

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 2

Санкт-Петербург
2022

Редакционная коллегия:

кандидат биологических наук, доцент **А. А. Фетисова** (отв. редактор)
кандидат технических наук, доцент **М. Р. Вагизов** (отв. секретарь)
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент **А. А. Михайлова** (тех. редактор)

Составитель

Т. В. Двадцатова

Рецензент

доктор сельскохозяйственных наук, профессор **В. Л. Черных**
(Поволжский государственный технологический университет)

Сборник научных трудов совета молодых учёных СПбГЛТУ: сб. науч. тр. Вып. 2 / отв. ред. А. А. Фетисова. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2022. – 96 с.

ISBN 978-5-9239-1354-5

Представлен Советом молодых учёных Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С. М. Кирова.

Сборник подготовлен по результатам научно-практической деятельности членов Совета молодых ученых и их научных руководителей за 2022 год.

СОДЕРЖАНИЕ

БОЙЦОВ А.К., МОКРИНСКИЙ А.А. БЕСПРОВОДНАЯ СЕНСОРНАЯ СЕТЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	4
ДВАДЦАТОВА Т.В., ВАГИЗОВ М.Р., ПОДЛУЖНАЯ А.А. ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	19
ДУРОВА А.С., ГРЕБЕНКИН А.А., ГРЕБЕНКИН А.Н. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СОРБЕНТА «AG SORB»	25
КОСТЕРЕВА А.А., МАРКИН А.А., КУПРИЯНОВА А. Г. ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ (AR) КАК МЕТОД ВОССОЗДАНИЯ УТРАЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРКА ЕКАТЕРИНГОФ	36
КРЫЛОВА А.А. ПОРТРЕТНЫЕ РИСУНКИ АНТВЕРПЕНСКИХ МАНЬЕРИСТОВ.....	45
МАРКИН А.А., КОЗЫРЕВА Е.И. ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ БЛАГОУСТРОЙСТВА ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ МУРИНСКОГО ПАРКА КАЛИНИНСКОГО РАЙОНА ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГ	53
НОВИКОВА М.А. ВИДЫ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ЗАБРОШЕННЫХ СЕЛЬХОЗЗЕМЛЯХ	62
ФЕТИСОВА А.А. ОБЗОР ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СИСТЕМ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ КАССЕТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ	66
МИКСОН Д.С., РОЩИН В.И. СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ (LARIX DECIDUA)	79
НОВИКОВ Я.А., НОВИКОВА М.А. ПОПУЛЯЦИИ ТЕТЕРЕВА (LIRURUS TETRIX) В ЕВРОПЕ: ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕЁ ФАКТОРЫ.....	85

БЕСПРОВОДНАЯ СЕНСОРНАЯ СЕТЬ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Бойцов А.К., Мокринский А.А.

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

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, мониторинг, беспроводная связь, распределенные системы, беспроводные сети, БСС.

В данной научной работе представлен анализ видов и способов ведения мониторинга лесных территорий, где предложены обоснования в использовании беспроводных сенсорных сетей (БСС) для сбора и обработки мониторинговой информации. В статье рассмотрены характеристика БСС, надёжность и требования к её построению с учётом особенностей их развёртывания на лесной территории. Предложена для разработки структурно-функциональная схема БСС.

WIRELESS SENSOR NET WORK FOR MONITORING FORES TAREAS

Boitsov A.K., Mokrinsky A.A.

St. Petersburg state forest technical university, St. Petersburg

Keywords: wireless sensor networks, monitoring, wireless communication, distributed systems, wireless networks, WSN.

This scientific paper presents an analysis of the types and methods of monitoring forest areas, where the use of wireless sensor networks (WSN) for collecting and processing monitoring information is largely justified. The article discusses the characteristics of the WSN, reliability and requirements for its construction, taking into account the peculiarities of their deployment in the forest area. A structural and functional scheme of the WSN is proposed for development.

Введение

Загрязнение лесов, оценка экологического состояния, преждевременное определение возбудителей болезней и вспышек массового размножения вредителей леса – одна из главных целей мониторинга лесных территорий.

Различают следующие способы ведения мониторинга леса: спутниковый (космический), авиационный и наземный мониторинг (рис. 1).



Рис. 1 Способы мониторинга леса

Спутниковый (космический) мониторинг необходим для преждевременной оценки метеорологической, пожарной, санитарной и лесопатологической обстановки в лесу. Выполняется с помощью космических средств наблюдения, давая возможность получения полной картины на больших территориях. Снимки со спутника в инфракрасном диапазоне

передаются на аналитическую станцию на Земле. Полученные данные обрабатываются по блокам, что позволяет, к примеру, определить лесной пожар.

Авиационный мониторинг выполняется с помощью неконтактной съёмки различными летательными аппаратами (беспилотными летательными аппаратами, вертолётами, самолётами), которые не в состоянии подняться выше границ тропосферы (достичь космической высоты). Данный мониторинг осуществляется для обнаружения лесных пожаров, вспышек вредителей и патологий, а также для инвентаризации леса.

Наземный мониторинг применяется для отслеживания состояния леса при помощи вышек, наземного транспорта, камер видео-слежения, а также различных датчиков. Датчики часто устанавливаются на вышки, как и видеокамеры, работающие автоматически продолжительное время. Вся информация фиксируется и передаётся диспетчеру, который и обрабатывает эти данные. Данный вид мониторинга эффективен, когда имеется возможность создать достаточное количество точек мониторинга лесных территорий, обеспеченных бесперебойной электрической энергией.

Беспроводная связь на лесной территории

Системы спутниковой связи и вещания – большой комплекс оборудования, в составе которого имеется ретранслятор на орбите и определённое количество наземных подвижных и стационарных станций. Является оптимальным решением там, где невозможно применить стационарную связь из-за отсутствия инфраструктуры, сложных метеоусловий или недостаточного покрытия. Поэтому важным преимуществом данного вида связи является независимость от географического положения, рельефа, оперативность развёртывания, а для удалённых лесных территорий – это ещё по сравнению с оптоволоконной и сотовой связью – сниженная стоимость.

Ярким примером применения спутниковой связи является передовая система космического мониторинга лесоизменений «КЕДР», созданная по инициативе Всемирного фонда дикой природы на Дальнем Востоке России. Система позволяет выявлять незаконные рубки в кедрово-широколиственных лесах. В ее основе лежат алгоритмы автоматического анализа космических снимков среднего разрешения для вегетационного и снежного периода, которые поступают на диспетчерский пункт в режиме онлайн [1].

Также немаловажной является разработка группы компаний «Искра» ряда спутниковых коммуникационных решений для работников леса. Одним из них является комплекс оборудования, позволяющего организовать Wi-Fi-сети непосредственно в лесополосе. Основное оборудование, которое потребуется – сама станция спутниковой связи и Wi-Fi-роутер [2].

Другое значимое решение, но уже наземного мониторинга леса было предложено учеными из Шри-Ланки из университета обороны [3]. Они предложили свою систему и методологию, которую можно использовать для обнаружения лесных пожаров на начальном этапе с помощью БСС, где для передачи данных от сенсорного узла к шлюзу, используется модуль nrf24L01 (рис. 2), который имеет максимальную дальность передачи 100 м в лесной среде. Для сбора данных с сенсорных узлов, находящихся за пределами 100 м, и для простоты связи сенсорные узлы объединены в кластеры.

Также учёные из Индонезии и Малайзии представили и проанализировали поведение моделей распространения потерь на трассе LoRa вблизи земли с малой высотой антенн передатчика и приемника от земли. Кроме того, они представили нечеткую модель ANFIS для прогнозирования потерь на пути у земли в различных тропических условиях (рис. 3) [4].

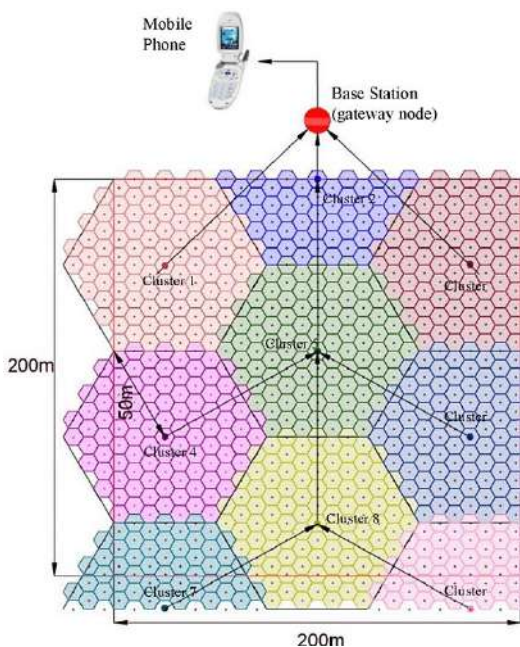


Рис. 2 Размещение сенсорных узлов и кластерных головок на площади 200×200 м

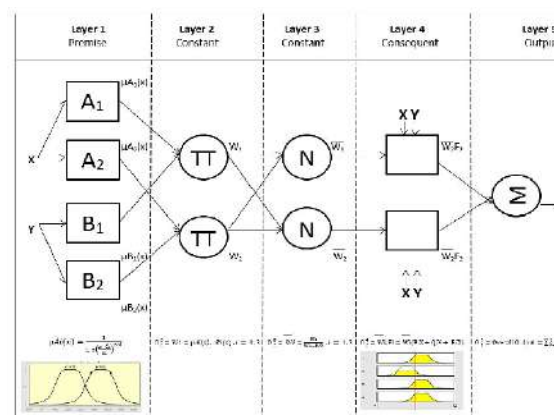
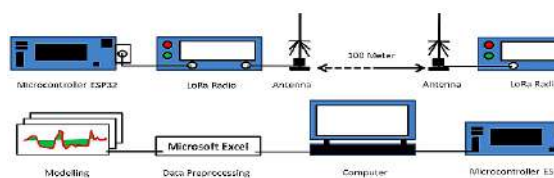


Рис. 3 Применение измерительного оборудования LoRa, а чуть ниже представлена архитектура ANFIS

Вместе с тем в России была создана система мониторинга лесных массивов, которая содержит распределенную по лесному массиву сеть управляемых видеокамер, установленных на вышках, снабженных передатчиками видеоданных, центральный сервер, локальные серверы. Каждый локальный сервер соединен высокоскоростными беспроводными каналами связи с передатчиками видеоданных видеокамер, размещенных в радиусе действия этих каналов [5].

Кроме того особую известность приобрела система наземного мониторинга «Лесной Дозор» [6], состоящая из распределённой системы видеокамер; каналов связи, соединяющих видеокамеры с сетью интернет; сервер системы, подключённый в сеть интернет; программное обеспечение сервера системы; оборудование автоматизированного рабочего места оператора; программное обеспечение автоматизированного рабочего места. На каждой вышке установлен передатчик видеоданных (блоки Wi-Fi), соединённых скоростным беспроводным каналом связи с локальным сервером оператора в лесничестве.

Стоит отметить, что в настоящее время лесная отрасль ощущает потребность в решениях систем наземного и космического мониторинга, поэтому более подробно с ними можно ознакомиться в статье современные беспроводные технологии в лесном хозяйстве [7].

В целях решения наземного мониторинга также предложены решения в виде установленных сенсоров в лесу Уральским государственным лесотехническим университетом [8]. Данные сенсоры способны обеспечить оперативный дистанционный контроль над незаконными рубками древесины, лесными пожарами, перемещение транспортных средств, а также таксационных наблюдений. Объектом исследования учёных являлся Лесопарк имени Лесоводов России в Екатеринбурге, где инструментом исследования служили радиочастотные устройства, объединённые в беспроводную сенсорную сеть (БСС) (рис. 4, 5). В статье также ведётся речь об исследовании звуковых спектральных характеристик бензопил Тайга и Shitil, где представленная методика разработана на основе анализа звуков леса и выделения спектра работы пильных устройств (например, цепных), издающих звуки, отличающиеся от шума ветра и шелеста листьев. Также исследован шум работающих агрегатов с бензиновыми и дизельными двигателями.

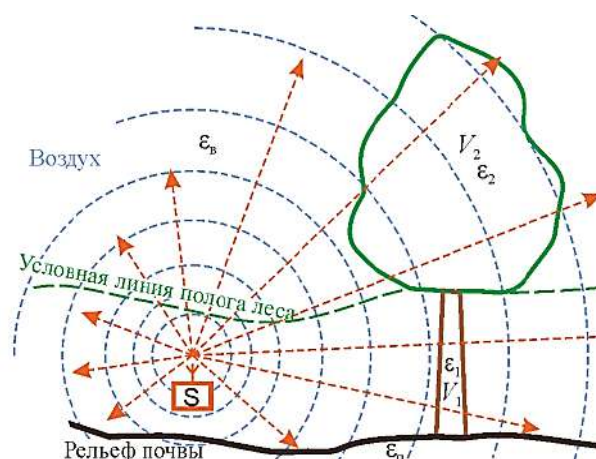


Рис. 4 Модель элемента лесной среды: S — радиочастотный сенсор; V1 и V2 — объем ствола и кроны дерева; ϵ — комплексная диэлектрическая проницаемость (1 — ствола; 2 — кроны; в — воздуха; п — почвы)

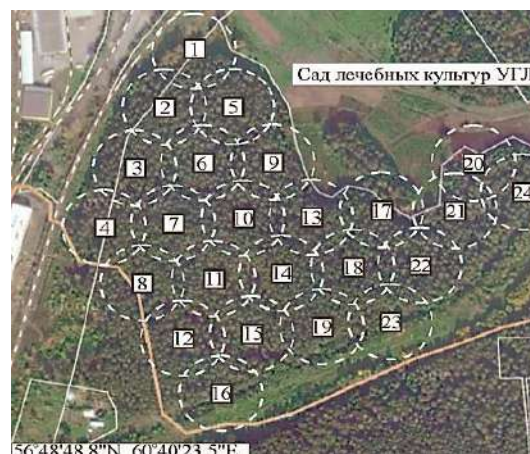


Рис. 5 Схема расположения радиочастотных сенсоров на карте (фрагмент)

Мощность электромагнитной энергии, излучаемым радиочастотным сенсором, частично отражается от поверхностей или поглощается элементами лесной среды одновременно, это происходит много раз, поэтому напряжённость в каждой точке лесной среды зависит от множества факторов.

