себя отбор более устойчивых сортов тополя [5, 6, 11, 14].

На рисунке 2 представлена опытная плантация различных клонов гибридных тополей, разработанных в США, Германии, Швеции, Франции, Италии и гибридной осины, разработанной в Германии, где проводится отбор клонов на повышение продуктивности и устойчивости.



А



Б

Рис. 2 Десятилетние клоны гибридных тополей в Ленинградской области (11 сентября 2021 г.).

### **Болезни и вредители**

Еще одной проблемой является отсутствие эффективных методов борьбы с вредителями и болезнями, которые атакуют тополиные насаждения [2, 9, 22, 25]. Вредители, такие как тополевая тля (рис. 3Б), могут причинить значительный ущерб деревьям, что приводит к значительным убыткам из-за снижения урожайности и качества древесины, а такие болезни, как тополевая ржавчина (рис. 3А), могут привести даже к гибели растений.

Важной задачей для плантаторов является разработка сортов тополей, более устойчивых к вредителям и болезням [4, 5, 6, 9, 11, 17], своевременный контроль болезней и вредителей, а также обеспечение оптимальных условий для роста и развития тополей [22].



А

Б

Рис. 3 Болезни (А - ржавчина листьев тополя) и вредители тополей (Б – *Pemphigus spyrothecae* – тля, образующая галлы на черешке).

### **Недостаток квалифицированных специалистов**

Современное тополеводство сталкивается с проблемой недостатка квалифицированных специалистов [15, 25]. Растущий спрос на тополевую древесину требует большего количества работников, способных обеспечить эффективное выращивание и уход за насаждениями, а недостаток квалифицированных кадров в этой области может затруднить развитие отрасли [15, 25].

Решением является развитие образовательных программ и курсов, ориентированных на подготовку специалистов в области тополеводства. Это может включать университетские программы, курсы повышения квалификации и обучение на практике. Создание механизмов поощрения и мотивации для специалистов, работающих в тополеводстве, финансовые бонусы, возможности профессионального роста и развития карьеры. Установление связей с международными организациями и проведение обменов опытом с зарубежными специалистами для расширения знаний и улучшения навыков. Создание команд специалистов для проведения научных исследований и разработки инноваций в области тополеводства, а также внедрение современных средств автоматизации и мониторинга для повышения эффективности труда и уменьшения потребности в крупных трудовых ресурсах.

### **Управление водными ресурсами**

Тополя требуют достаточного доступа к воде для нормального роста [23, 27]. Проблемы с управлением водными ресурсами могут привести к засухам или избыточной влажности, что негативно сказывается на здоровье деревьев [22]. Во избежание проблем необходимо разработать эффективные системы полива и мониторинга влажности почвы [23, 24, 27].

### **Устойчивость к изменению климата**

Изменение климата может повлиять на рост и здоровье тополей [27]. Экстремальные погодные условия, такие как засухи [22], наводнения и бури, могут повредить плантации. Плантаторы должны адаптироваться к переменам в климатических условиях и принимать меры для устойчивости своих культур, что в который раз подчеркивает важность проведения систем агролесомелиоративных мероприятий [23, 26, 27].



### Монокультуры и потеря биоразнообразия

Плантационное лесовыращивание тополей может приводить к созданию монокультур, где выращиваются только определенные сорта тополей [21]. Это может вызвать потерю биоразнообразия в регионе [9], что может привести к повышению уровня уязвимости к вредителям и болезням, а местные виды растений и животных могут терять свои естественные места обитания.

Для решения проблемы монокультур в плантационном лесовыращивании тополей и сохранения биоразнообразия можно предпринять следующие шаги: введение смешанных посадок [21], когда при выращивании тополей можно сочетать различные сорта и виды деревьев, создавая таким образом многослойные лесные насаждения, что способствует сохранению биоразнообразия и созданию естественных мест обитания для разных видов растений и животных; создание экологических коридоров, где участки смешанных насаждений тополей и других деревьев могут быть объединены в экологические коридоры, которые облегчают движение и миграцию различных видов животных, помогая им находить новые места обитания; проведение исследований для выявления наиболее подходящих сортов тополей и деревьев для смешанных посадок.

На рисунке 4 представлены монокультуры тополя (*Populus alba* × *P. tremula*) в Слободзейском районе Молдавской республики. В районе расположения монокультур местными орнитологами было отмечено сокращение численности одних видов птиц и появление или увеличение численности других.



Рис. 4. Монокультуры тополя (*Populus alba* × *P. tremula*) в Слободзейском районе Молдавской республики.

### Устойчивое управление

Наконец, современное тополеводство сталкивается с проблемой неправильного планирования и управления [6, 18, 20]. Некоторые специалисты не уделяют достаточного внимания выбору места для выращивания и не проводят необходимые мероприятия по уходу за насаждениями [7, 8, 20, 23]. Это может привести к низкой выживаемости растений, неравномерному росту и низкой урожайности. Поэтому поддержание устойчивости плантационных лесов — это ключевая проблема, где оптимальное управление, включая ротацию вырубki и регенерацию, необходимы для



2. Багаев Е.С., Чудецкий А.И., Макаров С.С. Оценка возможности использования быстрорастущих форм осины для закладки лесосырьевых плантаций с коротким оборотом рубки // Лесохозяйственная информация. – 2023. – №. 1. – С. 55-67.

3. Биотопливо: возврат к прошлому или современный возобновляемый источник биоэнергии / А.П. Царев, Р.П. Царева, В.А. Царев, Е.Н. Милигула // Современные машины, оборудование и IT-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 17 июня 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 136-143. – DOI 10.34220/MMEITSIC2021\_136-143. – EDN SMKZAX.

4. Богданов П.Л. Тополя и их культура: монография. 2-е изд., перераб. М.: Лесная промышленность. 1965. 103 с.

5. Бойцов, А.К. Состояние экспериментальных клонов гибридной осины в культурах на северо-западе России / А.К. Бойцов, А.В. Жигунов, А.Д. Лукина, А.И. Бабич // Сохранение и рациональное использование биологических ресурсов в системе устойчивого лесопромышленного комплекса: материалы международной научно-практической конференции, Гомель, 27—29 сентября 2022 года. / Институт леса НАН Беларуси; редколлегия: А.И. Ковалевич [и др.]. – Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2022. – С. 219-222.

6. Гибридизация тополей / А.П. Царев, Р.П. Царева, В.А. Царев, П.М. Евлаков. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – 289 с. – ISBN 978-5-7994-0968-5. – EDN GYNJPV.

7. Жигунов А.В., Шабунин Д.А., Бутенко О.Ю. Лесные плантации триплоидной осины, созданные посадочным материалом *in vitro* // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – №. 4 (24). – С. 21-30.

8. Каирбаева, Б.С. Адаптация микрорастений древесных культур полученных *in vitro* к нестерильным условиям среды / Б.С. Каирбаева // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28 января 2020 года. – Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 14-18. – EDN LPKZZZ.

9. Макаров С.С. и др. Адаптация триплоидной осины к условиям *ex vitro* с применением гидропонной установки.

10. Машкина О.С. и др. Выращивание посадочного материала тополя белого (*Populus alba* L.) на основе коллекции *in vitro* и оценка его себестоимости // Лесотехнический журнал. – 2016. – Т. 6. – №. 1 (21). – С. 28-44.

11. Оценка перспективности использования клонов гибридных тополей и осины для плантационного лесовыращивания в условиях Северо-Запада России / А.К. Бойцов, А.В. Жигунов, А.А. Григорьев, А.С. Бондаренко // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы третьей международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 23–24 мая 2018 года / Под редакцией В.М. Гедьо. Том 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2018. – С. 40-43. – EDN XRQBLF.

12. Паничев, Г.П. Плантационное выращивание лесных ресурсов / Г.П. Паничев // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2014. – Т. 18, № 3. – С. 43-45. – EDNSFNIV.

13. Размножение переспективных гибридов тополя для озеленения / А.О. Сагитов, Н.С.у. Мухамадиев, Т.Т. Турдиев, Г.К. Низамдинова // Известия Ошского технологического университета. – 2019. – № 3. – С. 23-27. – EDN QORBYI.
14. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621592 Российская Федерация. Результаты десятилетних исследований оценки перспективности использования клонов гибридной осины и тополя в условиях Северо-Запада России: № 2023621148: заявл. 27.04.2023: опубл. 18.05.2023 / А.К. Бойцов, А.В. Жигунов, А.И. Бабич, А.С. Пригожаева; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова». – EDNAVAMDJ.
15. Сиволапов А.И. и др. Рекомендации по интенсивному выращиванию посадочного материала и созданию плантационных культур сортов тополя сереющего в Центрально-Черноземном районе. – 2012.
16. Сиволапов В.А. Плантационное лесоразведение быстрорастущих пород в лесостепи с использованием биотехнологии *in vitro* // Автореф. канд. наук. – 2012.
17. Царев, А.П. Сортоведение тополя / А.П. Царев. – Воронеж: Воронежски, 1985. – 152 с. – EDN UXUBGJ.
18. Chianucci F. et al. PRECISIONPOP: a multi-scale integrated system for hybrid poplar plantation monitoring // Precision agriculture'23. – Wageningen Academic Publishers, 2023. – С. 855-862.
19. Fuertes A. et al. Assessing the potential of poplar short rotation plantations to contribute to a low-carbon bioeconomy under water-limited conditions // Journal of Environmental Management. – 2023. – Т. 347. – С. 119062.
20. Huang K. et al. Effects of Pruning on Vegetation Growth and Soil Properties in Poplar Plantations // Forests. – 2023. – Т. 14. – №. 3. – С. 501.
21. Randriamananjara M. A., Fenton N. J., DesRochers A. How does understory vegetation diversity and composition differ between monocultures and mixed plantations of hybrid poplar and spruce? // Forest Ecology and Management. – 2023. – Т. 549. – С. 121434.
22. Sun Y. et al. Drought stress induced increase of fungi: bacteria ratio in a poplar plantation // Catena. – 2020. – Т. 193. – С. 104607.
23. Thiffault N. et al. Intensive mechanical site preparation to establish short rotation hybrid poplar plantations—A case-study in Québec, Canada // Forests. – 2020. – Т. 11. – №. 7. – С. 785.
24. Tomar A., Srivastav A. Populus deltoids Bartr. ex Marsh.-Clonal Plantations in Eastern Uttar Pradesh.
25. Villacide J.M. et al. Forest Health in the Southern Cone of America: State of the Art and Perspectives on Regional Efforts // Forests. – 2023. – Т. 14. – №. 4. – С. 756.
26. Wang Z. et al. Biomass production and carbon stocks in poplar-crop agroforestry chronosequence in subtropical central China // Plants. – 2023. – Т. 12. – №. 13. – С. 2451.
27. Xi B. et al. Irrigation management in poplar (*Populus spp.*) plantations: A review // Forest Ecology and Management. – 2021. – Т. 494. – С. 119330.

## АРХИТЕКТУРА ДАЧНОГО ДЕРЕВЯННОГО ДОМА КОНЦА XIX ВЕКА В ОКРЕСТНОСТЯХ ПЕТЕРБУРГА: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И БИБЛИОГРАФИЯ

Крылова А.А.<sup>1</sup>, Мартиросова Э.Р.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Санкт-Петербургская академия художеств имени И.Е. Репина, Санкт-Петербург

Ключевые слова: архитектура, культурное наследие, деревянный дом.

В статье дается обзор литературы на тему дачного деревянного дома в окрестностях Санкт-Петербурга; затрагиваются проблемы изучения дач Г.А. Лесснера, Л.И. Крона, А.А.Грубе.

## ARCHITECTURE OF A WOODEN COUNTRY HOUSE OF THE END OF THE 19TH CENTURY IN THE SURROUNDINGS OF ST. PETERSBURG: HISTORY OF THE STUDY AND BIBLIOGRAPHY

Krylova A.A.<sup>1</sup>, Martirosova E.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, Saint Petersburg

<sup>2</sup>St. Petersburg Academy of Arts named after I.E. Repin, St. Petersburg

Key words: architecture, cultural heritage, wooden houses.

The article provides an overview of the literature on the topic of a wooden country house («dacha») in the surroundings of St. Petersburg; The problems of studying the dachas of G.A. Lessner, L.I. Kron, A.A. Grube are touched upon.