Возможность использования БСС для мониторинга лесных территорий

Лесной мониторинг предполагает сбор данных состояния лесов на огромных труднодоступных территориях, где часто развертывание проводных инфокоммуникационных сетей невозможно. Решить данную проблему позволяют БСС.

Возможность развёртывания сети в сложных ситуациях, отсутствие физических коммуникаций и минимальные размеры сенсорных устройств, делают технологию БСС, хорошо адаптируемой для мониторинга леса.

Соединения отдельных узлов БСС осуществляются при помощи такой физической среды, как радиоканалы, представляющие собой физическую среду, в которой распространяются сигналы – носители информации в виде радиоволн.

Характеристика БСС

БСС, используемые для мониторинга лесных территорий обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными решениями: отсутствие проводных коммуникаций существенно облегчает процесс развертывания и реконфигурирования сети, снижает стоимость системы, автономность и миниатюрность устройств, а также обеспечивает возможность их размещения в труднодоступных местах и на больших расстояниях [9, 10].

БСС мониторинга леса – это компьютерная сеть, которая образована сенсорным полем различных датчиков – сетевых узлов, которые осуществляют локацию, измерение и фиксацию параметров окружающей среды лесной территории, выполняющих предварительную обработку измеренных параметров, осуществляющих взаимодействие (прием/передачу) между собой и передачу пакетов данных на базовую станцию по радиоканалу для дальнейшей специальной обработки.

Сенсорное поле БСС состоит из узлов различного функционального назначения, которые оснащены различными датчиками контроля, измерения, фиксации и сбора параметров окружающей среды. Узел сети (рис. 6), обычно содержит датчик, который воспринимает информацию различного происхождения от внешней среды, микропроцессор, память, приемопередатчик и автономный источник питания, при этом функционально датчики могут быть различными.



Главным компонентом сенсорного узла является непосредственно сам сенсор, то есть чувствительное устройство, собирающее информацию различной природы об окружающей среде лесных территорий, а также данные, расположенные на ней (рис. 7).



Рис. 7 Различные типы датчиков

Сенсоры получают информацию от окружающей среды лесных территорий в аналоговом виде, дальнейшие действия по обработке и передаче информации осуществляется в цифровой форме представления данных, в связи с этим в сенсорном узле необходимо наличие аналого-цифрового преобразователя (АЦП) (рис. 8) [11].

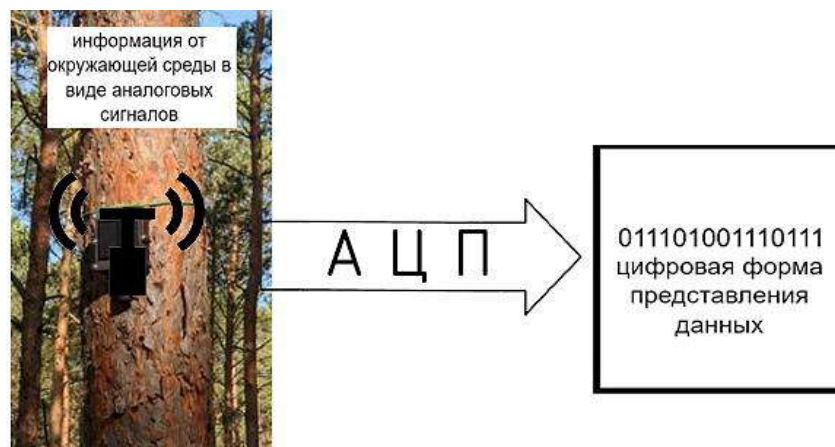


Рис. 8 Сенсоры получают параметры окружающей среды в виде аналоговых сигналов

В сенсорном узле содержится также вычислительное устройство, состоящее из микроконтроллера (микропроцессора) и памяти. Микропроцессор выполняет предварительную обработку, а в памяти осуществляется временное хранение данных от АЦП или других узлов до момента их передачи по сети по заранее разработанным алгоритмам.

Для непосредственной передачи данных и взаимодействия с другими узлами БСС и шлюзом/коллектором в состав сенсорного узла входит приёмопередатчик (трансивер).

Для обеспечения электропитания всех компонентов узла в его состав включается автономный источник питания с длительным запасом электроэнергии.

Для повышения качества и эффективности контроля окружающей среды лесных территорий для одновременного детектирования множества параметров различной природы данные собираются - мультисенсорами.

Так для оценки пожароопасности узел сенсорной сети – мультисенсор, может содержать термодатчик, датчик влажности почвы, осадкомер, которые осуществляют учёт параметров для определения лесного пожара и его возможных очагов возгорания.

Важной характеристикой БСС является возможность ретрансляции пакетов данных от узла к узлу, что обеспечивает масштабность сбора информации со значительных площадей за счёт устойчивой связности узлов. Поэтому, когда выходит из строя один или несколько узлов, то данные при любых условиях будут переданы на шлюз.

Стоит отметить, что преимуществами технологии БСС является самоорганизация и способность к самовосстановлению, что особенно важно при мониторинге труднодоступных лесных территорий. Поэтому взаимодействие узлов происходит поэтапно, от одного устройства к другому маршруты передачи формируются по алгоритмам, которые учитывают особенности территории, влияющие на связность узлов и их состояние. Такое взаимодействие обеспечивает конечное число пересылок пакетов данных по сенсорному полю для достижения шлюза каждым узлом, независимо от физического состояния узлов. Эта возможность обеспечивается оптимальной связностью узлов, дающая возможность меньшей пересылки данных при выходе некоторых из них.

Если необходимо определить координаты узла, а соответственно и местоположение участка местности, где проводится сбор этой информации, то узел сенсорной сети обычно оснащается модулем GPS, при помощи которого и можно оперативно определить его локацию.

Технология БСС может быть использована совместно с другими технологиями беспроводной передачи данных, такой, например, как GSM, позволяя тем самым не только увеличить площадь охвата лесной территории, но и улучшить качество и достоверность мониторинговой информации.

Обмен данных между узлами

БСС базируются на принципах, технологиях и протоколах беспроводной связи, и беспроводных способах передачи данных. В качестве физической среды передачи в БСС используются радиоволны соответствующих диапазонов.

В настоящее время существует большое количество стандартов, определяющих как топологии таких сетей, схему взаимного расположения узлов и линий, соединяющих эти узлы, так и в целом архитектуру.

Наиболее распространены БСС, построенные на основе стандартов группы WPAN, которые предназначены для организации беспроводной связи между различными устройствами на ограниченной площади (спецификация IEEE802.15), но при построении БСС используются и другие стандарты (рис. 9) [12].



Рис. 9 Основные протоколы БСС

Также важно отметить, что если в названии технологии сенсорных сетей прибавляется аббревиатура «adhoc», которая означает «для данной цели», «по ситуации», то это означает, что датчики организовываются в adhoc - сети для выполнения конкретных задач.

При обмене данными о лесной территории между узлами информационное сообщение разбивается программами передачи данных на небольшие блоки данных, которые называются пакетами.

Так как лесные данные могут быть достаточно большого объёма, то такое сообщение узел-передатчик пошлёт целиком, но тогда трафик сети будет достаточно большим, что будет препятствовать взаимодействию других узлов сети. Кроме этого, возникновение возможных ошибок при передаче объёмных сообщений приводит к большим затратами времени. Основным выходом в такой ситуации является разбиение сообщений на пакеты.

Пакет – основная единица информации в компьютерных сетях в том числе и в БСС. При разбиении данных на пакеты скорость их передачи возрастает настолько, что каждый узел сети получает возможность принимать и передавать данные практически одновременно с другими узлами.

Также при разбиении данных на пакеты к передаваемым данным добавляется специальная информация: небольшие управляемые блоки, на которые разбиваются информационные сообщения; заголовок, в котором указывается адрес узла-отправителя, а также информация по сбору блоков данных в исходное информационное сообщение при их приёме узлом-получателем; трейлер, в котором содержится информация для проверки безошибочности в передаче пакета.

Протоколы сетей любой топологии реализуются через заголовки, которые добавляются к пакетам по мере того, как они передаются по сетевым уровням (рис. 10). Каждый заголовок связывается с конкретным уровнем и в каждом последующем уровне воспринимается как часть пакета.

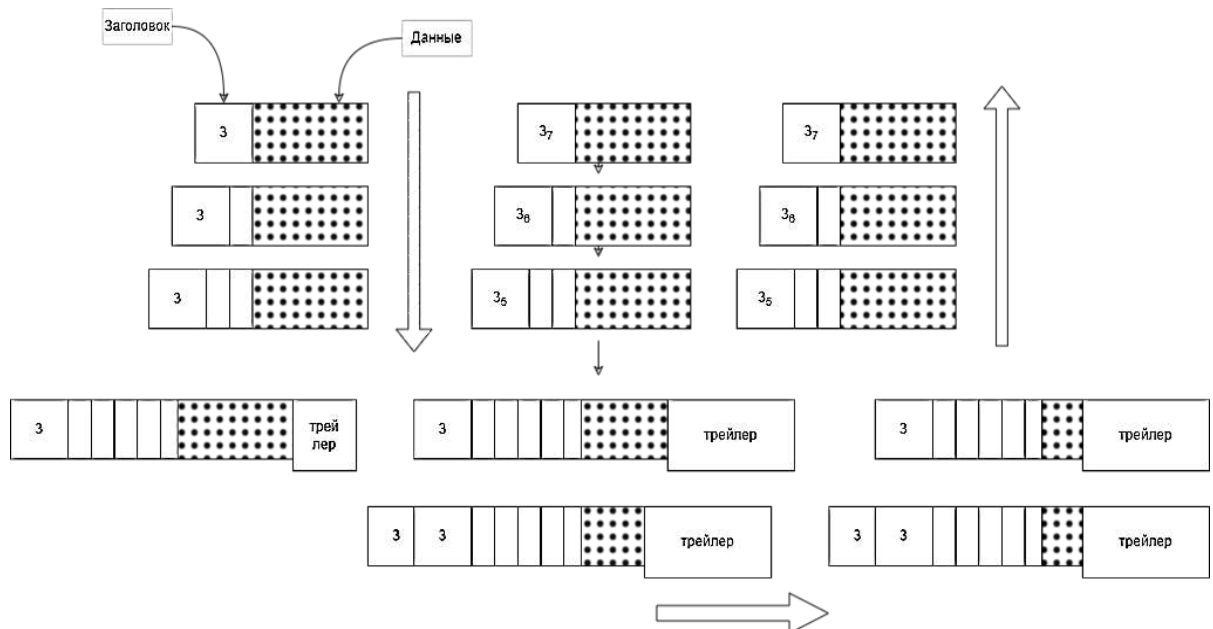


Рис. 10 Разбиение информационного сообщения на пакеты для обмена данными между узлами

При поступлении пакета в принимающий узел, заголовки соответствующих уровней используются для вызова функции приема в принимающем узле и при передаче пакета выше - этот заголовок изымается.

Классификация датчиков

Датчики позволяют извлекать, измерять, фиксировать, накапливать, обрабатывать и передавать информацию о состоянии лесных объектов. Это может быть информация о поглощении CO₂, метеоусловий, рельеф, положение и динамика исследуемого объекта. Поэтому датчики можно классифицировать следующим образом (рис. 11).



Рис. 11 Классификация датчиков

Энергетические свойства входных величин датчиков позволяют разделить их по виду входных величин на активные и пассивные [13]. В активных датчиках входные величины имеют энергетическую природу (напряжение, сила тока и т.д.), в пассивные же входные величины имеют неэнергетический характер (электрическая емкость, сопротивление и т.д.).

По числу воспринимаемых, измеряемых и преобразуемых величин можно выделить одномерные датчики, оперирующие с одной величиной и n-мерные (многомерные или

мультисенсоры), воспринимающие несколько (n), обычно различных входных величин [14]. При этом многомерные сенсоры могут иметь общие элементы и поэтому быть проще совокупности одномерных датчиков, воспринимающих и измеряющих столько же величин.

По числу выполняемых функций можно выделить однофункциональные и многофункциональные датчики [13]. Многофункциональные могут помимо основной функции (восприятие величины и формирование измерительного сигнала) могут выполнять ряд дополнительных функций. Многофункциональные датчики иногда называют также интеллектуальными. К таким датчикам можно отнести аналоговые и цифровые датчики с суммированием сигналов, с перестраиваемыми адаптивными режимами работы и параметрами, с аналого-цифровым преобразованием, с метрологическим обслуживанием и датчики со встроенными микропроцессорами. Дополнительными функциями многофункциональных сенсоров могут быть: коррекция погрешностей, хранение сигналов, операции обработки данных и фильтрация, преобразование «поля» сигналов в изображение, защита от влияния помех.

По числу преобразований энергии и вещества датчики можно разделить на одноступенчатые и многоступенчатые.

По технологии изготовления датчики можно разделить на элементные, изготавливаемые из набора отдельных элементов, и интегральные, в которых все составные элементы датчика изготавливаются одновременно по интегральной технологии.

Особо выделяются биологические датчики, в которых в качестве чувствительных элементов используется рецепторная часть биологических органов чувств, ферменты и другие вещества, а также – электронная часть, формирующая измерительные сигналы.

По взаимодействию с источниками информации датчики делятся на контактные и бесконтактные (дистанционного действия) [15].

По виду измерительных сигналов датчики делятся на аналоговые и цифровые. Для анализа работы аналоговых и цифровых датчиков должен быть использован соответствующий виду анализируемых сигналов математический аппарат.

Большое число датчиков в рассматриваемых БСС для лесной отрасли являются электрическими, что обусловлено удобством передачи электрических величин с высокой скоростью, универсальность электрических величин (любые другие величины могут быть преобразованы в электрические и наоборот), они точно преобразуются в цифровой код и позволяют достигнуть высокой точности.

Особенности применения БСС на лесных территориях

Антропогенное влияние на леса, географические и ландшафтные особенности лесных территорий выдвигают на первый план решение задачи оптимального расположения узлов сети на лесных участках в выбранной архитектуре БСС. Леса с их неоднородностью строения, плотности древостоя, различным географическим положением существенно влияют на возможности инфокоммуникационного взаимодействия внутри сетей.

Путь прохождения радиоволн от маршрутизатора к приемнику датчика и обратно крайне разнообразен - от прямой видимости до направления, сильно закрытого кронами и стволами деревьев. В отличие от проводной связи, где параметры постоянны в беспроводной сети радиоканалы передачи данных имеют случайные параметры, часто довольно сложно анализируемые.