Архитектура загородного дачного дома конца XIX века в окрестностях Петербурга – исчезающая часть истории, культурное наследие, без которого будет неполной не только картина жизни состоятельного петербуржца конца XIX века, но и история русской архитектуры последней трети XIX – начала XX века.

Изучение загородного дачного дома этого периода истории архитектуры Петербурга особенно актуально также по следующей причине –рассматриваемым сооружениям более 150 лет. Многие из них поставлены на государственный учёт в качестве подлежащего охране культурного достояния. Это очень важная часть культурнойпамяти. Охрана не только отдельных памятников, но и дачной застройки в окрестностях Санкт-Петербурга необходима для представления о культурном наследии, для сохранения их самобытных черт. Мы – одни из тех, кто может увидеть, запечатлеть, изучить, передать это уникальное с архитектурной и исторической точки зрения явление.

Дискуссии о консервации и реставрации исторических деревянных дач в окрестностях Петербурга ведутся на протяжении уже не одного десятилетия. Недавно состоялся круглый стол в медицентре «На Марсовом поле» с заставляющим обратить на себя внимание и отнюдь не внушающим надежды названием: «Почти утраченное наследие: можно ли спасти деревянные дачи Петербурга?»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Круглый стол «Почти утраченное наследие: можно ли спасти деревянные дачи Петербурга?» – 25 августа 2023. Видеозапись доступна по ссылке: <https://www.youtube.com/watch?v=YoXllbWHGsY>

Также в контексте данной темы хотелось бы упомянуть несколько выставочных проектов последних лет, где затрагивалась тема сохранения и реновации архитектурных памятников, которым грозит исчезновение. В рамках проекта «Арт-резиденция»<sup>2</sup> проходила выставка «Гранд-Пленэр» главной темой которой была дача М. Бенуа (28.04-14.05 2022).

Выставка «Над скукой загородных дач», посвящённая современному прочтению дач в фотографии, проходила в библиотеке №4 Приморского района (с 21.06 - .21.07.2022), экспозиция представляла архитектурное наследие Ленинградской области в дереве.

Запоминающиеся выставочные проекты были организованы в Шуваловском парке. Выставка «Шуваловский парк» представляла 32 оригинальные фотографии Я. Лебедева и А. Крылова, отразившие все уголки парка середины прошлого века (18.04.2021). Одна из самых интересных выставок – постоянная экспозиция «Реставрация Шуваловского парка» в Большом дворце Воронцовой-Дашковой. В ней представлены фотографии и документы. Частью постоянной экспозиции является выставка «Под тёмным зелени навесом». Это лирические акварели петербургского художника-реставратора монументальной живописи Государственного Эрмитажа Марии Жервэ, связанные с Шуваловским парком.

Выставка, посвященная даче Месмахера «Жёлтая дача», представляет исторические документы, фотографии дачи, сделанные в разное время, которые сопровождаются текстом первого научного исследователя творчества архитектора Максимилиана Месмахера – Т. Е. Тыжненко. (24.12. 2020).

Постоянная экспозиция, представляющая концепцию по восстановлению комплекса дач деревни Бобыльская, располагается на первом этаже дачи М. Бенуа. Концепция разработана М. Светловой (выпускницей ООП «Дизайн среды», СПбГУ, 2019), идут работы над проектом по реставрации и возрождению трёх дач: М. Бенуа, Л. Крона, А. Грубе, находящихся на берегу Финского залива.

Несмотря на пристальное внимание со стороны защитников культурного наследия, в научной литературе данная тема ещё не заняла полагающееся ей достойное место.

В отличие от основных теоретических проблем архитектуры последней трети XIX–начала XX века, получивших в искусствоведческой литературе объемное освещение (главным образом на примерах Санкт-Петербурга и Москвы), вопросы, касающиеся дачной архитектуры, не удостоены должного внимания. В настоящее время отсутствуют монографии, посвящённые комплексному краеведческому, историческому, искусствоведческому изучению особенностей архитектуры загородных домов петербуржцев конца XIX века.

Не систематизированы и не обобщены архивные данные, касающиеся отдельных, особенно выразительных с точки зрения архитектурных решений, дач. Во многом это объясняется сохраняющимся до сих пор отношением к архитектуре загородной постройки как к чему-то творчески вторичному.

Изучению феномена архитектуры конца XIX – начала XX века посвящены обобщающие труды выдающихся исследователей: Б.М. Кирикова [6], А.Л. Пунина [11],

---

<sup>2</sup>«Арт – резиденция» – концепция, над которой работают студенты СПбГУ под руководством Евгении Павловны Петрашень – старшего преподавателя кафедры дизайна факультета искусств СПбГУ. В проект ревитализации дачного комплекса в Петергофе на берегу Финского залива вошли дачи М.Н. Бенуа, А.А. Грубе и Л.И. Крона. Новый проект преобразует дачный комплекс для творческой молодежи с выставочными площадками, мастерскими, кафе.

В.Г. Лисовского [8, 9]. В работах историков архитектуры рассмотрены причины появления нового стиля загородного строительства, некоторые особенности дачной архитектуры XIX – начала XX века.

Очевидна связь между отечественным деревянным домостроением в XVIII, в XIX и начале XX века. Профессор В.Г. Лисовский называет эти столетия «золотым временем деревянной архитектуры», когда «строили много и разнообразно». Представленные им материалы рассказывают о тенденциях в развитии деревянного домостроения, архитектурных стилях и направлениях, господствующих в этой области.

В книге В.Г. Лисовского «Деревянный дом: история и архитектура» [9] читателю представлены очерки о деревянном зодчестве нескольких исторических эпох, не обойден вниманием и рассматриваемый нами период. Книга богато иллюстрирована архивными фотографиями, планами и чертежами, благодаря чему, по словам автора, передаётся «поэтика деревянных построек».

Большой объем справочной информации содержится в историко- архитектурном путеводителе С. Горбатенко [4] Книга посвящена истории и сегодняшнему состоянию Петергофской дороги, на которой располагались некоторые знаменитые дачи. В издание включены известные на сегодняшний день исторические сведения, географические материалы, карты, схемы, обзор литературы.

О месте дач как наследниц русских дворянских усадеб в отечественной истории и культуре можно прочесть в сборнике «Архитектура русской усадьбы» под редакцией Н.Ф. Гуляницкого [2].

Помимо трудов историков архитектуры, довольно большой пласт литературы – работы краеведческой направленности. Исследователи архитектуры часто ссылаются на известного петербургского краеведа Г.И. Зуева [5]. В его книгах представлены редкие снимки, переписки, документы, хранящиеся в семейных архивах.

Среди деревянных домов рассматриваемого периода хотелось бы особо выделить шесть построек: дача М.Н. Бенуа (рис.1), Г.Е. Месмахера (рис. 2,3), Г.А. Лесснера, (рис. 4,5), А.А. Грубе и две дачи Л.И. Крона. Все они объединены, такими характерными чертами своего времени, как асимметричность, антиклассическое решение, сочетание комфорта и романтичности, эклектичность, «вписанность» в ландшафт, строительный материал (дерево), этнические мотивы (стремление архитектора к фантазии на народные темы), рационалистические тенденции, обилие и разнообразие декоративных элементов.

Благодаря Т.Е. Тыжненко [12], занимающейся архитектурным наследием знаменитого петербургского зодчего – Максимилиана Егоровича Месмахера, есть довольно полный анализ дачи Месмахера или Жёлтой дачи, построенной в Шуваловском парке. Дача также изучалась краеведом Е.М. Александровой [1], которая изложила современную историю этой замечательной постройки.

Биографию и творчество представителя знаменитой династии Бенуа – Леонтия Николаевича Бенуа, архитектора упомянутой дачи, спроектированной для его брата Михаила, можно изучить по перепискам и запискам [3, 7] что позволяет приблизиться к пониманию замыслов архитектора, ощутить дух его эпохи. О Леонтии Бенуа существует большое количество монографий и статей, число которых с каждым годом увеличивается. Как особую заслугу архитектора стоит отметить «вписанность» его дачных построек в окружающую среду, связь с ландшафтным окружением. Этой редкой теме посвящена статья Е.П. Петрашень [10], в которой автор также даёт современную оценку дачных ландшафтов в эпоху урбанизации.



Рис. 1. Дача М. Н. Бенуа. Архитектор Л.Н. Бенуа. Годы постройки: 1890 – 1892. Южный фасад. Фотография Эмили Мартиросовой. 2022 г.



Рис. 2. Дача Георгия Егоровича Месмахера. Архитектор: Максимилиан Егорович Месмахер. Годы постройки: 1870 – 1902. Восточный фасад. Фотография Эмили Мартиросовой. 2022 год.





Рис. 3. Дача Георгия Егоровича Месмахера. Флюгер с инициалами владельца и годом постройки. Фотография Эмили Мартиросовой. 2022 год.



Рис.4. Дача Г.А. Лесснера. Архитектор неизвестен. Годы постройки: 1877 – 1893. Вид на главный фасад, смотровую башню и веранду с юго-запада. Фотография Эмили Мартиросовой. 2022 год.



Рис.5 Дача Г.А. Лесснера. Детали резьбы. Фотография Эмилии Мартиросовой. 2021 год.

В целом можно констатировать, что архитектура загородного дачного дома конца XIX века в окрестностях Петербурга изучена еще недостаточно: обнаруживается очень много пробелов, несостыковок, ошибок в различных источниках. Например, о даче Г.А. Лесснера, находящейся на территории Суздальских озер, почти ничего неизвестно. В некоторых случаях точные годы строительства, а порой даже имя архитектора остаются не установленными.

Так, неизвестны архитекторы дачи Г.А. Лесснера (Озерки, Варваринская ул., 12) и дачи Л.И. Крона (г. Петергоф, Приморская ул. 8, корп. 2). В случае с дачей А.А. Грубе авторство под вопросом: полагают, что владелец дачи, будучи архитектором, спроектировал деревянный дом самостоятельно. Однако годы строительства дачи: 1890-1892, а значит, на момент начала возведения постройки Артуру Александровичу Грубе (1874-1942), было только 16 лет.

В случае с дачами купца и промышленника Людвиг Ивановича Крона в литературе произошла путаница. У Л.И. Крона было две дачи: одна в Бобьльском (ныне г. Петергоф, Приморская ул., 8, к.2), 1892 года постройки, а вторая – построенная годом позже, т.е. в 1893 году, дача родителей на Ораниенбаумском проспекте (адрес часто указывают: г. Петергоф, Собственный пр., 15, но на самом деле дача стояла на Ораниенбаумском проспекте, номер дома неизвестен). Вторая, «родительская», дача Крона до наших дней, к сожалению, не сохранилась, но доподлинно известно, что её

архитектором был Л.Н. Бенуа. Иногда в литературе и первую дачу также относят к постройкам, выполненным Бенуа, хотя достоверных данных на этот счёт нет.

К сожалению, ни одна из упомянутых дач не проходила реставрацию. Проблема охраны архитектурного наследия неотделима от проблем выбора исторически и культурно обоснованных решений по реконструкции и реновации памятников, приспособления их под современные функции без нанесения ущерба художественно-композиционной ценности.

Тема архитектуры загородного дачного дома конца XIX века, несомненно, требует более детального, глубокого, многопланового взгляда. Помимо выяснения и уточнения справочных сведений о конкретных постройках, следует подробно проанализировать их архитектурные замыслы и решения. Вот вопросы, на которые также предстоит осветить в рамках комплексных историко-архитектурных исследований старинных петербургских деревянных дач: сравнить варианты градостроительной планировки, размещения построек в пространстве, а также объемно-пространственных композиций здания во взаимосвязи с ландшафтной средой; найти типовые и уникальные элементы; рассмотреть постройки в контексте вопросов о стилистике дачной архитектуры и особенностях дачи как типа дома.

#### Библиографический список

1. Александрова, Е.Л. Северные окрестности Петербурга: историческое прошлое. Санкт-Петербург: Лики России, 2008
2. Архитектура русской усадьбы. // Под общ. ред. чл.-кор. РААСН Н.Ф. Гуляницкого. М.: Наука, 1998.
3. Бенуа, Л.Н. Записки о моей деятельности М.; СПб.: Невский архив, 1993.
4. Горбатенко, С. Б. Петергофская дорога: историко-архитектурный путеводитель. Санкт-Петербург: Историческая иллюстрация, 2013.
5. Зуев, Г.И. У трех Суздальских озер. Москва: Центрполиграф ; Санкт-Петербург: Русская тройка-СПб, 2011.
6. Кириков, Б.М. Архитектура петербургского модерна. Особняки и доходные дома. Санкт-Петербург: Коло, 2008.
7. Леонтий Бенуа и его время. // Материалы конференции (16-17 октября 2006 г.). СПб: ГНИИ «Институт истории искусств», 2008.
8. Лисовский, В.Г. Северный модерн: национально-романтическое направление в архитектуре стран Балтийского моря на рубеже XIX и XX веков. Санкт-Петербург: Коло, 2016.
9. Лисовский, В.Г. Деревянный дом: история и архитектура. Санкт-Петербург: НОНКА: Росса Рекенне, 2009.
10. Петрашень, Е. П. Приморские дачи Петергофа // Водные ландшафты в эпоху урбанизации, экологии, менеджмента. Под ред. М. Игнатъевой, И. Мельничук. - Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2013.
11. Пунин, А.Л. Архитектура Петербурга середины и второй половины XIX века. Санкт-Петербург: Крига, 2009.
12. Тыжненко, Т.Е. Максимилиан Месмахер. Л.: Лениздат, 1984.

## **ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНО-ЗЕЛЁНОГО ГОРОДСКОГО КАРКАСА**

**Маркин А.А., Куприянова А.Г.**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: ландшафтная архитектура, водно-зелёный городской каркас, принципы, градостроительство.

В статье рассматриваются пять принципов формирования ВЗГК и факторы, определяющие каждый из них для проектирования экологичных, устойчивых и комфортных городов.

### **PRINCIPLES FOR FORMING A WATER-GREEN URBAN FRAMEWORK**

**Markin A.A., Kuprianova A.G.**

St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, Saint Petersburg

Key words: landscape architecture, water-green urban frame, principles, urban planning.

The article discusses the five principles of the formation of the VZGK and the factors determining each of them for the design of environmentally friendly, sustainable and comfortable cities.

Данное исследование является частью магистерской выпускной квалификационной работы, в рамках которой изучался вопрос формирования ВЗГК на основе анализа сложившихся теоретических принципов и практических подходов с апробированием полученных аналитических результатов на примере города Колпино.

Актуальность исследования определена отдельными положениями международных и локальных (региональных) документов территориального развития городов, в том числе: «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» [12], «Формирования комфортной городской среды» [6], «Стратегия социально-экономического развития г. Санкт-Петербург до 2035 года» [4].

Одним из решений задач, поставленных в перечисленных документах, по формированию комфортной среды в городах может быть развитие устойчивого водно-зелёного городского каркаса.

Организация системы насаждений в структуре города является, по сути, междисциплинарным вопросом, который изучался с XX века по настоящее время специалистами смежных дисциплин, таких как градостроительство, ландшафтная архитектура, география, архитектура, экономика, социология, экология и пр.

На сегодняшний день термин водно-зелёный городской каркас (далее – ВЗГК) предложен Минстроем РФ, и имеет следующую трактовку: «...это совокупность городских территорий с зелёными насаждениями и водными объектами. Основная задача каркаса – обеспечение комфорта и создание рекреационных зон, микроклимата города, улучшение окружающей среды» [7].

Такое понимание термина позволяет выявить структуру ВЗГК с разделением объектов по территориальному признаку: внутригородские (находящихся в пределах административных границ города, в застройке) и внегородские объекты (расположенные за пределами городской застройки, в пригородной зоне) [9]. В то же

время, ВЗГК представляет собой систему элементов, обладающих самостоятельными характеристиками и приемами управления (см. рис. 1).



Рис. 1. Древовидная схема структуры водно-зелёного городского каркаса

В исследованиях XX века были обобщены приёмы конфигурации зелёного городского каркаса. Так, В.М. Пивкин и Л.Н. Чиндяева разработали классификацию типов ЗК в зависимости от организации системы зелёных насаждений (рис. 2) [10]. Однако, данные схемы не совсем полно отвечают на вопрос какие факторы и какие принципы лежат в основе формирования того или иного типа зеленого каркаса.

В данной исследовательской работе была поставлена цель: выявить принципы формирования водно-зелёного городского каркаса.

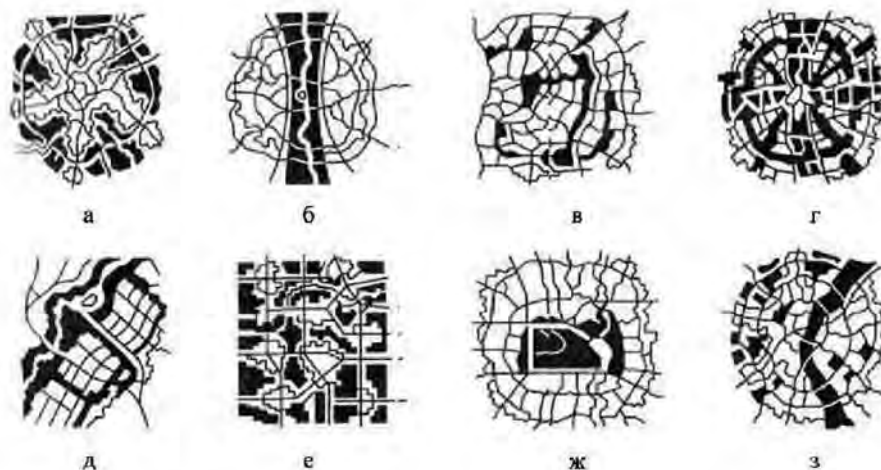


Рис. 2. Типы зелёных каркасов города: а — система зелёных клиньев, б — водно-зелёный диаметр, в — система зелёных пятен, г — радиально-кольцевая система, д — линейно-полосовая система, е — единая парковая среда с островами застройки, ж — компактная центрическая система, з — комбинированная система [10]

Анализ исследований отечественных ученых, Боговой И.О., Горохова В.А., Вергунова А.П., Краснощёковой Н.С., Теодоронского В.С., показал, что несмотря на расхождения в наименованиях системы водно-зеленых объектов, выявленные

специалистами принципы формирования схожи и сводятся к 9 основным положениям: равномерность, единая система, взаимосвязь, охрана природы, функциональность, непрерывность, поляризация, соответствие ландшафту, развитие.

Зарубежные авторы, такие как: *Wenche E. Dramstad, James D. Olson, Richard T.T. Forman, Larry D. Harris* и *Martin Prominski* затрагивали иные аспекты формирования комфортной среды и сформулировали следующие принципы: связность, контекст, научность, практичность, сохранение и развитие экосистемы, правомерность, экономичность, полезность, экосистемные услуги, стратегия.

Сопоставление результатов исследований отечественных и зарубежных авторов выявило как близкие по формулировкам подходы, так и кардинально отличающиеся представления о формировании ВЗГК. Предложенные в настоящей работе принципы опираются на анализ и обобщение сложившихся формулировок в рамках объективных требований: они должны быть: неповторяемы, структурированы, взаимодополняющие и не противоречащие друг другу.

Таким образом, были сформулированы следующие принципы: иерархичность, функциональность, целостность, экономичность и управляемость. Рассмотрим каждый принцип в отдельности.

Принцип иерархичности определяется площадью и расположением объекта ландшафтной архитектуры (далее – ОЛА) в городской структуре. Каждый ОЛА имеет свою типологическую площадную разницу, к примеру: сквер – до 1 га, парк – 10 до 50 га [9] (табл. 1).

Таблица 1. Принцип иерархичности

Объекты ландшафтной архитектуры	S, га[5]	Тип каркаса
Сквер	до 1	Внутренний
Городской сад	1...3	
Парк	10...50	
Лесопарк	100...1000	Внешний
Городской лес	1000 и более	
Лес		

Разделение объектов по расположению во внутреннем и внешнем каркасе зависит от площадных характеристик, что отображено на графике (рис.3). Особенностью внутреннего каркаса является преобладание площадей застройки над Зелёными насаждениями.

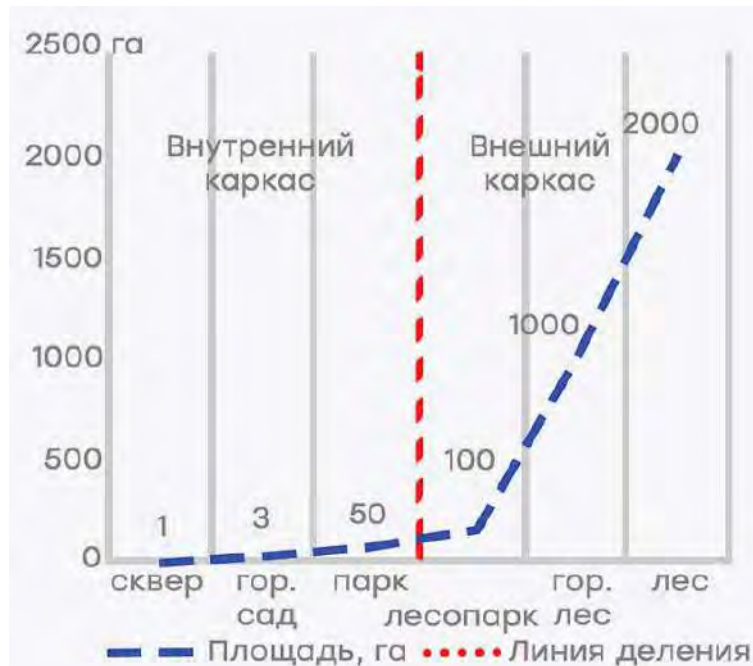


Рис. 3. График иерархичности объектов ландшафтной архитектуры в ВЗГК

Принцип функциональности определяется зависимостью между показателем рекреационной нагрузки на ОЛА и классом устойчивости насаждений и делит объекты на два типа: рекреационный и оздоровительный (табл. 2). В целом. Отмечается неравномерность распределения рекреационной нагрузки на объектах ВЗГК: наибольшая приходится на скверы, расположенные в городской застройке, находящиеся в шаговой доступности и активно посещаемые. Удаленность лесопарков и городских лесов от жилых зон обуславливает снижение рекреационной нагрузки и позволяет отнести эти объекты к оздоровительному типу функции.

Таблица 2. Принцип функциональности

Объекты ландшафтной архитектуры	Рекреационная нагрузка, чел/га [7]	Класс устойчивости насаждений [8]	Тип функции
Сквер	300	I	Рекреационный
Городской сад	200	II	
Парк	100	III	
Лесопарк	10	IV	Оздоровительный
Городской лес	5	V	
Лес	—		

При этом, класс устойчивости насаждений и рекреационная нагрузка находятся в прямой пропорциональной зависимости: чем больше показатель рекреационной нагрузки, тем выше класс устойчивости насаждений. В то же время, уменьшение площади ОЛА, приводит к снижению способности насаждений к самовосстановлению [8] (рис. 4).