Механизм распространения радиоволн различен, но в основном может быть представлен отражением, дифракцией и рассеянием [16]. Большинство систем работают в местах с отражающими элементами, где нет прямой видимости антенн передатчика и приемника, а наличие высоких деревьев вызывает большие дифракционные потери. Благодаря многократным переотражениям от различных объектов, радиоволны проходят различный путь.

Вышерассмотренные особенности оказывают существенное влияние на решение задач выбора и обоснования архитектуры сенсорной сети, оптимального размещения узлов-

сенсоров на больших территориях, помимо этого, необходимо также учитывать и другие особенности территорий земель лесного фонда(рис. 12).

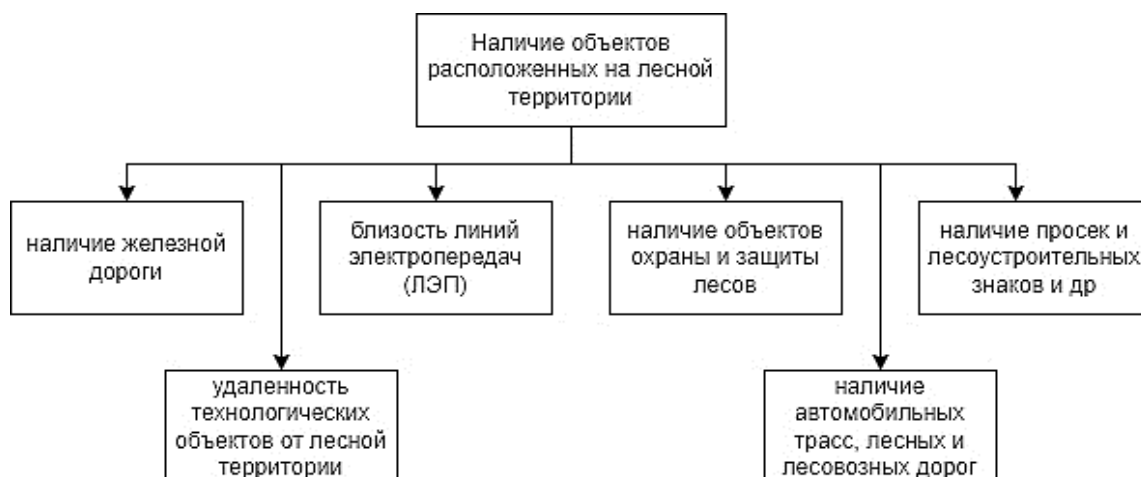


Рис. 12 Наличие иных объектов на лесной территории, влияющие на возможности инфокоммуникационного взаимодействия внутри сетей

Сегодня технологии БСС, являются, одними из перспективных технологий, при помощи которых успешно решаются задачи контроля и мониторинга состояния лесов, обеспечивающие длительное использование системы без необходимости замены её устройств при отсутствии энергообеспечения и технического обслуживания в местах развертывания сети.

Исходя из определения БСС – это совокупность миниатюрных необслуживаемых распределённых в пространстве вычислительных устройств, имеющих в своём составе датчики (сенсоры) и приемо-передающие устройства, работающие в радиодиапазоне и образующие самоорганизующуюся информационно-вычислительную систему сбора обработки и передачи информации [9].

В БСС поддерживаются различные типы сетевых топологий, но наиболее подходящей для мониторинга лесных территорий является ячеистая топология, где все моты (узлы) обладают функциями маршрутизации.

Возможности самовосстановления сетей ячеистой топологии в случае выхода из строя некоторых мотов при лесных пожарах или других негативных воздействиях позволят достаточно быстро формировать сеть с новой конфигурацией [9]. Информация, собираемая сетью, передается на шлюз, являющийся таким же мотом, как и все остальные, но с расширенной функциональностью. Он выполняет координирующие функции, связанные с организацией работы БСС, связан с корпоративной сетью с помощью проводной или беспроводной связи и не имеет в своем составе сенсоров. Следует заметить, что сенсорные сети могут быть развернуты на масштабных территориях с числом узлов порядка нескольких сотен или даже тысяч как в пределах одного лесничества, так и нескольких, или даже на всей лесной территории региона. Для эффективного применения БСС в системах мониторинга лесных территорий узлы предлагается располагать не произвольно, а по заранее разработанному плану.

Реализация плана размещения сенсорных узлов может осуществляться как наземным способом, так и с помощью дронов и авиации. Выбор того или иного способа зависит от масштаба лесной территории, удалённости её от населённых пунктов и цели проводимого мониторинга.

Трудность установки кабеля – фактор, который даёт БСС неоспоримое преимущество. БСС используют 4 способа передачи данных (рис. 13).

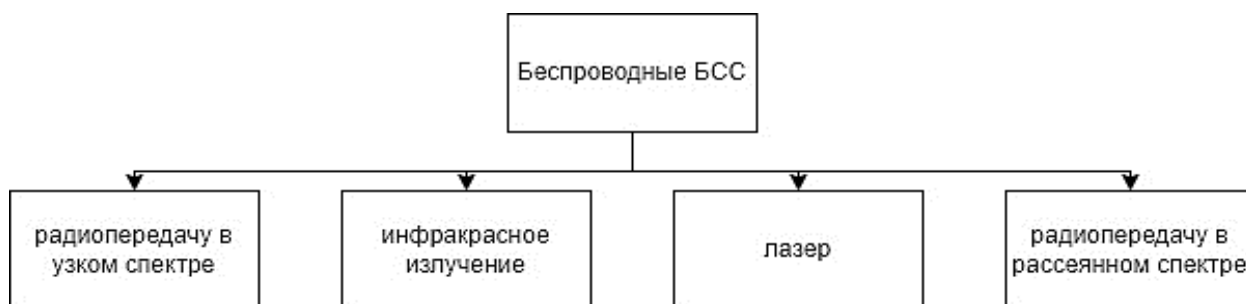


Рис. 13 Способы передачи данных, используемые БСС

При одночастотной радиопередаче (в узком спектре) передатчики и приемники настраивают на определённую частоту, данный способ очень схож с вещанием обычной радиостанции. Площадь вещания 4,5 км², прямая видимость не обязательна. При радиопередаче в рассеянном спектре сигналы передаются в некоторой полосе частот, где доступные частоты разделены на каналы.

БСС для мониторинга лесных территорий

Применительно к архитектуре информационной системы мониторинга лесных территорий выделяют три уровня (рис. 14).



Рис. 14 Уровни в архитектуре ИС мониторинга лесных территорий

Каждому уровню соответствуют свои аппаратные и программные средства. Аппаратные средства первого уровня – это узлы и шлюзы.

Серверный уровень составляет оборудование, обеспечивающее дальнейшее перемещение в обработку мониторинговой информации в корпоративной системе, а также интернет, которые вместе взаимодействуют с аппаратурой сенсорной сети через шлюзы. Именно на этот уровень шлюз передаёт данные сенсоров, которые в дальнейшем проходят основную обработку, хранение и по запросам передаются на пользовательский уровень в виде удобном для анализа.

Клиентский уровень оснащается рабочими станциями, ориентированными на обработку больших объёмов разнородной информации. Отдельный его сегмент составляют рабочие станции, оснащённые программными средствами виртуализации и анализа функционирования сенсорной сети. Все эти средства подключены к сервер мониторинговой системы по проводной сети или по интернету.

На основании ГОСТ 24402-88 и ГОСТ Р ИСО/МЕК 29182-1-2018 [17, 18] (рис. 15), а также научных работ учёных из СПбГЛТУ [9], рекомендуется схема структуры информационной системы мониторинга лесных территорий (рис. 16).

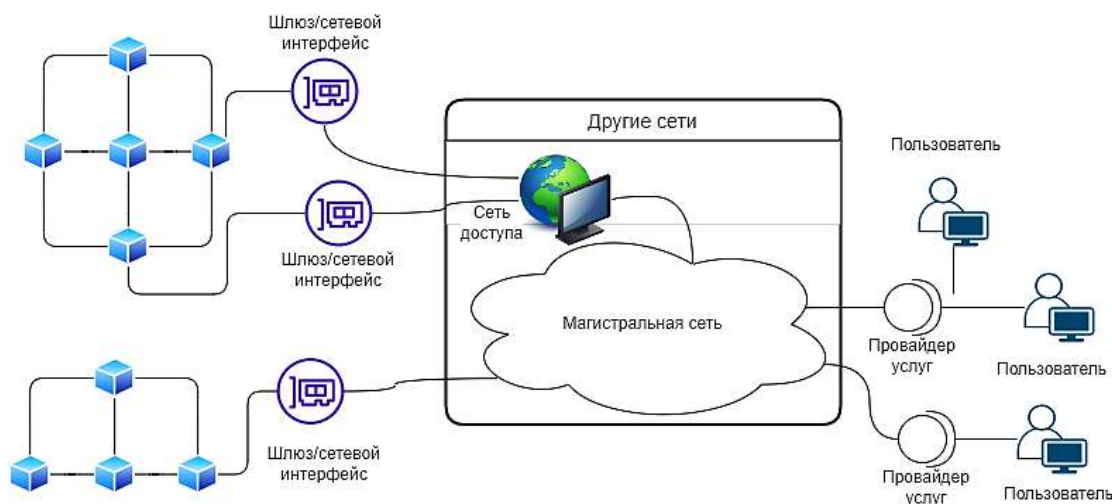


рис. 15 Сенсорная сеть соединенная с другими сетями

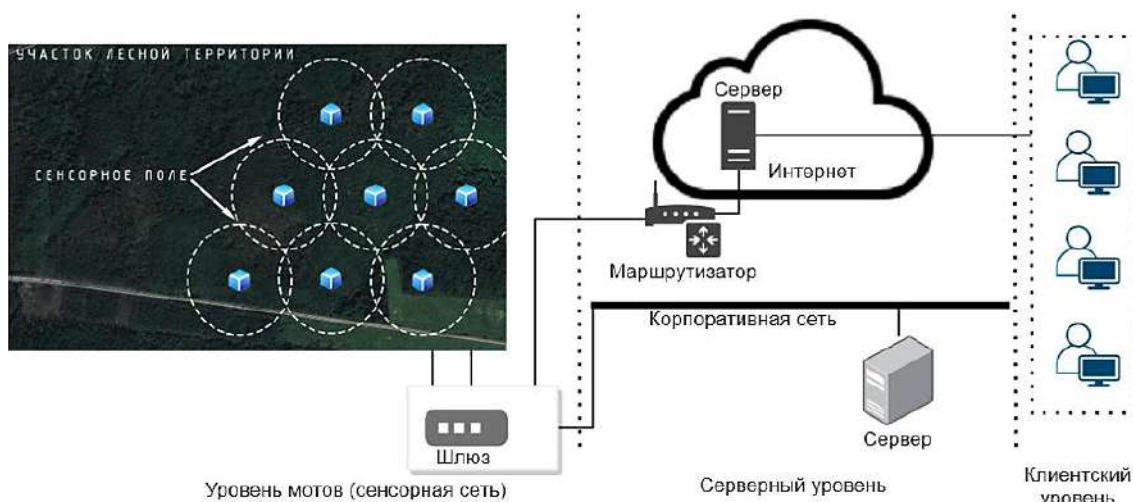


Рис. 16 Структура информационной системы мониторинга лесных территорий

Использование способности узлов ретранслировать сообщения можно обеспечить значительную площадь покрытия даже при малой мощности передатчиков. Информация передаётся от одних датчиков к другим по цепочке и в итоге ближайшие к узлу датчики сбрасывают ему всю аккумулированную информацию. Для выполнения указанных функций на каждый датчик устанавливается специализированная ОС.

Следует отметить, что рассматривая взаимодействие клиентского и серверного уровней у авторов работы имеется задел в данной области по созданию алгоритма работы сервера аппаратно-программного комплекса с использованием датчиков углекислого газа для точных показаний в лесу [19], где выделены главные части: узел-сбор данных, брокер-отправка данных, сервер-обработка и структурирование данных, администратор-управление основными параметрами сервера и результатами его работы.

Надёжность функционирования БСС при мониторинге лесных территорий

При мониторинге лесных территорий большого размера, зачастую труднодоступных, высокая надёжность функционирования таких сетей обеспечивается за счёт функционально заложенной в ней устойчивости к отказу отдельных узлов по различным причинам (появление помех, препятствий, физических повреждений). Это позволяет использовать и эксплуатировать сеть на лесных территориях с различными таксационными, антропогенными и ландшафтными характеристиками, которые неоднократно оказывают негативное влияние на передачу сообщений в сети. При этом узлы самостоятельно определяют оптимальные маршруты доставки данных и корректируют их при изменении топологии сети по указанным причинам, поэтому в действительности БСС являются самонастраиваемыми. Но в любых случаях доступными для каждого узла оказываются

только сенсоры, находящиеся в зоне действия друг друга, однако сенсорная сеть продолжает полноценно функционировать и предоставлять необходимые данные даже если сенсор или группа сенсоров, принадлежавшей сети выйдет из строя (рис. 17).

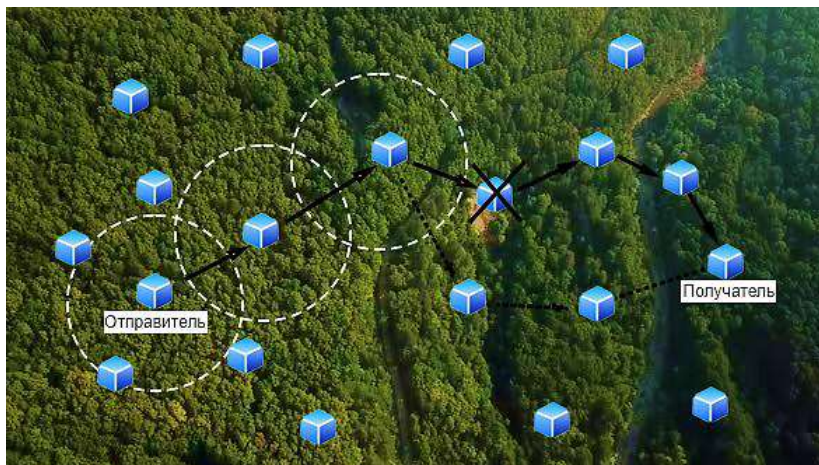


Рис. 17 Пример определения оптимального маршрута при неисправности одного из узлов

Обратим внимание на вышепредставленный пример, где при нарушении передачи (перечёркнутый узел) обеспечивается создание нового пути (штрихованные линии). Такая возможность обеспечивается заложенными в алгоритм программными средствами. Маршрут «в обход» формируется on-line с учётом расположения ближайших соседних узлов, чем обеспечивается реконфигурация сети без остановки её работы.

Шлюзы, как обязательное оборудование сети агрегируют мониторинговую информацию, которая фокусируется большим количеством различных датчиков и затем пересылается на него, сформированными на узлах информационными пакетами с данными о состоянии лесных территорий. В шлюзе процессором по специальным алгоритмам осуществляется окончательная обработка мониторинговой информации и затем по коммуникационной системе передаётся пользователям ИС для анализа и принятия решений.

Все узлы, которые используют для взаимодействия беспроводные радиоканалы – снабжены антеннами.

Передача пакетов мониторинговых данных по сенсорному полю к шлюзу проводится от сенсорного узла к шлюзу. Если данное условие не выполняется, то пакеты данных передаются последовательно от узла к другому ближайшему узлу пока пакет не достигнет шлюза.

Также важно отметить, что сенсорное поле БСС необходимо строить как совокупность беспроводных сенсоров, развёрнутых на лесной территории на условиях их устойчивой связности для обеспечения надёжной связи между узлами, и, узлами и шлюзом. Количество сенсоров у каждого узла определяется также необходимой точностью мониторинга лесной территории.

Заключение

Сегодня технологии БСС являются практически единственными при помощи которых можно успешно решать задачи мониторинга лесных территорий, обеспечивая возможность длительного использования системы без необходимости замены её устройств в местах развёртывания сети.

Для практической реализации структурно-функциональной схемы БСС проведён обоснованный обзор оборудования, аппаратных компонентов и способов передачи информации на лесных территориях.

Предложена ИС мониторинга леса с применением БСС, которая обеспечивает эффективное решение задач контроля территории с малыми затратами. Развёртывание такой сети рекомендуется в труднодоступных лесных территориях, где сложно и дорого реализовать классические проводные сети.

В статье также рассмотрена конфигурация сети, где функционально заложена устойчивость к отказу отдельных узлов по различным причинам, которые являются самонастраиваемыми. Это позволяет использовать и эксплуатировать сеть на лесных территориях с различными таксационными, антропогенными и ландшафтными характеристиками.

Библиографический список

1. WWF. Система мониторинга «КЕДР» / [Электронный ресурс]. Режим доступа:<https://wwf.ru/what-we-do/ekoregulirovanie/legalmethods/sistema-monitoringa-kedr/> (дата обращения:29.11.2022).
2. Специализированный журнал для лесозаготовителей. WI-FI в лесу / [Электронный ресурс]. Режим доступа:<https://lesozagotovka.com/rybriki/infrastruktura/wi-fi-v-lesu/>(дата обращения:29.11.2022).
3. Dampage, U., Bandaranayake, L., Wanasinghe, R. et al. Forest fire detection system using wireless sensor networks and machine learning. SciRep 12, 46 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03882-9>
4. Hakim, G.P.N.; Nabaebi, M.H.; Toha, S.F.; Islam, M.R.; Yusoff, S.H.B.; Adesta, E.Y.T.; Anzum, R. Near Ground Pathloss Propagation Model Using Adaptive Neuro Fuzzy Inference System for Wireless Sensor Network Communication in Forest, Jungle and Open Dirt Road Environments. Sensors 2022, 22, 3267. <https://doi.org/10.3390/s22093267>
5. Патент № 2574898 С2 Российская Федерация, МПК А01G 23/00. Система мониторинга лесных массивов : № 2013144103/13 : заявл. 01.10.2013 :опубл. 10.02.2016 / В. Н. Цыркин, М. М. Гайсин ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное предприятие "Ижинформпроект". – EDN DCSBQH.
6. Высокоточная система обнаружения лесных пожаров на ранней стадии Лесной Дозор / [Электронный ресурс]. Режим доступа:<http://lesdozor.ru/> (дата обращения:29.11.2022).
7. Бойцов, А. К. Современные беспроводные технологии в лесном хозяйстве / А. К. Бойцов, С. П. Хабаров // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве : Материалы III международной научно-практической конференции молодых ученых, Санкт-Петербург, 06–08 ноября 2019 года. – Санкт-Петербург: Полиграф-Экспресс, 2019. – С. 138-141.
8. Метод мониторинга незаконных рубок деревьев с использованием радиочастотных устройств и беспроводной сенсорной сети / С. П. Санников, В. В. Побединский, И. В. Бородулин, А. А. Побединский // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – № 1(33). – С. 118-123. – DOI 10.18324/2077-5415-2017-1-118-123.
9. Заяц, А. М. Информационная система мониторинга лесов и лесных пожаров с использованием беспроводных сенсорных сетей / А. М. Заяц, А. А. Логачев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 216. – С. 241-254. – DOI 10.21266/2079-4304.2016.216.241-254.
10. Заяц, А. М. Обзор беспроводных сенсорных сетей и технологий информационных систем оценки лесной пожароопасности и мониторинга лесов / А. М. Заяц, М. И. Думов // Информационные системы и технологии: теория и практика : Сборник научных трудов, Санкт-Петербург, 26 января 2016 года / отв. ред. А. М. Заяц. Том Выпуск 8. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2016. – С. 9-21.
11. Ногин, А. А. Основные элементы структурной архитектуры сенсорных узлов / А. А. Ногин // Научный журнал. – 2018. – № 5(28). – С. 37-39.
12. Калантаев, П. А. Web-семантическая сенсорная сеть мониторинга окружающей среды / П. А. Калантаев, В. П. Пяткин // Гео-Сибирь. – 2010. – Т. 4. – № 1. – С. 97-101.

13. Казьмина, И. Г. Химические сенсоры в системе экологического мониторинга / И. Г. Казьмина, Л. Т. Рязанцева, В. И. Федянин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – № 2. – С. 144-146.
14. Колмогорова, С. С. Интернет вещей. Общие принципы : Учебное пособие для студентов вузов всех направлений подготовки / С. С. Колмогорова, С. В. Бирюков, А. К. Бойцов ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Омский государственный технический университет. – Санкт-Петербург : Общество с ограниченной ответственностью «Ренومه», 2022. – 108 с. – ISBN 978-5-00125-685-4. – DOI 10.25990/xnqk-p796.
15. Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский. Сети связи: Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВСанкт-Петербург, 2010.– 400 с., илл. ISBN 978 5 9775 0474
16. Герц, Э. Ф. Использование радиочастотных устройств для мониторинга экологической ситуации в лесах / Э. Ф. Герц, С. П. Санников, В. М. Соловьев // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 1(93). – С. 37-39.
17. ГОСТ 24402-88 Телеобработка данных и вычислительные сети. / [Электронный ресурс]. Режим доступа:<https://docs.cntd.ru/document/1200015767>(дата обращения: 30.11.2022).
18. ГОСТ Р ИСО/МЕК 29182-1-2018 Эталонная архитектура для сенсорных сетей (SNRA) / [Электронный ресурс]. Режим доступа:<https://docs.cntd.ru/document/1200160384>(дата обращения: 30.11.2022).
19. Мокринский, А. А. Сервер аппаратно-программного комплекса с использованием датчика углекислого газа для точных показаний в лесу / А. А. Мокринский, И. Д. Бажунов, А. К. Бойцов // Информационные технологии и автоматизация управления : Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, работников образования и промышленности, Омск, 27–28 мая 2022 года / Отв. редактор А.В. Никонов. – Омск: Омский государственный технический университет, 2022. – С. 199-206.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Двадцатова Т.В., Вагизов М.Р., Подлужная А.А.

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

Ключевые слова: газон, экология, беспилотные летательные аппараты

В статье описан первый этап сбора данных по изучению городских газонов с применением беспилотных летательных аппаратов. Рассматривается способ исследования газонов на объектах зеленых насаждений общего пользования в Санкт-Петербурге с применением беспилотных летательных аппаратов. Описан проект методики по использованию БЛА.

The use of unmanned aerial vehicles for the study of lawns in various environmental conditions

Dvatsatova T.V., Vagizov M.R., Podluzhnaya A.A.

Saint-Petersburg state forest technical university, Saint-Petersburg

Key words: lawn, ecology, unmanned aerial vehicles

Abstract: the article describes the first stage of data collection on the study of urban lawns using unmanned aerial vehicles. A method of studying lawns at public green spaces in St. Petersburg using unmanned aerial vehicles is considered. A draft methodology for the use of UAVS is described.

Введение

Газон является основной и неотъемлемой составляющей в системе зеленых насаждений любого города [3]. В озеленении городов важное санитарно-гигиеническое, архитектурно-художественное и экономическое значение отводится газонам. Культурный газон – это искусственный покров, создаваемый путём выращивания различных трав, преимущественно многолетних злаковых видов, образующих в результате многолетнего развития дернину [6].

В процессе интенсивной урбанизации происходит неизбежное загрязнение окружающей среды [1]. Актуальность темы изучения газонов обусловлена непрерывным ростом и развитием Санкт-Петербурга, его плотной застройкой в центральной части города, большим потоком автотранспорта, высокой рекреационной нагрузкой на объекты озеленения, что негативно сказывается на устойчивости насаждений, в частности газон. В связи с этим важно регулярно проводить мониторинг насаждений [5].

Методика работы

Участки для исследования газонов были определены по методике «Ассортимент растений, функциональные особенности газонных растений, уход за газоном, опылители, посещающие газоны». Местоположение участка - профиля на объекте определялось в зависимости от экологических условий и степени рекреационной нагрузки. Всего на объекте выделено четыре типа профиля: солнечный вытопанный (СВ) – профиль 1, солнечный не вытопанный (СНВ) – профиль 2, теневой вытопанный (ТВ) – профиль 3, теневой не вытопанный (ТНВ) – профиль 4. Профили 1 и 3 имеют высокую степень рекреационной нагрузки, профили 2 и 4 не имеют рекреационной нагрузки, либо она выражена слабо. Методика была дополнена фотографированием газона, результаты которого затем будут использованы для разработки алгоритмов искусственного интеллекта по автоматическому распознаванию объективных характеристик газона [4].

Цель исследования: собрать данные в виде снимков газона с применением БПЛА для исследования изменения состояния газона в различных экологических условиях.

Задачи:

1. Разработать методику проведения съемки газонов с применением БЛА;
2. Собрать массив данных для разработки систем машинного обучения (ИИ), специализированных для мониторинга и анализа газона.

Объекты исследования: объектами исследования являются 25 объектов зеленых насаждений общего пользования (ЗНОП) в городе Санкт-Петербурге, утвержденные Комитетом по благоустройству [2]. На первом этапе работы в 2022 году съемка проведена на 10 объектах исследования. Второй этап сбора данных запланирован на летний период 2023 года.

Результаты исследования

В результате проведения сбора данных выполнено 39 полетных заданий. Использование технологий беспилотных-летательных аппаратов позволяет проводить не только мониторинг в заданных условиях, но и обеспечивать сбор информации на небольших территориях, в частности это могут быть экспериментальные участки и постоянные пробные площади, исследуемые в рамках проекта по изучению газонов. Перед проведением полётов в программе Google Earth Pro проводилась предварительная оценка территории для будущего проведения полёта (рис.1).

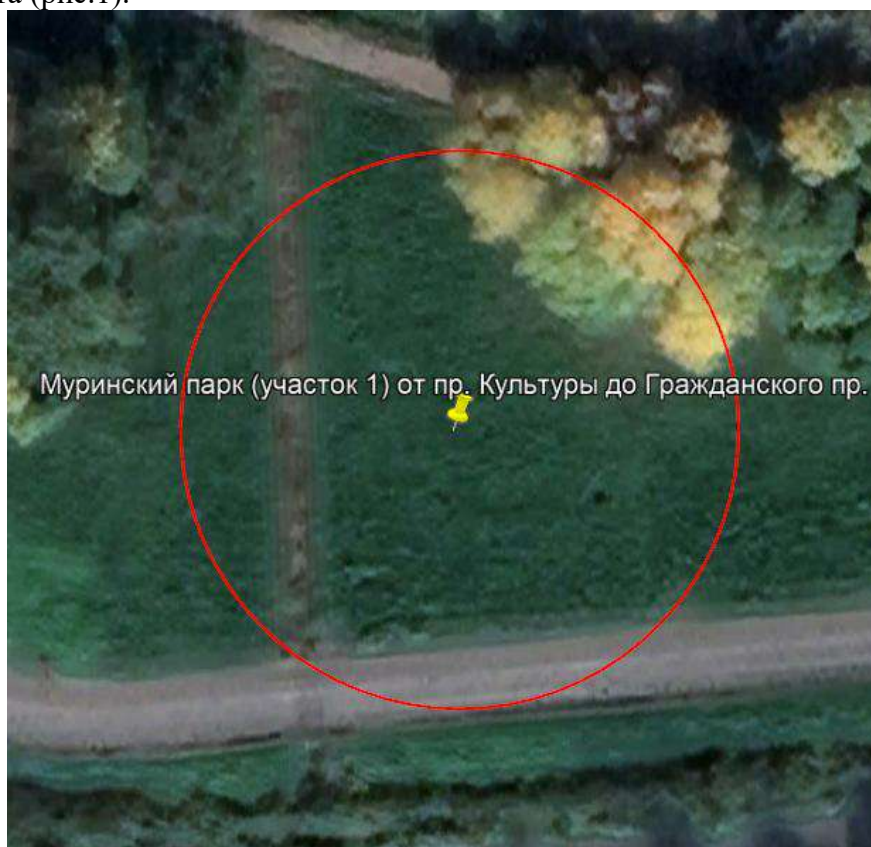


Рис.1 Радиус съёмки экспериментальной площадки над газоном в Муринском парке Санкт-Петербурга.

Fig.1 Survey radius of the experimental site above the lawn in Murinsky Park, St. Petersburg.