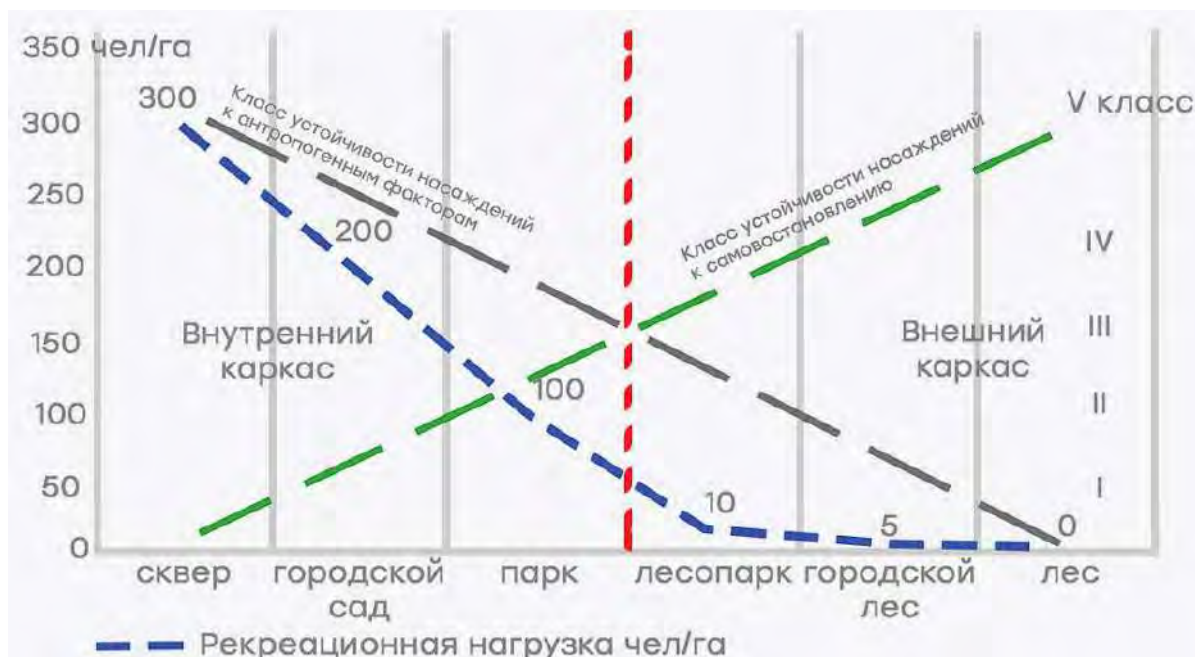


Рис. 4. График функциональности объектов ландшафтной архитектуры в ВЗГК

Принцип целостности, в данном исследовании, предлагается рассматривать в двух аспектах: доступность и связность, где доступность рассматривается как антропогенная целостность каркаса, а связность – сугубо природный характер каркаса. Таким образом, доступность и связность рассматриваются как два вида целостности и определяют радиус обслуживания и ареал воздействия соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Принцип целостности

Объекты ландшафтной архитектуры	Радиус обслуживания, м [5]	Ареал воздействия, м [5, 9]	Вид целостности
Сквер	500	50...200	Доступность
Городской сад	500...1000		
Парк	1000...1500		
Лесопарк	6000...9000	500...1000	Связность
Городской лес	—	1000...1500	
Лес	—	2000...2500	

Если ОЛА располагается в городской структуре, а именно: сквер, городской сад и парк, тогда для людей приоритетна шаговая доступность до каждого объекта, и целостность ВЗГК определяется радиусом обслуживания. Для объектов, расположенных во внешнем каркасе, таких как лесопарк, городской лес и лес, ареалы воздействия перекрываются, и целостность ВЗГК обеспечивается связностью.

Расположение ОЛА в системе насаждений различается в зависимости от принадлежности к внутреннему или внешнему каркасу, и характеризуется дисперсным или сплошным типом целостности. Таким образом, принцип целостности может быть реализован как на основе дисперсного, так и сплошного типа за счет выбора конфигурации и параметров ОЛА (табл. 4).



Таблица 4. Минимальные размеры элементов целостности ВЗГК

ВЗГК	Вид целостности	Тип целостности	
		Дисперсный	Сплошной
Зелёный каркас	Доступность	Сквер, городской сад, парк (S от типологии) [5]	Бульвар (шириной от 18 до 30 м) [9]
	Связность	Лесопарк, городской лес, лес и лесной массив (steppingstones) (не менее 9 га (10 га)) [10]	Экологический коридор (шириной не менее 300 м) [10]
Водный каркас	Доступность	Набережная (от 50 до 200 м) [11]	
	Связность	Озеро, водоём, пруд, болото (50 или 200 м) [11]	Река, ручей и канал (50, 100 или 200 м) [11]

Принцип экономичности предлагается рассматриваться как зависимость процента площади покрытий от капитальных вложений в строительство ОЛА: капитальные вложения в строительстве прямо пропорциональны площади покрытий [9, 3]. Общая закономерность в организации ОЛА проявляется в зависимости: чем больше площадь объекта, тем меньше доля покрытий. При этом финансирование строительства ОЛА зачастую зависит от статуса и величины объекта, так малые по площади ОЛА чаще оплачиваются за счёт местного или регионального бюджета, а большие по площади ОЛА – из федерального или регионального (табл. 5).

Таблица 5. Принцип экономичности

Объекты ландшафтной архитектуры	Покрытия от Собщ, %[5]	Капитальные вложения в тыс. руб/га*, ** [12]	Уровень вложений
Сквер	20...40 (50)	~61 000	Местный (частично региональный и федеральный)
Городской сад	30...40	~48 800	
Парк	20...30	~42 700	
Лесопарк	3...6	~4 270	Федеральный (частично местный и региональный)
Городской лес	—	—	
Лес	—	—	

\*k=610,875 – коэффициент перевода на сегодняшние цены (на 1.04.2023 г.)

\*\*k=10 – поправочный коэффициент (на 1.04.2023 г.)

График наглядно иллюстрирует зависимость величины капиталовложений от площади объекта и, соответственно, от расположения во внешнем или внутреннем каркасе зеленых насаждений пересечением полиномиальных линий тренда площади покрытий и капитальных вложений (рис. 5).

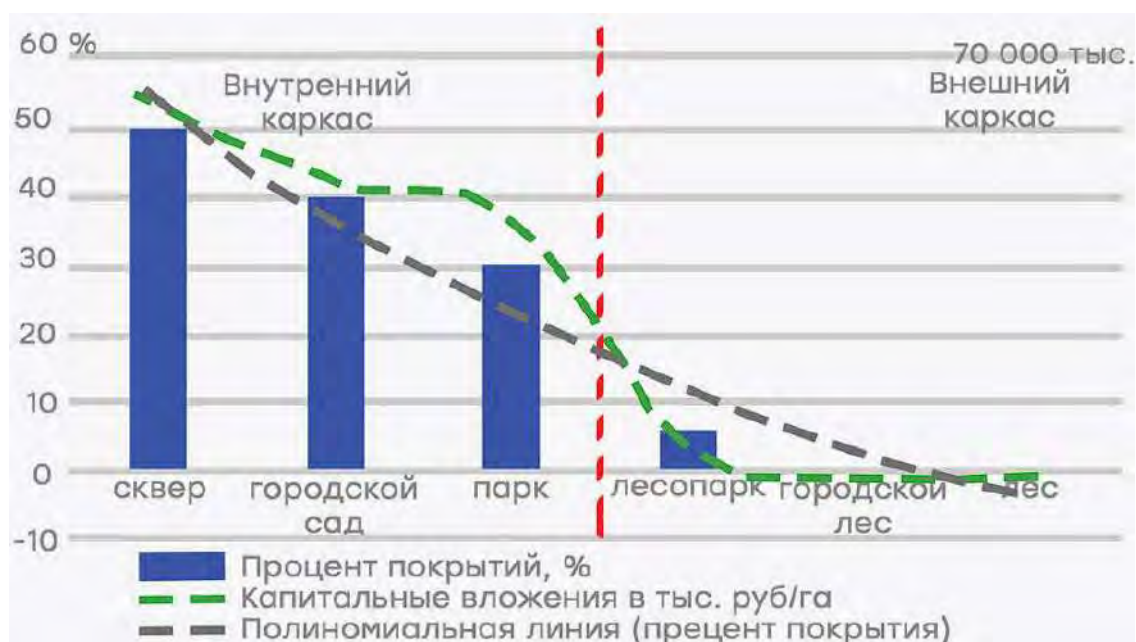


Рис. 5. Диаграмма зависимости процента покрытий и капитальных вложений

Принцип управления определяет зависимость между типом ОЛА и статусом защиты, а также типом уполномоченных органов, в ведении которых находятся данные ОЛА. Малые по площади объекты чаще имеют статус зелёных насаждений общего пользования (далее – ЗНОП) и управляются муниципальными образованиями, комитетом по благоустройству и другими правительственными органами (табл. 6). Большие по площади объекты чаще имеют статус ООПТ или государственных природных заказников (табл. 6). Тем самым, это подтверждает деление объектов на внешний и внутренний каркас ВЗГК.

Таблица 6. Принцип управления

Объекты ландшафтной архитектуры	Статус защиты	Уполномоченный органы правительства СПб и ЛО
Сквер	ЗНОП мест. знач.	МО
	ЗНОП гор.знач.	КБ, УСПХ, СПП, КГИОП
Городской сад	ЗНОП гор.знач.	КБ, УСПХ, СПП, КГИОП
Парк	ЗНОП гор.знач.	КБ, УСПХ, СПП, КГИОП, КПП ООС и ОБЭБ
Лесопарк	ООПТ, ГПЗ рег. знач	КБ, УСПХ, СПП, КГИОП, Государственное казенное учреждение "Дирекция особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга", КПП ООС и ОБЭБ
Городской лес	ООПТ, Лесничество, ГПЗ рег. знач	Рослесхоз, Минприроды РФ, ГЗУ "Дирекция ООПТ Санкт-Петербурга", КПП ООС и ОБЭБ
Лес	ООПТ, Лесничество, ГПЗ рег. знач	Рослесхоз, Минприроды РФ, ГЗУ "Дирекция ООПТ Санкт-Петербурга", КПП ООС и ОБЭБ

На основе сформулированных принципов был разработан мастер-план развития ВЗГК агломерации Колпинского района Санкт-Петербурга (рис. 6). Предварительно был выполнен анализ состояния каркаса по системе бальной оценки по каждому из сформулированных принципов формирования ВЗГК (рис. 7).

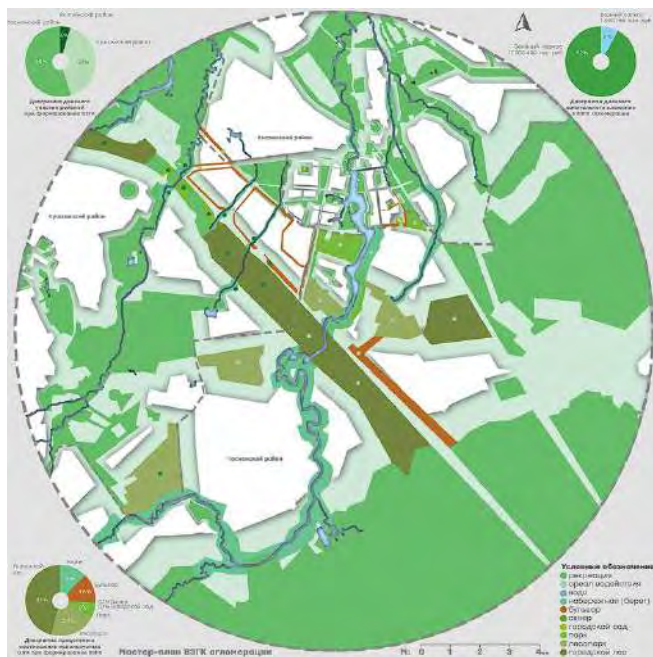


Рис. 6. Мастер-план ВЗГК агломерации Колпинского района



Рис. 7. Бальная система оценки состояния ВЗГК

В заключение необходимо отметить, что каждый из сформулированных принципов неповторим, структурирован и не противоречит другим. Предложенная система принципов формирования ВЗГК может использоваться как для концептуального проектирования генерального и мастер плана ВЗГК городов, так и для оценки состояния ВЗГК. Полученные результаты могут лечь в основу дальнейших междисциплинарных исследований для практического решения задачи формирования устойчивых и комфортных городов.

#### Библиографический список

1. Вергунов А.П., Денисов М.Ф., Ожегов С.С. Ландшафтное проектирование: Учеб. пособие для вузов по спец. «Архитектура». – М.: Высш. шк., 1991. – 240 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 года № 201-ФЗ (ред. 1. 09. 2023) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901982862>.
3. Давидович, В.Г. Планировка городов и районов: Инженерно-экономические основы: учеб. для инж.-экон. и архит. ин-тов. – 2-е изд., перераб. – М.: Стройиздат, 1964. – 326 с.
4. Закон Санкт-Петербурга «О Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года» (с изменениями на 26 ноября 2020 года) – URL: <https://gclnk.com/U7IYrV1z> (дата обращения: 14.08.2023)
5. Колбовский Е.Ю. Ландшафтное планирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с
6. Минстрой России. Федеральный проект «Формирования комфортной городской среды» - URL: <https://minstroyrf.gov.ru/trades/zhilishno-kommunalnoe-hozyajstvo/strategicheskoe-napravlenie-razvitiya-zhkkh-i-gorodskaya-sreda/> (дата обращения: 12.08.2023).