В период исследования в 2022 году собраны данные снимков участков газона с помощью БПЛА (квадрокоптер DJI Air 2s). Особенность съёмки газонов на опытных участках состояла в соблюдении определённых требований проведения полёта на сверхнизких высотах до 10 метров над уровнем земли. Особенность съёмки и пространственное разрешение выходного изображения полученного с высоты съёмки более 15 метров не позволит сформировать детальное представление состава газона в виду недостаточной возможности отображения травянистой растительности являющейся основным элементом газона, поэтому при проведении полётов были определены две высоты полётов наиболее подходящих для процедуры съёмки газонов 3 метра и 5 метров (рис. 2-3).



Рис. 2. Пример полученных изображений с БЛА DJI Air 2s: 3 м
Fig. 2. Example altitude images obtained from the DJI Air 2s UAV: 3 m



Рис. 3. Пример полученных изображений с БЛА DJI Air 2s: 5 м
Fig. 3. Example altitude images obtained from the DJI Air 2s UAV: 5 m

Технология проведения полёта средствами аппарата класса «мини» отработывалась в два этапа. На первом этапе, оператором было отмечено о необходимости использования телеоперационного управления БЛА (ручной режим) (рис. 4) с контролем высоты в реальном времени средствами встроенного программного обеспечения для съёмки газонов в парках. Поскольку постоянные пробные площадки зачастую находились под пологом насаждений, на некоторых площадках были получены изображения лишь на высоте 3 метра, а на высоте 5 метров, ввиду особенностей строения древесного полога, сформировать полётное задание для его выполнения в автоматизированном режиме представлялось не целесообразным(рис.5). При проведении полёта перед началом его выполнения, для контроля работы необходимо проверить все заданные характеристики: высоту и скорость движения БЛА от точки к точке, это позволит избежать ошибок в ходе выполнения полёта.

Так в научных работах [7,8] предложены оптимизации построения траекторий полётов при помощи программно-математического алгоритма на базе решения задачи Машины Дубинса.

Второй особенностью проведения полётов, в рамках съёмки газонов на экспериментальных площадках являлось, необходимость снижения крейсерской скорости БЛА, до 4-5 метров в час, связано это с тем, что при установке параметра скорости движения БЛА, и захвата объективом изображения (количества кадров в секунду), быстрый ход движения воздушного судна, установленный по умолчанию, не позволял произвести фокусировку над экспериментальной площадкой, на которой был расположен газон, в связи с этим, на первых пробных площадках были выявлены дефекты на полученных фотографиях. Для решения поставленной задачи, исследователями было принято решение об изменении двух параметров на программном уровне управления БЛА. Для этого был снижен первый параметр - скорость полёта воздушного судна, что позволило обеспечить более плавный ход его движения, в свою очередь, это позволило оптическому устройству произвести фокусировку изображения над газоном перед его фотофиксацией. Изображения при такой технологии полёта, получались более четкими, детализированными и без дефектов (рис. 6).

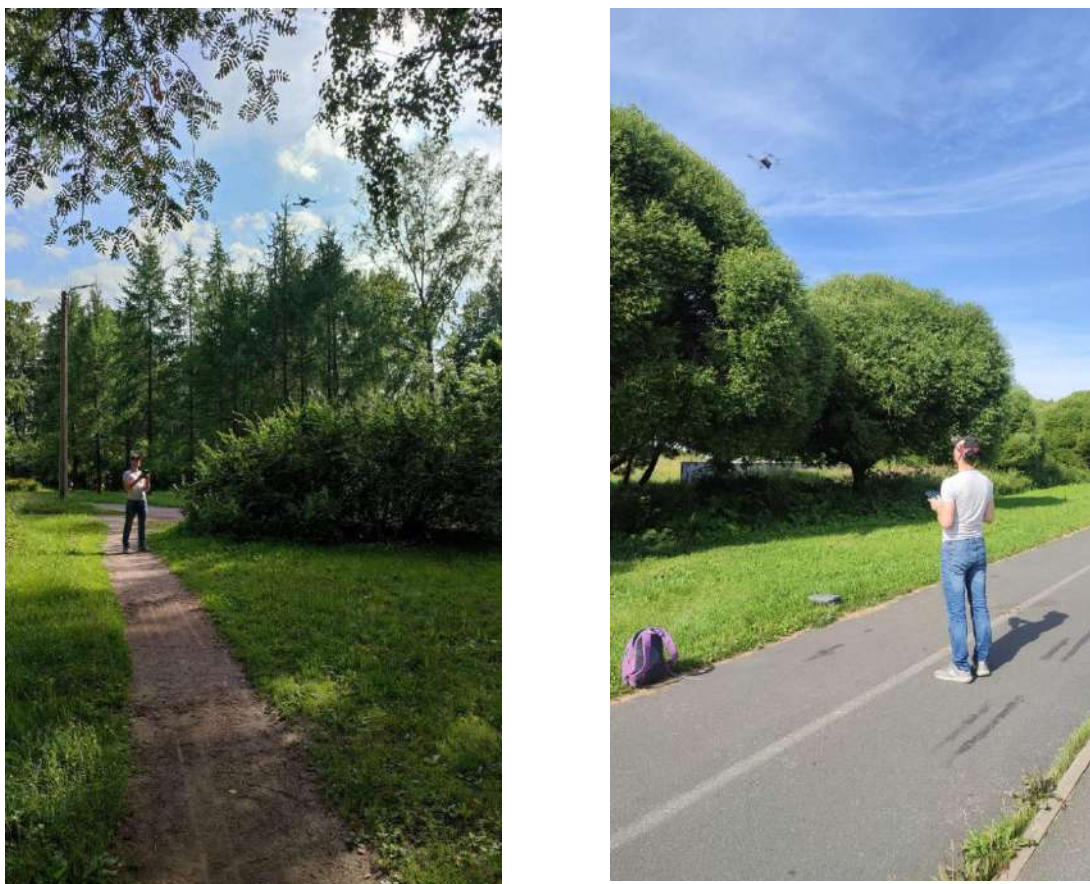


Рис. 4. Телеоперационное управления БЛА на объектах исследования
(ручной режим)

Fig. 4. Tele-operative control of UAVS at research facilities
(manual mode)

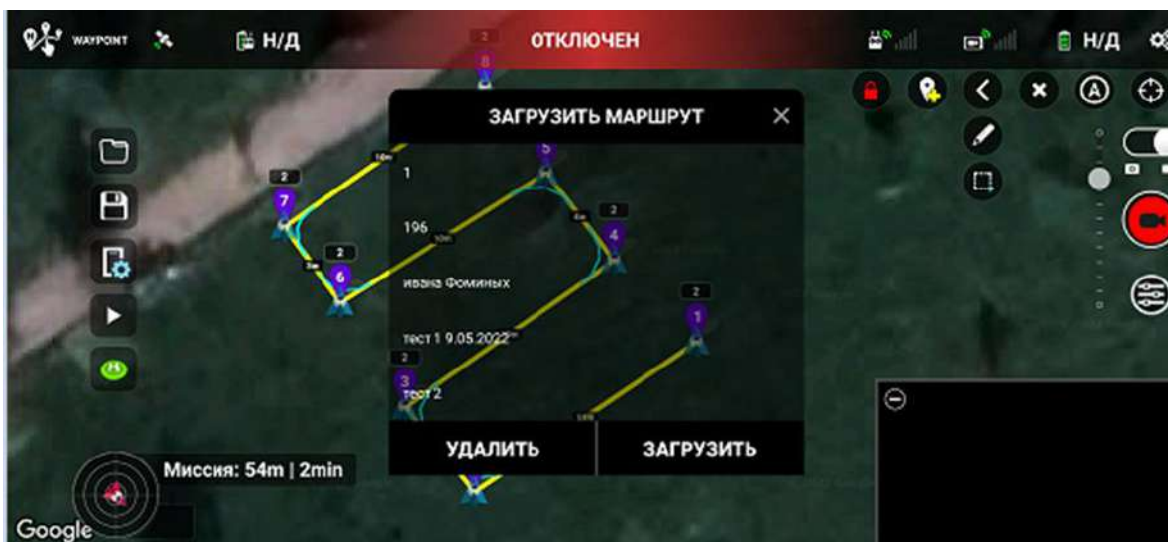


Рис. 5. Полётное задание для выполнения съёмки в автоматизированном режиме
 Fig. 5. Flight task for taking pictures in automated mode

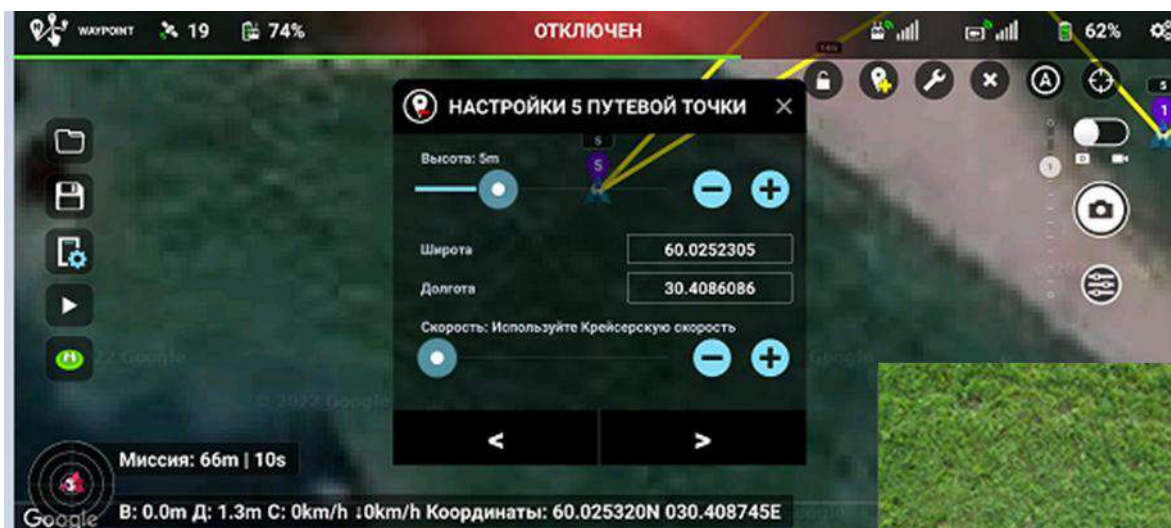


Рис. 6. Калибровка высоты полёта и скорости движения БЛА
 Fig. 6 Calibrating the flight altitude and speed of the UAV

Впоследствии полученные изображения позволят провести более точную обработку при помощи алгоритмов искусственного интеллекта.

Вторым изменённым параметром для особенностей технологии съёмки газонов, на программном уровне, было принято решение, о необходимости увеличения частоты захвата кадров фотоизображений, это связано с тем, что на небольших площадях, для съёмки газонов требовалось произвести репрезентативную выборку изображений для будущего анализа средствами машинного обучения, поэтому при проведении съёмки было принято решение, о необходимости увеличения частоты захвата кадров: с 1 секунды, на захват одного изображения каждые 0,5 секунды, что позволило, получить больший объём данных и обеспечить полноту собираемой информации без пробелов на небольших экспериментальных участках.

Выводы

При проведении съёмки газонов на сверхнизких высотах исследователями сделаны следующие примечания и выводы:

- собранный массив данных для разработки систем машинного обучения, специализированных для мониторинга и анализа газона составил 1300 снимков;
- проведение полётов необходимо проводить в режиме телеоперационного управления при наличии в прямой видимости насаждений;
- погрешности GPS не позволяют использовать полётное задание на полигоне менее 50 метров, ввиду возможного столкновения с препятствиями не видными в программах сопровождающих процесс полёта;
- стороннее программное обеспечение не проводит диагностику основных элементов БЛА перед его полётом.

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. Агальцова В.А. Основы лесопаркового хозяйства: учебник/В.А. Агальцова. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 213 с.
2. Адресная программа создания альтернативных газонов в Санкт-Петербурге, 2022 год
3. Аксенов Е.С. Декоративное садоводство для любителей и профессионалов. Деревья и кустарники / Е.С. Аксенов, Н.А. Аксенова. – М.: АСТ-ПРЕСС, 2001. – 560 с
4. Бубнова А.Б., Вагизов М.Р., Двадцатова Т.В., Крюковский А.С., Мельничук И.А. Применение беспилотных летательных аппаратов и наземных методов исследований для изучения изменения видового состава газонов в различных экологических условиях при воздействии рекреационной нагрузки (на примере Обуховского сквера, Санкт-Петербург) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 240. С. 64–83. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.240.64-83
5. Рысаева Д.А., Цымбал Г.С. К анализу состояния газонов на объектах озеленения центральных районов г. Санкт-Петербурга/Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины: материалы научно-технической конференции СПбГЛТУ по итогам НИР 2021 г. ИЛАСиОД. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2022. – С. 220-229
6. Теодоронский В.С. Садово-парковое строительство: Учебник для студентов спец. 260500 / В.С. Теодоронский. – М.: МГУЛ, 2003. – 336 с.
7. Вагизов М. Р., Хабаров С.П. Расчет траектории движения БПЛА с учетом требования снижения его скорости в конечной точке // Информация и космос. – 2022. – № 1. – С. 122-128.
8. Вагизов М. Р., Хабаров С.П., Соловьёв И.Б. Клиент-серверная архитектура модели системы формирования программных траекторий движения БПЛА // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. – 2022. – № 2(42). – С. 22-29.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК И СВОЙСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СОРБЕНТА «AG SORB»

Дурова А.С.¹, Гребенкин А.А.³, Гребенкин А.Н.²

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург

³ООО «Естественные технологии»

Ключевые слова: сорбенты, целлюлозно-бумажные отходы, загрязнение почв, нефтяное загрязнение, биоразложение.

В статье приведено изучение характеристик и свойств целлюлозного сорбента «AG sorb»; Оценена скорость биоразложения сорбента в контролируемых лабораторных условиях; Проведена оценка влияния степени загрязнения почв на скорость разложения сорбента в почве, а также дана оценка соответствия характеристик сорбента существующим нормативам и ГОСТам.

ASSESSMENT OF CHARACTERISTICS AND PROPERTIES OF CELLULOSE SORBENT "AG SORB"

Durova A.S.¹, Grebenkin A.A.³, Grebenkin A.N.²

¹Saint-Petersburg state forest technical university, Saint-Petersburg

²St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, St. Petersburg

³Natural Technologies

Key words: sorbents, pulp and paper waste, soil contamination, oil contamination, biodegradation.