7. Минстрой России. Подведены итоги первого года работы российско-французского проекта «Водно-зеленый городской каркас» - URL: <https://gclnk.com/2uXwB8W6> (дата обращения: 14.01.2023).

8. Рекомендации по изысканиям и проектированию лесопарков ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ЛЕСУ ПРИКАЗ от 16 декабря 1982 года УТВЕРЖДЕНЫ Гослесхозом СССР 16 декабря 1982 года

9. Теодорский В.С., Боговая И.О. Объекты ландшафтной архитектуры: Учебное пособие для студентов спец. 260500. – М.: МГУЛ, 2003. – 300 с.

10. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды: Учеб. для вузов. Спец. «Архитектура». – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

11. Karen E. Firehock, Chapter Seven by R. Andrew Walker. STRATEGIC GREEN INFRASTRUCTURE PLANNING: A multi-scale approach. – W.: Island Press, 2000. – 138 p.;

12. 17 целей в области устойчивого развития – URL:<https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/> (дата обращения: 18.08. 2023).

## МОДЕЛЬ КОМПОНЕНТЫ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Иванов С.А., Иванов М.А.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Астраханский государственный технический университет, Астрахань

Ключевые слова: экспертная система, нечеткая логика, лингвистическая переменная, антропогенные факторы, лесные пожары, методы прогнозирования, поддержка принятия решений

В статье рассмотрена проблема возникновения и распространения лесных пожаров на территории Российской Федерации, приведены статистические данные. Рассмотрены антропогенные факторы, которые влияют на возникновение лесных пожаров. Данные факторы были декомпозированы, каждому из них присвоена лингвистическая переменная для реализации интерфейса системы поддержки принятия решений на естественном для пользователя языке. Лингвистические переменные формализованы на соответствующим им нечетких множествах, определены функции принадлежности. В дальнейшем планируется разработка программного алгоритма с последующим проектированием и разработкой компоненты экспертной системы прогнозирования лесных пожаров на основе антропогенных факторов.

## MODEL OF A COMPONENT OF AN EXPERT SYSTEM FOR FOREST FIRES FORECASTING BASED ON ANTHROPOGENIC FACTORS

Ivanov S.A., Ivanov M.A.

St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, St. Petersburg  
Astrakhan State Technical University, Astrakhan

Keywords: expert system, fuzzy logic, linguistic variable, anthropogenic factors, forest fires, forecasting methods, decision support

The article examines the problem of the occurrence and spread of forest fires on the territory of the Russian Federation and provides statistical data. Anthropogenic factors that influence the occurrence of forest fires are considered. These factors were decomposed, each of them was assigned a linguistic variable to implement the interface of the decision support system in a natural language for the user. Linguistic variables are formalized on the corresponding fuzzy sets, and membership functions are defined. In the future, it is planned to develop a software algorithm with the subsequent design and development of components of an expert system for forecasting forest fires based on anthropogenic factors.

**Введение.** Лесные пожары являются одной из самых серьезных проблем в России. Ежегодно они наносят огромный ущерб экологии и экономике страны. Общая площадь земель лесного фонда, по данным ФГБУ «Рослесинфорг» на 2021 г. составляет 1 млрд 187,6 млн га (включая леса на особо охраняемых природных территориях и в населенных пунктах). С 2019 года в рамках федерального проекта «Сохранение лесов» ежегодно высаживается порядка 1 млн га саженцев деревьев.

При этом в России в год регистрируется от 9 тыс. до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 500 тыс. до нескольких млн га. Согласно данным МЧС

России и Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз), с начала 1992 г. по конец 2018 г. в России было зарегистрировано более 630 тыс. лесных (затронувших земли лесного фонда) пожаров [8].

Проведение мероприятий, направленных на прогнозирование возникновения и распространения лесных пожаров, непосредственно связано с использованием современных информационных систем и технологий. Одним из важных инструментов в данной области является система прогнозирования и поддержки принятия решений, основанная на экспертных знаниях. Данные системы должны поддерживать анализ большого количества информации, получаемой как при помощи наземного мониторинга (например, станции с метеорологическим оборудованием, инфракрасными камерами и т.д.), беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), спутниковых снимков [10, 11], данных из открытых информационных систем [4], так и экспертных знаний. В рамках текущего исследования будет предложен подход к построению компонента экспертной системы по прогнозированию возникновения лесных пожаров, отвечающий за анализ антропогенных факторов изучаемой территории.

**Цель работы** – разработка модели, формализующей экспертные знания на основе нечеткой логики в области антропогенных факторов, влияющих на возникновение лесных пожаров.

**Методы и подходы.** Одним из основных методов представления знаний в экспертных системах являются продукционные правила, позволяющие приблизиться к стилю мышления человека. Любое правило продукций состоит из посылок и заключения. Возможно наличие нескольких посылок в правиле, в этом случае они объединяются посредством логических связок И, ИЛИ. Обычно продукционное правило записывается в виде: «ЕСЛИ (посылка) (связка) (посылка)... (посылка) ТО (заключение)». Главным же недостатком продукционных систем остается то, что для их функционирования требуется наличие полной информации о системе. Нечеткие системы тоже основаны на правилах продукционного типа, однако в качестве посылки и заключения в правиле используются лингвистические переменные, что позволяет избежать ограничений, присущих классическим продукционным правилам [2].

Нечеткая логика – это логическая или управляющая система  $n$ -значной логической системы, которая использует степени состояния («степени правды») входов и формирует выходы, зависящие от состояний входов и скорости изменения этих состояний [5].

В лингвистическом виде достаточно часто представляются не только качественная информация, но и информация, имеющая количественный характер. Делается такое представление с целью принятия своевременных и адекватных управленческих решений. Одним из основных понятий нечетких множеств является понятие лингвистической переменной, представимой в виде [7]:

$$\{X, T(X), U, V, S\},$$

где,  $X$  – название переменной,  $T(X)$  – терм-множество переменной  $X$ , то есть множества названий значений переменной  $X$ . Каждое из этих значений – нечеткая переменная со значением из универсального множества  $U$ .  $V$  – синтаксическое правило, порождающее названия значений лингвистической переменной  $X$ .  $S$  – семантическое правило, которое ставит в соответствие каждой нечеткой переменной из  $T(X)$  нечеткое подмножество множества  $U$ .

Для определения функций принадлежности будет использована трапецевидная функция, общий вид которой представим как:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & \text{если } a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 < x \leq a_4 \\ 0, & \text{если } x > a_4 \end{cases}$$

Разрабатываемый компонент экспертной системы прогнозирования лесных пожаров должен анализировать данные, характеризующие антропогенные факторы рассматриваемой территории.

Отечественными и зарубежными исследователями приводились различные классификации антропогенных факторов [9, 6, 1], которые были обобщены и декомпозированы согласно задачам разрабатываемой комплексной системы поддержки принятия решений и обобщены в исследовании [4]:

1. уровень урбанизации;
2. численность населения;
3. самосознание населения;
4. состояние систем тепло- и энергоснабжения;
5. безопасность технологических объектов и оборудования;
6. использование пожароопасных материалов;
7. концентрация промышленных объектов на территории доступность потенциальных очагов возгорания.

Был проведен системный анализ факторов и разработана их структура, представленная на рисунке 1.



Рис. 1. Структура антропогенных факторов

Каждый из этих факторов в системе поддержке принятия решений представлен лингвистической переменной, которая формализуется нечетким множеством.

В соответствии с совокупностью подкатегорий городских районов по классификации СГЗО для обозначения городских районов используются следующие показатели численности населения [3]:

- крупные города: >1 млн человек;
- средние города: 250 тыс. – 1 млн человек;
- малые города: 50-250 тыс. человек;
- поселки: 20-50 тыс. человек.

Также необходимо учитывать населенные пункты с показателем численности ниже 20 тыс. человек и ненаселенные территории.

По уровню урбанизации исследуемые территории можно декомпозировать как: слабоурбанизированные (если доля городского населения менее 25%), среднеурбанизированные (при доле городского населения от 25% до 50%), высокоурбанизированные (если доля городского населения более 50%).

Остальные факторы предлагается оценивать по 100-балльной шкале на основе мнений привлеченных экспертов с приведением к интервалу [0;1].

**Обсуждение результатов.** Для разработки модели компоненты экспертной системы прогнозирования лесных пожаров на основе антропогенных факторов необходимо представить пользователю информацию в удобном виде. Учитывая, что потенциальные пользователи могут не являться (и зачастую не являются) специалистами в области информационных технологий, итог обработки данных должен быть представлен на естественном для них языке.

В таком случае модель компоненты примет следующий вид.

Кортеж терм-множества для  $A^I = \{\text{Социальные факторы}\}$  имеет вид  $\langle A^I, level \{Low_{impact}, Medium_{impact}, High_{impact}\}, [0 - 1] \rangle$ .

Кортеж терм-множества для  $A^{II} = \{\text{Техногенные факторы}\}$  имеет вид  $\langle A^{II}, level \{Low_{impact}, Medium_{impact}, High_{impact}\}, [0 - 1] \rangle$ .

Кортеж терм-множества для  $A = \{\text{Антропогенные факторы}\}$  имеет вид  $\langle A, level \{Low_{level}, Medium_{level}, High_{level}\}, [0 - 1] \rangle$ .

Тогда формализующие множества, а также функции принадлежности для лингвистических переменных  $A^I, A^{II}, A$  представлены в таблице 2 и рисунке 2.

Таблица 2. Формализующие множества и функции принадлежности  $A^I, A^{II}, A$

Терм $A_o^I = A_o^{II} = A_o: o = 1,3$	Функция принадлежности нечеткого множества $A_o$
$A_1^I = A_1^{II} = A_1 = \text{"Low"},$ $A_1^I = A_1^{II} = A_1 \in [0; 0,3]$	$\mu(a_{q1}) = \begin{cases} 1, 0 \leq a_{q1} \leq 0,15 \\ \frac{(a_{q1} - 0,3)}{-0,15}, 0,15 < a_{q1} \leq 0,3 \\ 0, a_{q1} < 0 \text{ или } a_{q1} > 0,3 \end{cases}$
$A_1^I = A_1^{II} = A_1 = \text{"Medium"},$ $A_1^I = A_1^{II} = A_1 \in [0,2; 0,75]$	$\mu(a_{q2}) = \begin{cases} 1, 0,3 \leq a_{q2} \leq 0,6 \\ \frac{(a_{q1} - 0,2)}{0,1}, 0,2 < a_{q2} \leq 0,3 \\ \frac{(a_{q2} - 0,75)}{-0,15}, 0,6 < a_{q2} < 0,75 \\ 0, a_{q2} < 0,2 \text{ или } a_{q2} > 0,75 \end{cases}$



$A_1^I = A_1^{II} = A_1 = \text{"High"},$ $A_1^I = A_1^{II} = A_1 \in [0,6; 1]$	$\mu(a_{q3}) = \begin{cases} 1, & 0,8 \leq a_{q3} \leq 1 \\ \frac{(a_{q3} - 0,6)}{0,2}, & 0,6 < a_{q3} \leq 0,8 \\ 0, & 0, a_{q3} < 0,6 \text{ или } a_{q3} > 1 \end{cases}$
---	--

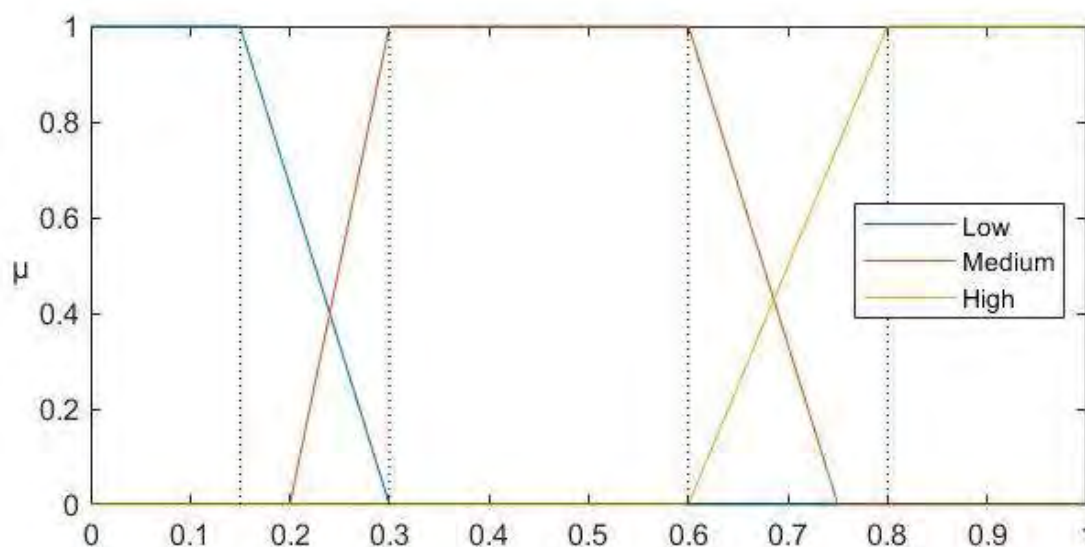


Рис. 2 Функции принадлежности  $A^I, A^{II}, A$

**Выводы.** На основе проведенного исследования предложена модель компоненты экспертной системы прогнозирования лесных пожаров на основе антропогенных факторов.