The article presents a study of the characteristics and properties of the cellulose sorbent "AG sorb"; The rate of biodegradation of the sorbent under controlled laboratory conditions was evaluated; The influence of the degree of soil contamination on the rate of sorbent decomposition in the soil was assessed, as well as the conformity of the sorbent characteristics to existing standards and GOSTs was assessed.

Нефть является частым загрязнителем окружающей среды. ПДК нефтепродуктов в воде 0,3 мг/дм³, а содержание банз(а)пирена в почве 0,02 мг/кг [2,3]. Один из наиболее экологических и эффективных способов устранения нефтяного загрязнения на воде, технических площадках и почвах – применение различных нефтесорбентов. Применение нефтесорбента, производимого из отходов ЦБП, может позволить значительно снизить расходы на покупку сорбентов на предприятиях, а также сократить негативное влияние человека на окружающую среду за счет снижения объема отходов целлюлозно-бумажной промышленности.

Сорбенты – это вещества, твердые или жидкие, избирательно поглощающие (сорбирующие) из окружающей среды другие вещества путем адсорбции (поверхностного связывания молекул) и абсорбции (полного поглощения молекул).

Сорбенты используются в медицине (например, применение активированного угля при пищевых отравлениях, применение Полисорба при пищевой и хронической аллергии) [7], в быту (использование ионообменной смолы в бытовых фильтрах для воды) [5,6], в промышленности (ликвидация утечек нефти при помощи нефтесорбентов) [4,8].

Нефтесорбенты – это различные вещества, адсорбирующие или абсорбирующие нефтепродукты и органические химикаты.

На текущий момент при ликвидации аварийных разливов нефти используется более 200 видов современных сорбентов: сорбенты на основе модифицированного торфа, мха, целлюлозы, сыпучие органоминеральные сорбенты, сорбирующие синтетические полотна, сорбирующие фильтры, дренажные ловушки и др. Среди них выделяются 3 основные категории:

Неорганические – сорбенты, полученные из горных и минеральных пород, почвенных фракций. Например, глина, диатомит, песок, туфы, цеолит, пемза и т.д.

Органические природные и органоминеральные – сорбенты, изготовленные из материалов органического происхождения. Например, древесные опилки и щепа, шерсть, макулатура, модифицированный торф, сфагновый мох и т.д.

Синтетические – сорбенты, полученные из синтетических волокон различной толщины. Например, лавсан, полипропилен, полиуретан и др. виды пластиков [1].

Оценка скорости биоразложения сорбента AG Sorb в контролируемых лабораторных условиях

В период с 2018 – 2019 г на базе Лесотехнической академии С.М. Кирова и Университетом Технологии и дизайна ранее применялся указанный сорбент в ходе совместной работы студенческого научного общества, по теме «Влияние березового биоугля и сорбента, изготовленного из отходов целлюлозно-бумажной промышленности на биологическую активность загрязненных почв»:

Лабораторный эксперимент проводился в течение 28 календарных дней при контроле температуры и влажности, как воздуха, так и компостируемых образцов. В ходе эксперимента в лабораторных условиях образцы почвы равной массы (1 кг) были загрязнены солями, содержащими молибден, марганец, железо, хром (в 2-х концентрациях для каждого металла). Негативное влияние загрязняющих солей компенсировалось внесением двух типов почвенных мелиорантов. Результат сравнивался с чистыми незагрязненными образцами.

В ходе эксперимента контролировались следующие показатели: рН, скорость разложения льняной ткани (в каждом анализируемом образце), интенсивность выделения CO₂ (почвенное дыхание), содержание органического углерода. Часть показателей определялась в динамике, часть – в начале и конце эксперимента.

Кислотность (рН и Ес почвы) определяли непосредственно в сосуде переносным рН-метром в трех точках, а также на стационарном рН-метре: в начале эксперимента (после внесения сорбентов и солей металлов) и в конце эксперимента (через 28 дней).

Для измерения почвенного дыхания (CO₂) был выбран абсорбционный метод Штатнова, в котором количество выделившегося в течение определенного времени углекислого газа определяют по нейтрализации им раствора щелочи.

Углерод почвенной биомассы С орг. (органического углерода) измеряли в начале и конце эксперимента калориметрическим методом по ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества»

По результатам эксперимента, максимальная интенсивность почвенного дыхания в торфяном субстрате и дерново-подзолистой почве продолжалась в течении 14 дней в чистой почве и 22х дней при применении сорбента AG Sorb в дозировке из расчёта 3т/га. В черноземе продолжалась в течении 25 дней в чистой почве и 22-х дней при применении сорбента «AG sorb» в дозировке из расчёта 3т/га. [6,7,8,9].

Оценка влияния степени загрязнения на скорость разложения сорбента в почве.

Важно отметить, что существуют этапы рекультивации нефтезагрязненных земель. Согласно ГОСТ Р 59057-2020 «Охрана окружающей среды» включает в себя ряд мероприятий, которые направлены на восстановление плодородности почвы, подвергшейся различным видам загрязнений. А также на улучшение условий окружающей среды.

Вышеуказанным Госстандартом утверждены и требования к мероприятиям по охране окружающей среды, предпринимаемым при рекультивации, поражённых нефтью и нефтепродуктами земель. Сюда относятся:

- ускорение химического разложения (деградации) нефтяных продуктов;
- ликвидация излишков натрия и солей из почв.

Задачи по восстановлению земель от химического воздействия нефтесодержащих продуктов включают:

- удаление нефтяных разливов из структуры почв;
- техническая рекультивация;

Рекультивация осуществляется в несколько этапов. Каждый из них должен производиться в соответствии со строго определёнными сроками, оговорёнными в проектной части. Необходимые этапы рекультивации и сроки их выполнения зависят от нескольких факторов:

- уровень поражения,
- давность разлива,
- условия погоды конкретной местности и
- состояние её почв.

А также в соответствии с геохимическими и ландшафтными характеристиками и состояние биоценоза.

Загрязнения условно делятся на две разновидности, в зависимости от их уровня:

– умеренный: для устранения загрязнения в большинстве случаев достаточно активизировать процесс самоочищения почв путём внесения в их состав удобрений, биопрепаратов, специальных абсорбентов и обработки поверхности рыхлением или другим техническим приёмом;

– высокий: такие загрязнения требуют задействования специальных мер, включающих в себя создание аэробных условий и активацию процессов, окисляющих углеводородные вещества.

Для определения интенсивности загрязнения почвы используют различные методы градации и количественные уровни загрязнения. Уровни загрязнённости земель нефтью определены постановлением Совета Министров в 1993г, которые приняты за основу в большинстве разработанных методов позже (таблица 1). (Положение о порядке возмещения убытков собственникам земли, земледельцам, арендаторам и потерь сельскохозяйственного производства // Постановление Совета Министров – Правительства РФ от 28.01.1993 г. №77).

Таблица 1. Показатели уровня загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами

Уровень загрязнения	Содержание нефтепродуктов	
	мг/кг	%
Допустимый < ПДК	< 1000	< 0,1
Низкий	1000 – 2000	0,1 - 0,2
Средний	2001 – 3000	0,2 - 0,3
Высокий	3001 – 5000	0,3 - 0,5
Очень высокий	> 5000	> 0,5

Если рекультивация земельных участков производится с целью выращивания на них в будущем сельхоз культур, то после завершения восстановительных работ необходимо проведение анализов агрохимической и санитарно-эпидемиологической службами на выявление остатков нефтепродуктов. Только в случае отсутствия каких-либо нефтяных примесей, угрожающих здоровью людей и животных, разрешается посев и выращивание сельскохозяйственных культур.

В противном случае, на поражённых землях сажаются деревья не только с целью увеличения лесных территорий, но и для улучшения условий окружающей среды и защиты почвы от коррозии. В некоторых случаях на местах разлива создаются заповедники и рекреационные зоны [12,13].

В связи с способностью сорбента полностью разлагаться в почве и отсутствию в составе сорбента веществ, нормируемых в почвах по современным нормативным документам - при умеренном уровне нефтезагрязнения существует возможность применения нефтесорбента без его дальнейшего сбора и утилизации с последующим проведением анализов агрохимической и санитарно-эпидемиологической службами на выявление остатков нефтепродуктов.

Таким образом, сорбент AG Sorb способен разлагаться в почвах. Скорость разложения будет зависеть от состояния почвенного комплекса и внешних климатических условий. В контролируемых лабораторных условиях время разложения сорбента в почве – 22-25 дней [6,7,8,9].

Оценка ориентировочная скорости биодеструкции сорбента AG Sorb в разных климатических регионах.

По данным лабораторного эксперимента – скорость разложения сорбента в различных типах почвы и органических субстратах составило 22-25 дней в контролируемых лабораторных условиях время разложения сорбента в почве [1,3,4,5].

Наравне с исходным уровнем нефтезагрязнения - внешние условия (температура, влажность, уровень органического вещества в почве) будут значительно влиять на скорость биодеструкции сорбента в почве. [6,7,8,9].

Для соотнесения внешних факторов с продолжительностью биодеструкции используем такую характеристику как продолжительность вегетационного периода по территории РФ, тк данный показатель может служить основанием для расчёта скорости биодеструкции сорбента.

Приказ Рослесхоза от 15.03.2018 N 173 "О внесении изменений в Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов, утвержденные приказом Рослесхоза от 10.11.2011 N 472" содержит таблицу «продолжительности вегетационного периода по территории российской федерации»:

Таблица 2. Продолжительности вегетационного периода по территории Российской Федерации

п/п	Продолжительность вегетационного периода	Субъекты Российской Федерации, административно-территориальные образования
-----	--	--

	Н ачало	К онец	К ол-во месяцев	
	0 1.VI	0 1.X	4	Республика Коми; Республика Саха (Якутия); Красноярский край; Камчатский край; Архангельская область - муниципальные районы; Мезенский; Магаданская область; Мурманская область; Сахалинская область; Чукотский автономный округ; Ненецкий автономный округ; Ямало-Ненецкий автономный округ
	0 1.VI	15.X	5	4, Республика Карелия; Республика Бурятия; Республика Коми; Республика Саха; Якутия; Красноярский край; Архангельская область; Иркутская область
	1 5.V	1 5.X	5	Республика Бурятия; Хабаровский край; Иркутская область; Сахалинская область; Томская область; Тюменская область
	1 5.V	0 1.XI	5	5, Республики: Алтай, Карелия, Удмуртская, Тыва; Края: Алтайский, Красноярский, Пермский, Хабаровский; Области: Амурская, Вологодская, Кемеровская, Кировская, Курганская, Новосибирская, Омская, Свердловская
	1 5.V	1 5.XI	6	Все остальные субъекты Российской Федерации и части их, не вошедшие в данную таблицу

С учетом различного уровня осадков, содержания органического вещества в различных регионах, а также разной длительностью вегетационного периода (4-6 месяцев) скорость биодеструкции сорбента будет варьировать от 3х до 9ти месяцев (если в период будут входить месяцы между вегетационными периодами). При этом, чем длиннее вегетационный период в регионе, тем быстрее будет происходить разложение сорбента в почве.

оценка соответствия характеристик сорбента существующим нормативам и ГОСТам

Вопросы утилизации сорбентов и сорбирующих изделий, которые впитали в себя нефтепродукт, а также другие виды отходов описаны в следующих документах:

- Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» №89 от 24.06.1998г.
- Приказ Минприроды России от 08.12.2020 № 1026 «Об утверждении порядка паспортизации и типовых форм паспортов отходов I — IV классов опасности».
- Приказ Минприроды России от 08.12.2020 № 1027 «Об утверждении порядка подтверждения отнесения отходов I — V классов опасности к конкретному классу опасности».
- Приказ Минприроды России от 08.12.2020 № 1028 «Об утверждении Порядка учета в области обращения с отходами».
- Постановление Правительства РФ от 03.12.2020 № 2010 «Об утверждении Правил представления производителями товаров, импортёрами товаров отчетности о выполнении нормативов утилизации отходов от использования товаров».

Не смотря на то что в большинстве документов требования к сорбентам вообще отсутствуют, все же ряд исследований позволяет выявить следующие требования, наиболее часто предъявляемые к сорбентам при их закупке и использовании.

3.1 Начнем с требований, часто применяемых при формировании госзакупок и регламентированных по ГОСТ и ИТС:

1) Сорбент должен быть безвредным веществом или в крайнем случае должен относиться к четвертому классу опасности (вещества малоопасные) по степени воздействия на организм в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76.

Анализируемый сорбент AG Sorb удовлетворяет указанному требованию и в соответствии с предоставленными документами относится к веществам 4 класса опасности.

Применение сорбентов с указанными свойствами позволит минимизировать требования безопасности, в частности по выполнению комплексов организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

2) Сорбент должен быть негорючим (несгораемым) или трудно горючим (трудно сгораемым) в соответствии с ГОСТ 12.1.044-2018 (ИСО 4589-84) (с 1 июля 2022 г применяется для технического регламента)

По данным, приведенным в паспорте безопасности, сорбент AG Sorb обладает термостойкостью 220о С

Для определения горючести сорбента данных, предоставленных производителем недостаточно., однако и прямого требования к определению класса горючести в ГОСТ 12.1.044-2018 не предусмотрено. В данном случае предоставленных данных недостаточно. Требования на прямую касающихся сорбентов для устранения нефтезагрязнения нет, а значит и говорить о несоблюдении нормативов нельзя.

Применение сорбента с указанными группами горючести необходимо для минимизации требований при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с требованиями норм технологического проектирования и при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

8) Сорбент должен относиться к разряду безопасных – по потенциальной опасности вызывать пожар, усиливать опасные факторы пожара, отравлять среду обитания (воздух, воду, почву, флору, фауну и т.д.), воздействовать на человека через кожу, слизистые оболочки дыхательных путей путем непосредственного контакта или на расстоянии как при нормальных условиях, так и при пожаре в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91. Указанное требование необходимо для минимизации условий хранения сорбента для его применения в городской среде.

По данным, приведенным в паспорте безопасности, сорбент AG Sorb обладает термостойкостью 220о С

Для определения разряда безопасности сорбента данных, предоставленных производителем недостаточно., однако при применении сорбента вне пределов городской среды использование ГОСТ 12.1.004-91 не предусмотрено.

4) После работы сорбент должен утилизироваться в соответствии с: ИТС 9-2015 Способ обезвреживания нефтесодержащих отходов (сорбент + нефтепродукты) – термический способ (сжигание) или с биологический метод обезвреживания и утилизации в соответствии с НТД 2 «Наилучшие доступные технологии для обезвреживания и утилизации нефтесодержащих отходов биологическим методом» п. 4.3 ИТС 15-2016.

Указанные способы обезвреживания и метод обезвреживания являются наиболее оптимальными для городской среды с учетом относительного небольшого количества удельного образования нефтесодержащих отходов и стабильности (постоянности) их образования [1,4,5].

Сжигание отходов можно осуществлять для получения тепловой энергии, например, в котельных установках.

Метод биоремедиации следует осуществлять на технологических площадках, которые необходимо обустроить при организованном сборе нефтесодержащих отходов, образующихся в городской среде.

По данным, выявленным предоставленным производителем: при применении сорбента AG-Sorb на почве или в естественных водоемах сбор и утилизация сорбента не требуется. Процесс биоразложения (биоремедиации) сорбента с поглощенным нефтепродуктом происходит в течение 3-6 месяцев.

При обработке твердых искусственных поверхностей возможна утилизация сорбента путем сжигания или захоронения согласно существующим правилам.

Данные по составу и свойству сорбента не противоречат указаниям данным производителем, однако требуют уточнения: биоремедиация позволяет не собирать сорбент с поверхности загрязненного участка только при умеренном и низком уровне загрязнения (когда возможна биодиструкция); а также требует дополнительных технических мероприятий (внесение удобрений и мелиорантов, вспашка и высеv сидератов на нарушенном участке).

Дополнительно выявлены экономические и биологические аспекты, оцениваемые при закупке сорбентов:

1) Сорбент должен характеризоваться низкой стоимостью. В настоящее время существует огромное количество сорбентов, стоимость которых изменяется в очень широких пределах. Низкая стоимость сорбента будет способствовать его использованию для сбора нефтепродуктов, тем более в городской среде. В таблице 1 приведена сравнительная характеристика учитывающая стоимость сравниваемых сорбентов.

Средняя цена сорбента AG Sorb значительно ниже конкурентов.

2) Сорбент должен являться природным материалом/обработанным природным материалом. Использование именно природных материалов или обработанных природных материалов в качестве сорбентов будет во многом способствовать низкой стоимости сорбента и соответственно его широкому применению в городской среде.

Исследуемый сорбент состоит из модифицированной целлюлозы, однако, не является продуктом переработки макулатуры, а значит не содержит веществ, применяемых при производстве чернил и краски для тонеров.

По сути данный сорбент можно отнести к обработанным природным материалам т.к. исходное сырье для его производства – древесина; после глубокой химической переработки в ходе работы ЦБП комплекса но до добавления в нее основных дополнительных веществ влияющих на цвет и структуру бумаги (Смола вводится для получения глянцевой поверхности, клей – для повышения прочности, красители – для создания оттенка. Парафиновая эмульсия делает бумагу пригодной для письма и печати изображений. Для отбеливания в массу добавляют мел и тальк.).

3) Распространенность/доступность сорбента (природного материала) в субъекте РФ и/или в соседних субъектах РФ, в котором планируется его использование Данное требование позволит повысить надежность поставок сорбента к потребителям и уменьшить его цену для потребителей.

Сорбент AG Sorb производится в России, сырьевая база расположена также в России.

б) Агрегатное состояние сорбента – твердые вещества и материалы. Применение пыли нежелательно, так как возможен унос частиц сорбента под воздействием ветра.

Агрегатное состояние сорбента AG Sorb – твердое вещество Рассыпчатая смесь в виде гранул.

9) Сорбент должен обладать оптимальной сорбционной емкостью к нефтепродуктам (к типам нефтепродуктов) Как правило, природные материалы и сорбенты на их основе имеют невысокую сорбционную емкость к нефтепродуктам. Обработанные (модифицированные) материалы обладают значительно большей сорбционной способностью, чем исходный природный материал. Решение о применении природного материала или модифицированного природного материала при прочих равных условиях следует принимать

с учетом стоимости, доступности и сорбционной емкости. Также необходимо, чтобы значение сорбционной емкости оставалось оптимальным (значительно не изменялось) в широком диапазоне рабочих температур. Указанное требование обусловлено применением сорбента в различное время года, в том числе и при отрицательных температурах окружающего воздуха. Для применения сорбента в конкретном регионе целесообразно использовать сведения по строительной климатологии.

Емкость поглощения минерально-целлюлозного сорбента AG Sorb 9,2 - 10,2 г нефтепродуктов/г сорбента

Приведем общую сравнительную характеристику нефтесорбентов различных категорий:

Таблица 3. Сравнительная характеристика нефтесорбентов различных категорий

	Категория нефтесорбента		
	Неорганический	Органо-минеральный	Синтетический
Название	Нефтесорбент ПРОФСОРБ УЛЬТРА (фильтрующий) https://waterhim.ru/	Минерально-целлюлозный сорбент AG Sorb https://ag-sorb.ru/	Сорбирующее полотно для нефтепродуктов WR101-Н https://waterhim.ru/
Страна производитель	Россия	Россия	Россия
Вид	Серебристо-желтые гранулы неправильной формы	Рассыпчатая смесь в виде гранул серого/белого/бежевого цвета без посторонних включений	Полотно белого цвета
Состав	Вспученный вермикулит	Модифицированная целлюлоза	Полипропиленовое волокно
Емкость поглощения* г/г	До 8 г нефтепродуктов /г сорбента на твердой поверхности, до 2 г на воде	9,2-10,2 г нефтепродуктов/г сорбента	До 14 г нефтепродуктов/г сорбента
Плавуемость	Не менее 24 часов, с нефтепродуктом – не ограничена	Не менее 24 часов	Не известна
Класс опасности	4	4	4
Утилизация	Захоронение или выжигание	При применении сорбента на почве или в водоемах утилизация сорбента не требуется. При обработке твердых искусственных	Собранную жидкость можно повторно использовать, либо утилизировать путем сжигания или

		поверхностей утилизация сжигания захоронения	возможна путем или	захоронения
Способность к регенерации	Возможна регенерация (до 3-4 раз) в сжигающих установках	Нет		Материал изделий из нетканого полотна можно регенерировать путем отжима
Стоимость, руб/кг	290	От 80		765

*Емкость поглощения зависит от вязкости нефтепродуктов

Для окончательного ответа на вопрос была проведена Оценка веществ. Входящих в состав сорбента по данным, выявленным из документации, предоставленной производителем и по данным полученным в ходе исследовательской работы. (с целью выявления возможных добавок, не разлагающихся в почве). По опубликованным данным, состав сорбента следующий (таблица 4):

Таблица 4. Химический состав целлюлозно – минерального сорбента

Образец	Н	Целлюлоза (C ₆ H ₁₀ O ₅) г/кг	Карбонат Са (CaCO ₃) г/кг	Оксид Al (Al ₂ O ₃) г/кг	Оксид натрия (Na ₂ O) мг/кг	Оксид калия (K ₂ O) мг/кг	Оксид магния (Mg O) мг/кг	Оксид фосфора (P ₂ O ₅) мг/кг
Минерально-целлюлозный абсорбент	,4-7,8	705	286	8	40	10	40	10

По данным, предоставленным в паспорте качества сорбента его характеристики, следующие (таблица 5):

Таблица 5. Характеристики сорбента AG Sorb нормируемые по паспорту качества:

Наименование показателя	Значение показателей по ТУ	Фактическое значение
Внешний вид	Рассыпчатая смесь в виде гранул белого/серого цвета без посторонних включений	Соответствует
Состав	Модифицированная Целлюлоза	Соответствует
Насыпная плотность, кг/м ³	300-450	400
Влажность, %, не более	13,90	12,8
Растворимость	Нерастворим в воде, органических растворителях	Соответствует
Средний размер гранул, мм	1-5 мм, допускается присутствие фракций	Соответствует

	размером до 15 мм не более 20 % от общего объёма	
Показатель концентрации водных ионов (рН)	7,5 – 8,0	7,5
Термостойкость при 220°С, потеря массы, %, не более	7,0	7,0
Сорбционная емкость (нефть товарная)	9,2 – 10,2	9,5
Сорбционная емкость (АИ-92, ДТ)	11,3 – 15,4	12,8

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве нормируются ГН 2.1.7.2041-06. Вещества, входящие в состав сорбента данным документом, не нормируются.

По проведенным исследованиям, токсичных для окружающей среды (почвы) компонентов в составе сорбента AG Sorb не выявлено.

Выводы: 1. Сорбент AG Sorb способен разлагаться в почвах. Скорость разложения будет зависеть от состояния почвенного комплекса и внешних климатических условий.

2. В контролируемых лабораторных условиях время разложения сорбента 22-25 дней. Внешние факторы в значительной степени влияют на скорость биодеструкции.

С учетом различного уровня осадков, содержания органического вещества в различных регионах а также разной длительностью вегетационного периода (4-6 месяцев) скорость биодеструкции сорбента будет варьировать от 3х до 9ти месяцев (если в период будут входить месяцы между вегетационными периодами).

3. По проведенным исследованиям, токсичных для окружающей среды компонентов в составе сорбента AG Sorb не выявлено.

4. В связи с способностью сорбента полностью разлагаться в почве и отсутствии в составе веществ, нормируемых в почвах по современным нормативным документам - при умеренном уровне нефтезагрязнения существует возможность применения нефтесорбента без его дальнейшего сбора и утилизации.

Библиографический список

1. Бобрышева С.Н., Журов М.М., Вертячих И.М., Кашлач Л.О./Применение минеральных отходов в составе адсорбентов для ликвидации аварийных разливов нефти // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. – Т. 10. – № 1. – С. 120-128. – EDN UMMMSPP.
2. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
3. Козлова И.В., Квашева Е.А., Сысолятин А.С./ Нефтесорбент для ликвидации аварийных разливов нефти на основе вторичного сырья // Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической школы "ЭНЕРГОСТАРТ": Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Институт энергетики КузГТУ; Кузбасский филиал ООО «Сибирская генерирующая компания», Кемерово, 11–25 июля 2016 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2016. – С. 14. – EDN WZCQVX.

4. Пьянова Л.Г., Седанова А.В., Дроздецкая М.С./ Изучение адсорбционных свойств полимермодифицированного углеродного сорбента для аппликационной медицины // Фундаментальные и прикладные аспекты новых высокоэффективных материалов: II Всероссийская научная Интернет - конференция с международным участием: материалы конференции, Казань, 28 октября 2014 года / ИП Синяев Д. Н. – Казань: Индивидуальный предприниматель Синяев Дмитрий Николаевич, 2014. – С. 72-75. – EDN TTUOZR.
5. Шарипов З.И., Абрамов С.В., Домрачева Д.Ю. [и др.]/ Адсорбционные свойства растительных нефтесорбентов // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17–20 мая 2016 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); Институт природных ресурсов (ИПР); Институт физики высоких технологий (ИФВТ); Физико-технический институт (ФТИ); Сибур-Холдинг. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – С. 488-489. – EDN WWLKBX.
6. Воронина К.А., Дурова А.С. В сборнике: Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 2019 года. Изучение биологического ответа двух типов почв на внесение березового биоугля и сорбента, изготовленного из отходов целлюлозно-бумажной промышленности Сборник статей по материалам конференции. Отв. редактор В.А. Соколова. 2020. С. 501-507.
7. Дурова А.С., Пашквская А.Д., Нагиев Э.Э. Применение метода льняных полотен с целью изучения биологических характеристик почв при использовании березового угля и целлюлозного сорбента В сборнике: Научно-техническая конференция по итогам научно-исследовательских работ 2019 года. Сборник статей по материалам конференции. Отв. редактор В.А. Соколова. 2020. С. 507-513.
8. Дурова А.С., Гребёнкин А.А., Гребёнкин А.Н., Аким Э.Л. Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Исследование влияния почвенных мелиорантов на показатели биологической активности дерново-подзолистой почвы, загрязненной тяжелыми металлами Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. № 3. С. 107-111.
9. А.А., Гребёнкин А.Н., Аким Э.Л., Данилов Ю.И. Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Исследование влияния почвенных мелиорантов на показатели биологической активности чернозема, загрязненного тяжелыми металлами Дурова А.С., Гребёнкин Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. № 4. С. 97-100.
10. ГН 2.1.7.2511—09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве, утв. Постановлением Глазного государственного санитарного врача Российской Федерации от 18 мая 2009 г. N932.
11. ГН 2.1.7.2041—06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 23 января 2006 г. N9.
12. СанПиН 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий".
13. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов: монография. – Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета, 2013. – 380 с
14. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с. ISBN 978-5-9274-0383-7.

ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ (AR) КАК МЕТОД ВОССОЗДАНИЯ УТРАЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРКА ЕКАТЕРИНГОФ

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

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова

Ключевые слова: воссоздание, реставрация, восстановление, дополненная реальность, Екатерингоф

В данной статье рассматривается проблема воссоздания утраченных элементов объектов культурного наследия ландшафтной архитектуры. Проанализирован мировой опыт восстановления подобных элементов. На примере парка Екатерингоф предложено решение проблемы с помощью технологий дополненной реальности.

AUGMENTED REALITY (AR) AS A METHOD OF RECREATING THE LOST ELEMENTS OF THE EKATERINHOF PARK

**Kostereva A.A., Master's student, Markin A.A., Master's student, Kupriyanova A. G.,
Associate Professor**

Saint Petersburg State Forest Technical University

Key words: Recreation, Restoration, Augmented reality, Ekaterinhof

This article deals with the problem of recreating the lost elements of the objects of cultural heritage of landscape architecture. The world experience of restoring such elements is analyzed. Using the example of the Ekaterinhof Park, a solution to the problem with the help of augmented reality technologies is proposed.

Парк Екатерингоф, расположенный в городе Санкт-Петербурге, является объектом культурного наследия регионального значения. С самого основания парк играл огромную роль в истории города. Екатерингоф был одним из первых общественных парков города (рис.1) [5]. В нём открылся первый музей, посвящённый первому российскому императору – Петру I. На территории парка проводились народные гулянья [7].



Рис. 1. План Санкт-Петербурга 1716 года. На карте отмечен Екатеринингоф.
 Fig. 1. The plan of St. Petersburg in 1716. Yekaterinburg is marked on the map.