В дальнейшем на основе данной модели будут разработаны программные алгоритмы с последующей реализацией в формате информационной системы поддержки принятия решений. Исследования в области влияния факторов на возникновение лесных пожаров будут продолжены, параметры, приведенные в данной статье, будут дополнительно декомпозированы.

#### Библиографический список

1. Андреев, Ю.А. Влияние антропогенных факторов на возникновение лесных пожаров (на примере Красноярского Приангарья): специальность 06.03.03 "Агроресомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Андреев Юрий Александрович. – Красноярск, 1991. – 22 с.
2. Гриняев, С.Н. Нечеткая логика в системах управления / С. Н. Гриняев // Компьютерра. – 2001. – № 38. – С. 20-26
3. Движущие силы, закономерности и динамика урбанизации // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций. – 2023. – 10 май. URL: <https://www.fao.org/3/cc3017ru/online/state-food-security-and-nutrition-2023/drivers-patterns-dynamics-urbanization.html> (дата обращения: 10.11.2023 г.).
4. Иванов, С.А. Системный анализ факторов, влияющих на возникновение лесных пожаров в Северо-Западном федеральном округе / С.А. Иванов // Вестник

Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2022. – № 4. – С. 26-34.

5. Кравец, Е.В. Анализ понятия "нечеткая логика", методы и области применения нечеткой логики / Е.В. Кравец, О.С. Солодова // "Цифра" - реальность, меняющая мир: готовность российской экономики к новым правилам игры : Материалы Национальной научно-практической конференции, Москва, 23 апреля 2019 года. Том 13. – Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт "Центр", 2019. – С. 110-112

6. Никищенко, Н.Г. Комплексная оценка природных и антропогенных факторов возникновения пожаров на землях лесного фонда Воронежской области : специальность 25.00.26 "Землеустройство, кадастр и мониторинг земель" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Никищенко Николай Григорьевич. – Воронеж, 2007. – 23 с.

7. Полещук, О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности терм-множеств полных ортогональных семантических пространств / О.М. Полещук // Лесной вестник. – 2002. – № 5. – С. 198-216.

8. Статистика по лесным пожарам в России // ТАСС. – 2020. – 10 май. URL: <https://tass.ru/info/14586659> (дата обращения: 10.11.2023 г.).

9. Титаев, П.С. Имитационная модель вероятности возникновения лесных пожаров с учетом грозовой активности и антропогенного фактора / П.С. Титаев // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т. 24, № 5. – С. 44-53.

10. Bernabeu, P. A prediction/detection scheme for automatic forest fire surveillance / P. Bernabeu, L. Vergara, I. Bosh, J. Igual // Digital signal processing. – 2004. – No: 14. – pp. 481-507.

11. Elmas, C. Enhancing the data fusion based forest fire preserving and management system / C. Elmas, Y. Sonmez // Journal of Polytechnic. – 2008. – No:2, Vol: 11. – pp. 98-108.

## **РАЗВИТИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ ПАРКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА В СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД, НА ПРИМЕРЕ ПАРКА ЕКАТЕРИНГОФ**

**Костерева А.А., Маркин А.А., Куприянова А.Г.**

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: воссоздание, парк, Екатерингоф, советский период, советское паркостроение, приспособление.

В статье описано влияние советского наследия на планировочную структуру исторических парков Санкт-Петербурга, предложен алгоритм для выбора целесообразного периода для воссоздания в исторических парках. Алгоритм протестирован на советском периоде парка Екатерингоф.

## **THE EVOLUTION OF HISTORICAL PARKS OF ST. PETERSBURG IN THE SOVIET ERA, ON THE EXAMPLE OF THE EKATERINHOF PARK**

**Kostereva A.A., Markin A.A., Kupriyanova A.G.**

St. Petersburg State Forestry University named after S.M. Kirov, St. Petersburg

Keywords: recreation, park, Ekaterinhof, soviet period, soviet park construction, adaptation.

The article describes the influence of the Soviet heritage on the planning structure of the historical parks of St. Petersburg, an algorithm is proposed for choosing an appropriate period for recreation in historical parks. The algorithm was tested on the Soviet period of the Ekaterinhof Park.

Данная статья является результатом публичного выступления в V научно-практической конференции «Парки советского периода», проходившей с 13 по 14 сентября 2023 года в Санкт-Петербурге, организованной КГИОП [1].

В начале XX века, при становлении советской власти, поменялась жизненная концепция людей, что потребовало оперативного адаптирования существующих и создание новых зон отдыха.

С формированием советского общества возникала необходимость пересмотра концепции объектов отдыха. В связи с этим, создавались парки, отвечающие потребностям человека «нового формата». Строительство парков требует значительных затрат и времени, поэтому, для наиболее быстрого создания необходимого пространства часто использовались уже существующие парки и бывшие частные резиденции, которые приспособлялись под современные задачи.

К 1920-1930-ым годам в архитектурной среде сформировался термин –«парк культуры и отдыха». Парк культуры и отдыха является учреждением нового типа, сочетающим широкую политико-воспитательную работу с оздоровлением миллионов трудящихся [2]. Для предоставления досуга пролетариата в парках начали появляться новые функциональные зоны с различными видами деятельности: физкультурная работа, оздоровительная работа, интернациональная, оборонная, работа с детьми, художественное воспитание и развлечения, музыкальная работа, аттракционы, выставочная работа, экскурсионная работа, игры, общественное питание и т.д. [2].

Для обеспечения потребности в специалистах, в молодой стране появилась необходимость и в профессиональной подготовке кадров. В 1933 году в Ленинградской лесотехнической академии открылась образовательная программа по специальности «городское зеленое строительство», основателем ленинградской школы ландшафтной архитектуры стала Дубяго Татьяна Борисовна [3].

Целый ряд парков Ленинграда получили новое функциональное наполнение, включая такие объекты как открытые театры, спортивные площадки, аттракционы. В том числе, такое наполнение появилось в таких парках Санкт-Петербурга: аттракционы в Павловском парке (рис. 1), Петергофе (рис. 2) и Александровском парке (рис. 3).



Рис. 1. Аттракционы в Павловском парке, 1980-е годы [4]



Рис. 2. Городок аттракционов. 1957-1958 гг. [5]



Рис. 3. Александровский парк 1950-1960-е гг.[6]

Парк Екатерингоф, будучи местом отдыха жителей Нарвской заставы, наряду с другими парками, получил новое смысловое и функциональное наполнение и изменение в планировочной структуре. Первыми шагами в реорганизации парка стали снос частных деревянных домов в западной части парка и демонтаж устаревших сооружений [7]. По проекту реконструкции Данилова В.В., впоследствии доработанному мастерской Никольского А.С. в западной части парка появляется явная прямая ось, объединяющая парк и площадь Стачек. Ось, предусмотренная проектом Екатерингофа при Анне Иоановне, была возобновлена и прошла от современного главного входа в парк до места, где когда-то был Екатерингофский дворец (сгоревший в 1926 году).

Парк культуры и отдыха должен был вмещать в себя как можно больше функций для отдыха и активного проявления себя. На проекте Данилова (рис. 4) видно, что центральная ось к площади Стачек пока не предусмотрена, вместо нее в проекте предложены две прямые дороги, предположительно соединяющая парк и строящееся спортивное ядро «Красный треугольник» (в настоящее время стадион «Кировец»), для обеспечения парка полным спектром объектов «культуры и отдыха» (рис. 4 и 5). На плане мастерской А.С. Никольского (рис. 5) помимо дорог к стадиону, появляется прямая ось, ведущая к площади Стачек и к станции метро «Нарвская».



Рис. 4. В.В. Данилов. Проект реконструкции восточной части Екатерингофского парка. 1928. ЦГАНТД [7]



Рис. 5. Проект стадиона «Красный треугольник». Генеральный план. Мастерская А.С. Никольского [8]

После окончания Великой Отечественной Войны, когда Парк Екатерингоф, как и многие другие сады и парки, утратил большое количество зелёных насаждений, оборудования и сооружений, был разработан проект планировки парка Екатерингоф (тогда – 30-летия ВЛКСМ) Степановым В. в 1949 году (рис. 6.).



Рис. 6. В. Степанов. Проект планировки парка имени XXX ВЛКСМ. 1949 г. ЦГАСПб [7]

Проектом предусмотрено поддержание главной оси парка, на которой будет установлен в 1956 году памятник Краснодонцам, который сформирует новую смысловую доминанту парка. По проекту В. Степанова (рис. 6) строится знаменитая, ставшая визитной карточкой, ротонда у водоёма, также: здание администрации парка и несколько вспомогательных сооружений (памятник Краснодонцам, парашютная вышка, конный ипподром, футбольное поле и аттракционы(рис 8)).

Однако, полностью проект не был реализован, как видно на спутниковой карте 1966 года, некоторые элементы парка добавлены или изменены(например, добавляется парашютная вышка (рис. 7, п 4).

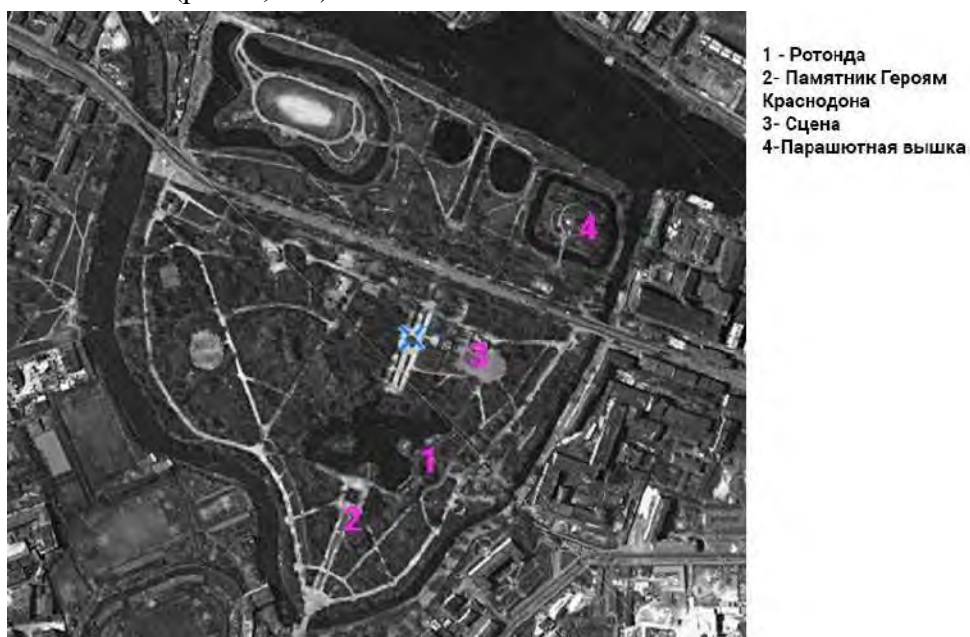


Рис. 7. Спутниковая карта Ленинграда 1966 год [9]

В постсоветский период произошел резкий отказ от советских «наслоений» в исторических парках, но, зачастую, уже сложившаяся «советская» планировка не пересматривалась и участки парка, где были выведенные объекты, пустуют и по сей день. Так это произошло на месте бывших спортивных площадок и аттракционов в Павловском парке, так и место аттракционов в Екатерингофе остается свободным и заброшенным (рис. 8,9).

В то же время, посетители, воспитанные в парках культуры и отдыха, продолжают воспринимать эти объекты как места активного досуга, не только для прогулочного и созерцательного отдыха.



Рис. 8. В парке имени XXX летия ВЛКСМ, 1980-е года [10]



Рис. 9. Пустующее место расположения аттракционов в настоящее время

Естественные процессы развития насаждений и планировочные изменения на разных этапах жизни парка требуют осмысленного принятия решений, каким должен быть объект при проведении работ по сохранению ОКН. С одной стороны, необходимо возвращаться к аспектам исторического облика парка, но, в таком случае, это приведет к необходимости отказа от советского периода развития, который несет в себе, порой, актуальные и нужные функции в исторических парках.

Таким образом, формируется концептуальный вопрос: ценно ли советское наследие в исторических парках?

Для ответа на этот вопрос в рамках проведенной в 2021-2023 гг. научно-исследовательской работы была создана автоматизированная шаблон-схема, позволяющая определить целесообразность воссоздания парка в целом, так и для отдельных его частей, на конкретный период его развития.

Важно отметить, что разработанная шаблон-схема является алгоритмом для принятия решений, не противоречащим, а дополняющим статью 47 в федеральном законе №73, которая регламентирует вопросы воссоздания ОКН [11]. Предлагаемый Алгоритм призван упростить принятие решения о составе и виде работ по воссозданию утраченных элементов планировки для каждого объекта культурного наследия ландшафтной архитектуры.

Целесообразность воссоздания утраченных парковых элементов определяется факторами необходимости и возможности в конкретных условиях индивидуально для каждого объекта. Согласно предлагаемому алгоритму, целесообразность воссоздания утраченных парковых элементов исходит из необходимости и возможности воссоздания.

При этом, необходимость воссоздания композиционных элементов ландшафтных объектов может определяться тремя факторами: композиционная значимость, необходимость функционального использования и нематериальной значимости элемента (рис. 10).

Возможность воссоздания зависит от наличия и полноты информации об утраченном парковом элементе, отсутствия деструктивного вмешательства (отсутствии необходимости жертвовать более поздними историческими наслоениями в пользу воссоздаваемой эпохи); наличия документального подтверждения о местоположении, габаритов, внешнем виде и конструктивных особенностях воссоздаваемого элемента; современной ситуации, не противоречившей воссозданию композиционных структур в исторических габаритах (объект воссоздается целостно, в исторических габаритах, границах, и современная градостроительная и экологическая ситуация не должны этому противоречить) (рис. 10).



Рис. 10. Схема алгоритма принятия решения о целесообразности воссоздания

Таким образом, при выявлении необходимости воссоздания элементов и «достаточности» условий для воссоздания, целесообразно воссоздание в материале. При выявлении «недостаточности» условий для воссоздания утраченного элемента в материале, но при наличии необходимости воссоздания, возможен вариант нематериального воссоздания, например, VR и AR-технологиями. При отсутствии необходимости и возможности воссоздания, воссоздание в материальной и нематериальной форме не является целесообразным (рис. 10).

Предложенная шаблон-схема состоит из двух разделов: необходимость и возможность воссоздания. Часть схемы, касающаяся необходимости воссоздания, состоит из четырёх столбцов: архитектурное наполнение, гидротехническая система, насаждения и планировочные элементы. И трёх строк: композиционная значимость, функциональная роль и нематериальная значимость (табл. 1).



Таблица 1. Шаблон-схема необходимости воссоздания ОКН исторических парков

	Архитектурное наполнение	Гидротехническая система	Насаждения	Планировочные элементы
Композиционная роль	0/1	0/1	0/1	0/1
Функциональная роль	0/1	0/1	0/1	0/1
Нематериальная значимость	0/1	0/1	0/1	0/1

Часть схемы, касающаяся возможности воссоздания, состоит из четырёх столбцов, повторяющих таблицу 1, и трёх строк: отсутствия наслоений на месте воссоздаваемого объекта, Наличия документального подтверждения о местоположении, габаритах, внешнем виде и конструктивных особенностях воссоздаваемого элемента, Современной ситуации, не противоречащей воссозданию композиционных структур в исторических габаритах (табл. 2).

Таблица 2. Шаблон-схема возможности воссоздания ОКН исторических парков

	Архитектурное наполнение	Гидротехническая система	Насаждения	Планировочные элементы
Наслоение	0/1	0/1	0/1	0/1
Документы	0/1	0/1	0/1	0/1
Ситуация	0/1	0/1	0/1	0/1

Для автоматизации процесса была предложена двоичная система принятия решения: где 0 – не согласие, а 1 – согласие.

Если в обеих таблицах во всех столбцах – 1, тогда для объекта присутствует необходимость и возможность для воссоздания в материале.

Если в столбце все показатели – 0, тогда итоговое значение четырех столбцов равно 0, если это происходит в таблице «необходимость», значит отсутствует необходимость для воссоздания. В таком случае воссоздание в материальной или нематериальной форме не является целесообразным. Если это происходит в таблице «возможность», и при этом выявлена необходимость воссоздания, то целесообразно нематериальное воссоздание

Если в столбце есть показатель – 0, тогда для данного элемента нет либо необходимости, либо возможности воссоздания. Если по данному элементу нет необходимости и возможности одновременно, то его воссоздание считается не целесообразным, если при этом воссоздание других типов элементов возможно и необходимо, восстановление всего объекта следует рассматривать частично.

С помощью данного алгоритма были проанализированы 5 основных периодов развития парка Екатерингоф. По результатам анализа было выявлено, что полное воссоздание парка целесообразно только на советский период. При этом, нематериальное воссоздание целесообразно для периодов 1711-1730, 1730-1820-е гг. Частичное воссоздание парка в материале целесообразно для периодов 1824-1930-х годов.

Так как данная статья рассматривает только развитие парка Екатерингоф советского периода, далее пойдёт описание определение ценности через предложенную шаблон-схему.

Каждый из типов элементов проходит процедуру ответа на вопрос о необходимости воссоздания по трем критериям (композиционная роль, функциональная роль, нематериальная значимость). В данном случае все 4 типа

элементов отвечают критерию композиционной значимости, так как современная планировочная структура парка основывается на советской, и часть элементов являются доминантами или важными составляющими локальных композиционных структур. Также все 4 типа элементов отвечают критерию функциональной значимости, так как большинство элементов того времени решали проблему досуга и спортивного развития детей и взрослых и выполняли административные функции. Критерию нематериальной значимости отвечают в основном планировочные элементы.

Таким образом, все 4 типа элементов и парк в целом отвечают критерию необходимости воссоздания (см. табл. 3).

Таблица 3. Шаблон-схема необходимости воссоздания парка Екатерингоф советского периода

	Архитектурное наполнение	Гидротехническая система	Насаждения	Планировочные элементы
Композиционная роль	1	1	1	1
Функциональная роль	1	1	1	1
Нематериальная значимость	1	0	0	1

В парке Екатерингоф возможность воссоздания архитектурных элементов складывается из отсутствия наслоений на месте воссоздаваемых элементов, достаточное количество фото и чертежных материалов утраченных элементов и не изменившейся планировочной структуре вокруг утраченных элементов. Возможность воссоздания гидротехнических сооружений, насаждений и планировочной структуры, по большей части, обусловлена тем, что такие сооружения не претерпели существенных изменений. Таким образом, для всех четырех типов элементов возможно материальное воссоздание (табл. 4).

Таблица 4. Шаблон-схема возможности воссоздания парка Екатерингоф советского периода

	Архитектурное наполнение	Гидротехническая система	Насаждения	Планировочные элементы
Наслоение	1	1	1	1
Документы	1	1	1	1
Ситуация	1	1	1	1

Советское наследие несёт в себе историческую и моральную этическую ценность, оно связано с большим этапом формирования, в том числе, парков, и требует к себе бережного отношения, как на примере исторического парка Екатерингоф, в котором существует целый ряд элементов, которые стали символами, частью истории парка. Кроме того, в парке есть ряд утраченных исторических элементов, которые композиционно и функционально были замещены советским наполнением. Структуры парка, сформировавшиеся в советский период, эффективны, являются памятью и функциональным наполнением парка Екатерингоф.

#### Библиографический список

1. Дубяго Т.Б. История садово-паркового искусства. Конспект лекций: Публикации и документы. Научный сборник /НБА РАХ; Отв. ред. СБ. Алексеева, Сост. и авт. вступ. ст. Н.С. Беляев – СПб.: Лема, 2007. – 92с, ил. – Выпуск 4 – (Серия «Преподаватели Российской Академии художеств»)

2. Козлов Д.В. Александр Никольский и архитектура стадионов / Д.В. Козлов. – Санкт-Петербург: Коло, 2019. – 168 с.

3. Комитет по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры: Новости [Электронный ресурс]. – URL:<https://kgiop.gov.spb.ru/okomitete/press-centr/news/78803/>;

4. Кормильцева О.М. Екатеринбург / Кормильцева О.М., Сорокин П.Е., Кищук А.А. – Санкт-Петербург: Аврора, 2004. – 128 с.

5. Лунц, Л.Б. Парки культуры и отдыха / худ. Б. Титов. М.: Л.: Госстройиздат, 1934. – 520 с., 562 ил.;

6. Retro View of Mankind's Habitat. Режим доступа – URL: <https://pastvu.com/p/132732/>;

7. Retro View of Mankind's Habitat. Режим доступа – URL: <https://pastvu.com/p/1384934/>;

8. Retro View of Mankind's Habitat. Режим доступа – URL:<https://pastvu.com/p/117395/>;

9. Это место. Режим доступа – URL: [http://www.etomesto.ru/map-peterburg\\_sputnik-1966/](http://www.etomesto.ru/map-peterburg_sputnik-1966/);

10. Retro View of Mankind's Habitat. Режим доступа – URL:<https://pastvu.com/p/1342440/>;

11. Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: Федеральный закон №73 от 25 июня 2002 г. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_37318/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37318/).

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОРГАНОВ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Васильева Е.Н., Миксон Д.С.

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени  
С.М. Кирова, Санкт-Петербург

Ключевые слова: борщевик Сосновского, *Heracleum sosnowskyi*, корни, стебель, листья, химический состав, целлюлоза, лигнин, экстрактивные вещества

В статье приведены данные по изучению химического состава и содержанию экстрактивных веществ, извлекаемых органическими растворителями, из отдельных органов – корни, листья и стебли борщевика Сосновского, отобранного в Ленинградской области. Максимальное содержание лигнина и целлюлозы определено в стеблях осеннего сбора, когда вегетационный период закончен: целлюлоза – 45, лигнин – 23 (% от сух.сырья). Содержание экстрактивных веществ, извлекаемых органическими растворителями (петролейный эфир, диэтиловый эфир, этилацетат), определено в 2 раза выше в корнях и листьях (3,0-4,0%), чем в стеблях (1,5-2,0%). Изопропиловым спиртом (2-пропанол) выделяется из листьев и корней 18-22% и 11-14% экстрактивных веществ соответственно. Веществ, растворимых в горячей воде, определено несколько больше в стеблях (18-27%), чем в корнях и листьях (16-20%).

## CHEMICAL COMPOSITION OF HOGWEED FROM LENINGRAD REGION

Vasilyeva E.N., Mikson D.S.

St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, St. Petersburg

Keywords: Hogweed, *Heraculum sosnowskyi*, roots, stem, leaves, chemical composition, cellulose, lignin, extractive substances

The chemical composition and content of extractive substances extracted by organic solvents from individual organs – roots, leaves and stems of Sosnovsky hogweed, selected in the Leningrad region, were studied. The maximum content of lignin and cellulose is determined in the stems of the autumn harvest, when the growing season is over: cellulose – 45, lignin – 23 (% of dry.raw materials). The content of extractive substances extracted by organic solvents (petroleum ether, diethyl ether, ethyl acetate) was determined to be 2 times higher in roots and leaves (3.0-4.0%) than in stems (1.5-2.0%). Isopropyl alcohol (2-propanol) is extracted from the leaves and roots of 18-22% and 11-14%, respectively. Substances soluble in hot water are slightly more determined in stems (18-27%) than in roots and leaves (16-20%).

**Введение.** Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Mand.) – крупное травянистое растение (рис.1) семейства Зонтичные (*Umbelliferae*), рода Борщевик (*Heracleum*). Выделила и описала данный вид борщевика, произрастающего на Кавказе, в 1944 году И.П. Манденова и дала видовое название в честь исследователя флоры Кавказа Дмитрия Ивановича Сосновского (1885—1953).



Рис. 1 Борщевик Сосновского

Растение борщевик Сосновского имело довольно ограниченный ареал обитания. С середины XX века растение культивировалось в СССР как перспективная кормовая культура. Урожайность зеленой массы превышала таковую у клевера, кукурузы, рапса. Однако в 80-е годы животноводам пришлось отказаться от культивирования борщевика, силосный продукт получался низкокачественным, а еще появился горьковатый привкус молока у коров, которые употребляли этот силос. Фитоэстрогены, входившие в состав борщевика, вызывали у животных бесплодие [1-2]. Впоследствии выяснилось, что борщевик легко дичает и проникает в естественные экосистемы, практически полностью разрушая их. Разные виды борщевика могут скрещиваться между собой, образуя гибриды. Некоторые исследования отдельных частей борщевика Сосновского показали, что листья и семена богаты эфирными маслами, содержащими фуранокумарины—фотосенсибилизирующие вещества, которые при попадании на кожу повышают чувствительность её клеток к ультрафиолету и приводит к буллёзному дерматиту, протекающему по типу ожога. Эти обстоятельства побудили к отказу от попыток промышленного культивирования. Из-за повсеместного неконтролируемого распространения (рис.2) в настоящее время идет борьба с борщевиком, но рационального решения по борьбе с данным растением еще не найдено [2-4].



Рис.2. Карта распространения борщевика Сосновского на территории Российской Федерации

**Цель работы** – изучение химического состава и состава экстрактивных веществ отдельных органов биомассы борщевика Сосновского.

**Методическая часть.** Сбор образцов для исследования проводился на территории Пушкинского района г. Санкт-Петербурга в начале и в конце периода вегетации (июнь и октябрь), а также на территории Выборгского района Санкт-Петербурга в середине периода вегетации (июль). Сырье делили на составные части – корни, стебли, листья.

Перед проведением анализов сырье сушили до воздушно-сухого состояния, затем измельчали до размера фракции 1-2 мм на лабораторной мельнице «Вилитек» и определяли влажность на автоматическом измерителе влажности фирмы *Shimadzu*.

Для определения химического состава использовали следующие методики: определение зольности проводили методом сжигания образцов сырья при температуре  $650 \pm 10^\circ\text{C}$  в муфельной печи; определение целлюлозы – азотно-спиртовым методом; лигнина – в модификации Комарова (с 72% серной кислотой); пентозаны – бромид-броматным полумикрометодом; массовую долю легкогидролизуемых полисахаридов (ЛПП) и редуцирующих веществ (РВ) в гидролизатах рассчитывали по методу Макэна-Шоорля с расчетом для лиственных растений; содержание экстрактивных веществ (ЭВ), извлекаемых органическими растворителями (петролевым эфиром  $40-70^\circ\text{C}$  (ПЭ), диэтиловым эфиром (ДЭ), этилацетатом (ЭА), изопропиловым спиртом (ИП)) – методом экстракции в аппарате Сокслета [5-7].

Для наработки ЭВ и их дальнейшего исследования использовали метод экстракции в Сокслете (объем 1 л), экстрагент – ИП. Экстракцию проводили в течение 8 ч с момента закипания растворителя, модуль экстракции сырье: экстрагент – 1:2. Из полученного замеренного объема ИП-экстракта отбирали аликвотную пробу (25мл) и определяли содержание ЭВ, извлекаемых ИП из сырья. Из ИП-экстракта на  $\frac{3}{4}$  отгоняли спирт и последовательно из оводненного остатка извлекали вещества, растворимые в ПЭ, ДЭ и ЭА [6-7].

Далее полученные экстрактивные вещества, извлекаемые ПЭ из ИП-экстракта разделяли на группы веществ – нейтральные вещества и свободные кислоты по кислотно-щелочной схеме [6].

**Обсуждение результатов.** Исходя из полученных результатов химического анализа сырья (табл.1) следует, что наименьшее количество содержалось минеральных

веществ в стеблях осеннего сбора (не более 8% от сух.сырья), в наибольшем количестве – в листьях летнего сбора (до 18%). Вероятно, это связано с тем, что в листьях в процессе фотосинтеза органических веществ из почвы поступает большое количество воды с растворенными в ней минеральными веществами. Содержание минеральных веществ в корнях летнего и осеннего сборов практически одинаково и составило 10-13%.

По содержанию целлюлозы стебли борщевика Сосновского близки к древесине лиственных пород, а именно березе и дубу [8,9], но ниже чем в мискантусе (56%) [10]. Содержание в листьях целлюлозы летнего борщевика несколько ниже (20-28%), чем в листьях осеннего сбора (28-32%). Высокое содержание целлюлозы в стеблях делает борщевик Сосновского потенциальным сырьем для получения целлюлозы в промышленных масштабах, учитывая массовую распространенность сырья на территории России. Лигнин, который придает жесткость клеточной стенке, определен в наибольшем количестве в стеблях осеннего сбора (23%), что было ожидаемо, поскольку процесс вегетации уже закончен, все клеточные стенки сформированы и лигнифицированы.

Экстрактивные вещества, извлекаемые органическими растворителями, составили небольшую долю, поскольку основная масса экстрактивных веществ приходится на долю водорастворимых соединений. Вещества, извлекаемые ПЭ (табл.1), называемые терпеноидами, составили наименьшую часть во всех частях биомассы борщевика Сосновского (корни – 3-6%, листья – 2-3%, стебли – 1.5-3%). ДЭ извлекаются как правило более полярные соединения фенольной природы. Их содержание максимально в корнях осеннего сбора (6-8%) и листьях летнего сбора (5-7%).

Экстракция сырья ИП с последующим извлечением из ИП-экстракта веществ, растворимых в углеводородном экстрагенте, (ПЭ) показала (табл.2), что данный прием позволил увеличить выход экстрактивных веществ из листьев (до 8.0% от массы сух.сырья). В пересчете на ИП-экстракт наибольшее количество ПЭ-части извлекалось из листьев летнего сбора (62,5% от ИП-экстракта) и стеблей (54-60% соответственно).

Таблица 1. Химический состав отдельных частей борщевика Сосновского (в пересчете на сух.сырье).

Показатель	Корни		Листья		Стебли	
	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень
Минеральные вещества	10.9-12.0	10.2-13.6	14.0-18.0	9.5-11.3	9.1-11.5	6.0-8.0
Целлюлоза	28.0-32.0	20.0-22.0	20.0-28.0	28.0-32.0	40.0-44.0	42.0-45.0
Лигнин	12.0-15.0	14.0-16.0	9.0-13.0	11.0-13.0	13.0-15.0	20.0-23.0
Легкогидролизуемые полисахариды	22.0-25.0	18.0-22.0	11.0-13.0	16.0-18.0	21.0-23.0	13.0-15.0
Экстрактивные вещества, растворимые в:						
ПЭ	3.0-4.0	4.0-6.0	3.0-4.0	2.0-3.0	1.5-2.0	2.0-3.0
ДЭ	4.0-6.0	6.0-8.0	5.0-7.0	3.0-5.0	2.5-4.0	2.0-3.0
ЭА	3.0-5.0	6.0-7.0	7.0-8.0	7.0-8.0	3.0-4.0	4.0-5.0
ИП	11.0-14.0	9.0-12.0	20.0-22.0	16.0-18.0	4.0-6.0	3.0-4.0
Горячей воде	16.0-19.0	17.0-20.0	18.0-30.0	15.0-18.0	22.0-27.0	18.0-25.0

Таблица 2. Выход экстрактивных веществ, извлекаемых ПЭ из ИП-экстракта и сухого сырья

Показатель	Корни		Листья		Стебли	
	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень
Петролейном эфире	3,21*/32,4	4,38/19,4	3,9/62,5	8,8/30,0	0,6/54,3	2,2/60,7

\*в числителе – выход ЭВ от сухого сырья, в знаменателе – от ИП-экстракта

По кислотно-щелочной схеме ПЭ-часть ИП-экстракта (табл.3) была разделена на две группы веществ – нейтральные вещества и свободные кислоты.

Таблица 3.

	Содержание, % от ПЭ-экстракта					
	Корни		Листья		Стебли *	
	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень
Нейтральные вещества	35,8	11,0	60,6	72,0	-	-
Свободные кислоты	43,5	62,5	38,6	16,0	-	-

\*Данные уточняются

Группа свободных кислот преобладала в корнях осеннего сбора(62,5%), в листьях – нейтральные вещества (60-72,0% соответственно). Следует отметить, что в листьях осеннего сбора доля кислот практически в 2 раза ниже, чем в листьях летнего сбора.

**Выводы.** Исследован химический состав различных органов борщевика Сосновского разного периода вегетации. Содержание целлюлозы и лигнина максимально в стеблях, что делает данную часть биомассы борщевика привлекательной для получения целлюлозы в промышленных масштабах. Экстрактивные вещества, которые могут служить основой для лекарственных препаратов и косметической промышленности, составили в среднем 3-5% (извлекаемые углеводородным экстрагентом) и около 5% более полярная фракция фенольной природы.

*Авторы выражают благодарность доктору химических наук – Роцину Виктору Ивановичу, под руководством которого группа осуществляет научные исследования по изучению экстрактивных веществ борщевика Сосновского.*

#### Библиографический список

1. Азаров В.И. Химия древесины и синтетических полимеров: учебник для вузов / В. И. Азаров, А. В. Буров, А. В. Оболенская. – СПб.:СПбЛТА, 1999. – 628 с.
2. Гисматулина Ю.А. Химический состав разных морфологических частей мискантуса урожая 2014 года // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2-22.С. 4897-490
3. Кудрявцева, Е.Н. Экологический мониторинг и фитосанитарное оздоровление засоренных гигантским борщевиком природных и антропогенно измененных ландшафтов Центрального и Северо-Западного регионов России: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.02.08, 06.01.07 / Кудрявцева Е.Н.//Москва, 2013.- 206 с.
4. Манденова, И.П. Кавказские виды рода *Heraclеum* / И.П.Манденова // Тбилиси. 1950.С.11-17.
5. Медведев, И.В. Рекомендации по борьбе с борщевиком Сосновского / И.В. Медведев, С.Л. Сметанников // Вологда, 1981. - 40 с.



6. Миксон Д.С., Роцин В.И. Групповой состав и кислоты хвои лиственницы сибирской разного периода вегетации //Химия растительного сырья, 2019. № 4. С. 207-214. DOI.org/10.14258/jcprm.2019045477

7. Никитин, Н.И. Химический состав древесины дуба разных типов леса и географических областей / Н.И. Никитин, Т.И. Руднева, А.Ф. Зайцева и др. // Труды института леса АН СССР.1950.Т. III.С.145-157.

8. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. С. 75–164.

9. Роцин В.И., Баранова Р.А., Белоозерских О.А., Соловьев В.А. Состав экстрактивных веществ хвои и побегов ели европейской // Химия древесины. 1983.№4. С. 56–61.

10. <https://rsc47.ru>

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

---

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

---

---

*Научное издание*

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
СОВЕТА МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ  
СПБГЛТУ

Выпуск 3

Ответственный редактор: Мария Александровна Новикова

---

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.  
М. Кирова Издательско-полиграфический отдел 194021, Санкт-Петербург,  
Институтский пер., 3

---

Подписано в печать 12.01.2024. Формат 60 × 90 1 /16. Усл. печ. л. 4,8. Тираж 100  
экз. Печать цифровая. Заказ № 004С.

Отпечатано в соответствии с предоставленным оригинал-макетом в типографии  
издательско-полиграфической фирмы «Реноме», 192007, Санкт-Петербург, наб.  
Обводного канала, 40. Тел. (812) 766-05-66. E-mail: [book@renomespb.ru](mailto:book@renomespb.ru) ВКонтакте:  
[https://vk.com/renome\\_spb](https://vk.com/renome_spb) [www.renomespb.ru](http://www.renomespb.ru)