При работе над реставрацией объекта культурного наследия ландшафтной архитектуры, принимается решение о возвращении объекта к определённом периоду истории. Такой метод реставрации применяется для того, чтобы восстановить ландшафтный объект на период расцвета, чтобы сохранить память о человеке, связанном с этим объектом и др.

У парка Екатеринингоф богатая многоплановая история, которая отразилась на его планировочной структуре, создав сложную систему, в которой отображены в едином целом в виде наслоения различных исторических эпох. К сожалению, большинство значимых исторических элементов парка были утрачены, что означает, что при восстановлении парка невозможно вернуться к периоду его расцвета или к любому другому периоду. Это происходит из-за ограничений в существующем законодательстве. По требованию федерального закона от 25.06.2002 г. № 73-ФЗ «Воссоздание утраченного объекта культурного наследия осуществляется посредством его реставрации в исключительных случаях при особой исторической, архитектурной, научной, художественной, градостроительной, эстетической или иной значимости указанного объекта и при наличии достаточных научных данных, необходимых для его воссоздания.», а Венецианская хартия рекомендуют исключать реконструкцию и допускает возвращение на свои места только подлинных (сохранившихся, но разорённых) элементов [2]. Кроме того, из-за смешения различных эпох на планировочную структуру и наполнение парка, невозможно физически отделить одну эпоху от другой.

Восстановление архитектурного наполнения, необходимого для воссоздания периода расцвета парка, не всегда целесообразно, так как функциональная нагрузка меняется и многие элементы при восстановлении могут выполнять декоративную или музейную функцию. Кроме того, восстановление определённого периода не подразумевает эклектичности, но даже при полноценном восстановлении определённого исторического периода, невозможно ее избежать из-за наслоений элементов из других исторических эпох, имеющих художественную ценность. В дополнение к этому, в мировом сообществе, при работах по сохранению объектов культурного наследия, прослеживается тенденция отказа от использования новодельных элементов.

Опрос, проведённый в 2022 году показал, что ценность Екатерингофа, как исторического объекта посетителями ощущается в меньшей степени, чем ценность парка как места приятных воспоминаний. Так как в Екатерингофе не сохранилось точек, указывающих на его принадлежность к определённой эпохе и на его историческое значение, посетителям сложно отказаться от устоявшегося образа парка, воспринимаемого на уровне эмоциональных показателей. Кроме того, посетителей парка не устраивает нынешнее состояние парка. Результаты опроса указывают на нехватку развлекательных пространств, зон активного отдыха, отдыха с детьми и освещения.

Таким образом, данный объект утрачивает ценность, как исторического, так и рекреационного объекта ландшафтной архитектуры. При этом, парк имеет ресурсы для потенциального развития, так как Екатерингоф на данный момент является одним из немногих крупных ландшафтных объектов в Адмиралтейском районе и, к тому же, входит в «серый пояс» Санкт-Петербурга, он должен быть точкой притяжения и отвечать запросам потенциальных посетителей парка.

С давних времён человечество озабочено сохранением наследия предков. Известно, что в эпоху возрождения появилась потребность в сохранении памятников античности, так как они служили образцом для подражания. [8].

В современном мире, технологии продвинулись дальше и возможностей для сохранения и восстановления памятников стало больше.

При реставрации дворцово-паркового ансамбля Рундале в Латвии был применён подход воссоздания с нуля. Для восстановления первоначального вида регулярного парка было принято решение отказаться от последующих исторических наслоений, включая насаждения (рис. 2-3) [6].

Применение данной методики позволяет полноценно вернуть исторический образ объекта ландшафтной архитектуры, получив в результате единообразный облик парка, каким он задумывался изначально. Недостатком методики является необходимость отказа от исторических элементов последующих периодов, несущих художественную или иную ценность.



Рис. 2. Парк Рундале после вырубки деревьев, по пням и канавкам можно определить первоначальную линию аллеи. Аэрофото, 1978

Fig. 2. Rundale Park after cutting down trees, the original line of the alley can be determined by the stumps and grooves. Aerial photo, 1978



Рис. 3. Посадка первой липы центральной аллеи. 1984

Fig. 3. Planting of the first lime tree of the central alley. 1984

В Варшаве, при реконструкции города в послевоенное решение, была применена методика воссоздания с помощью сохранившихся элементов. После разрушения исторического центра более чем на 80% [4], было принято решение о воссоздании города на период «Золотого времени» – XVII-XVIII века (рис. 4) [7]. Восстановление проводилось максимально близко к оригиналу, с помощью сохранившихся материалов и с опорой на исторические чертежи. Применение такого метода позволило сохранить историческое наследие, и при этом подчеркнуть период расцвета города. Недостаток методики состоит в том, что при восстановлении города не удалось избежать новодела и художественной вольности. Так как восстановление велось не только по историческим чертежам, но также по воспоминаниям и на основе изобразительного искусства [7].



Рис. 4. Восстановительные работы на Рыночной площади Старого города в Варшаве.

Фото Zbyszko Siemaszko

Fig. 4. Restoration work on the Market Square of the Old Town in Warsaw.

Photo by Zbyszko Siemaszko

Так как многие документы, Российские и зарубежные, не рекомендуют физическое восстановление в случае утраты памятников, появились примеры виртуального воссоздания.

В Кракове находится музей Подземелья рынка (Underground Museum Krakow). При его воссоздании использовалась методика объединения современных технологий и исторической среды. Для создания атмосферы средневекового города в музее, помимо обычной экспозиции, расположены сенсорные экраны с динамичными 3D экспонатами, мультимедийные установки для показа изображений, фильмов и анимаций, используются звуковые эффекты, дымовые завесы и голографические проекторы. Использование такой методики расширяет возможности погружения в историческую среду, при этом нематериальное восстановление разрушенных элементов исключает новодельные включения.

Один из возможных способов восстановления утраченных элементов могут стать световые инсталляции или проекции. Так, студия DRIFT с помощью светящихся дронов достраивает архитектурные сооружения. Плюсы такого метода в том, что появляется возможность падающим способом показать, как могло бы выглядеть сооружение, что может помочь определить его влияние на окружающую объемно-пространственную композицию и оперативно принять решение о дальнейшем восстановлении такого сооружения. Но такой метод не дает достаточно возможностей для взаимодействия, так как лишь создаёт утраченный облик. Кроме того, световые инсталляции воспринимаются только в темное время суток или на фотографии (рис.5-6).



Рис. 5. Достроенный дронами колизей
Фото: @studio.drift / designboom.com

Fig. 5. The Colosseum Completed by
drones Photo: @studio.drift / designboom.com



Рис. 6. Достроенное дронами здание
храма Саграда Фамилия Фото: @studio.drift
/ designboom.com

Fig. 6. The building of the Sagrada
Familia temple completed by drones Photo:
@studio.drift / designboom.com

При восстановлении парка могут быть использованы как методика восстановления с нуля, так и сохранение парка с дополнением современными элементами, но каждая из них имеет свои проблемы. Например, воссоздание архитектурного наполнения парка Рундале выполнено на фоне полного воссоздания насаждений, что не всегда возможно - поэтому воссозданные архитектурные сооружения могут оказаться в другой композиционно-пространственной среде как в Екатериногофе. Кроме того, воссоздание парка Екатерингоф по примеру парка Рундале и исторического центра Варшавы, повлечёт за собой непонимание части общества, привыкшего к парку в современном состоянии. При этом восстановление определённой исторической эпохи без внедрения современных элементов благоустройства и развлечения не решит проблему потери рекреационной значимости парка. Приспособление парка с применением современных технологий, как рыночная площадь Кракова, безусловно, увеличит рекреационную значимость и поможет в просвещении посетителей об исторической значимости парка.

В парке Екатерингоф возникает необходимость восстановления отдельных элементов парка, так как Екатерингоф, как объект с насыщенным прошлым и, как неотъемлемая часть Петровского наследия, имеет огромное значение для Санкт-Петербурга, но без архитектурного наполнения невозможно воссоздать исторический облик этого парка.

Для парка Екатерингоф необходимо продумать такой вариант воссоздания утраченного наполнения в условиях сложившейся на сегодняшний день объёмно - пространственной композиции, который позволил бы посетителям прочувствовать атмосферу периода расцвета парка, стал бы новой точкой притяжения посетителей в парк, но при этом не требующих энерго-финансово затратных вложений.

В рамках работы над магистерской диссертацией на тему «Выбор методики восстановления объектов ландшафтной архитектуры на примере парка Екатерингоф» был

разработан проект дополнения западной части парка современными технологиями, занявший первой место на фестивале «Миссия сохранить». Екатерингоф разделен на две части Лифляндской улицей. Парк начал свое развитие с западной части и до настоящего времени в этой части сохранена основа, заложенная при Петре I. Восточная часть кардинально менялась несколько раз, приобретая новые функции [7]. Для развития парка Екатерингоф было принято решение продолжить концептуальное разделение парка и создать проект, затрагивающий только западную часть, как наиболее исторически сохранившуюся. После петровской эпохи, следующим значимым этапом развития парка была его реконструкция в 1825 году, так же затронувшая западную часть парка. В ней были построены Львиный павильон, Мавританский павильон и здание Фермы. Кроме того, в 1825 году, при реконструкции парка было принято решение в Екатерингофском дворце создать музей Петра I и это был первый подобный музей в России [1]. При выборе исторической эпохи для восстановления, был выбран 1825 год, так как это время можно считать периодом расцвета парка. Помимо сохранения наследия Петра I (реконструкция дворца, музей Петра I), во время реконструкции этого года в парке появляются сооружения, направленные на развлечение посетителей.

Для того что бы вернуть западной части парка полноценной образ Екатерингофа на 1825 год необходимо воссоздание Екатерингофского дворца, Мавританского павильона, Львиного Павильона и здания фермы. К сожалению, из всего вышперечисленного, сохранился только фундамент Екатерингофского дворца, который в данный момент охраняется государством и находится в законсервированном состоянии. У Львиного и Мавританского павильонов, а также у здания фермы предметом охраны является только их местоположение [1].

Решением проблемы по воссозданию объектов культурного наследия в парке Екатерингоф может являться современная технология дополненной реальности (AR). Данная технология позволяет дополнить материальный мир – нематериальными объектами. Посетитель парка сможет увидеть утраченное архитектурное сооружение с помощью смартфона. Для этого необходимо скачать приложение и навести камеру телефона на специальный маркер, установленный на месте утраченного элемента. Преимущества применения таких технологий в том, что виртуальное воссоздание не нарушает законодательство, в случае если объект полностью утрачен и не сохранилось достаточного количества документов для его восстановления. Виртуальное восстановление менее затратное относительно материального, так как работы по воссозданию ведутся в виртуальном мире, для них требуется только компьютер, а для демонстрации необходима установка маркера и достаточно современное устройство у посетителя, которое имеет камеру и доступ в интернет. Объекты в дополненной реальности могут быть динамичными, могут показать развитие, с такими объектами можно взаимодействовать. Технология дополненной реальности поможет привлечь новых посетителей в парк, давая возможность в развлекательной форме и детям, и взрослым узнать об истории парка.

Для использования данных технологий в парке, проектом предлагается создание информационных кубов с перманентным маркером для считывания камерой телефона. Точки – кубы установлены на месте утраченных архитектурных элементов парка (Екатерингофский дворец, Львиный павильон, Мавританский павильон, здание Фермы) (рис.7). Данная технология позволит посетителю парка увидеть исторический объект, обойти вокруг него, рассмотреть с разных точек.

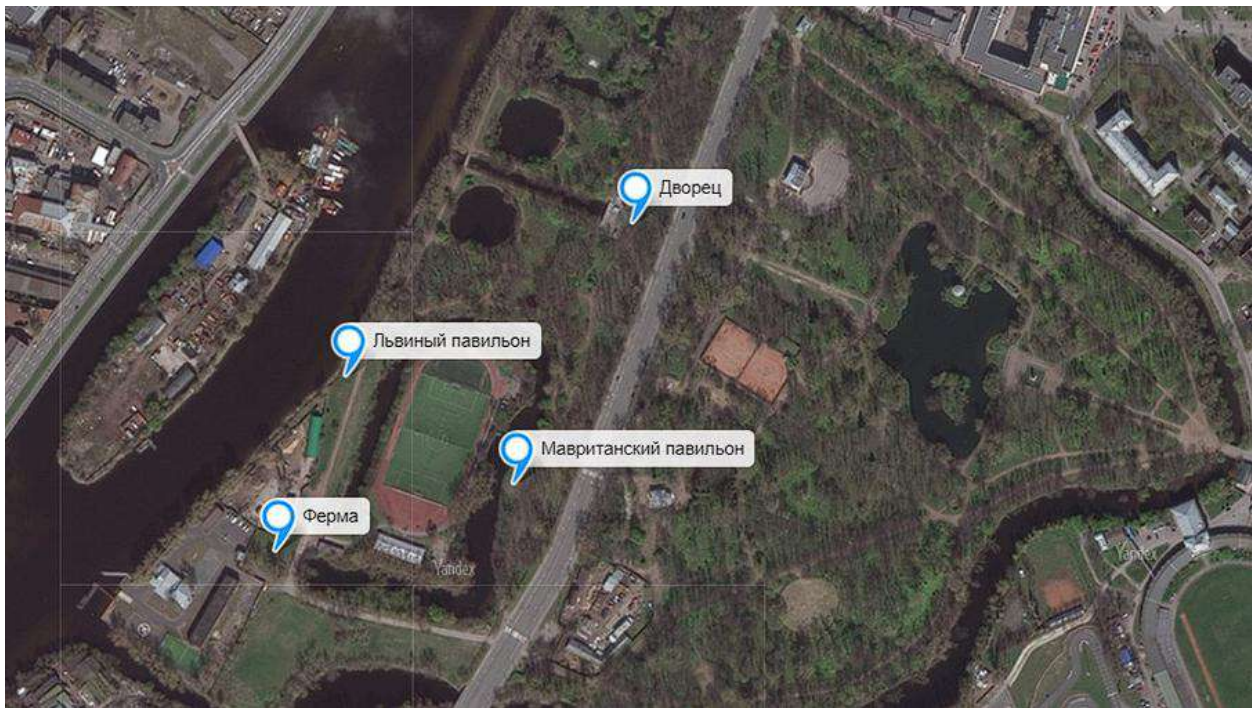


Рис. 7. схема расположения информационных кубов
 Fig. 7. Layout of information cubes

Куб - конструкция 80x80x80 см с расположенным на нем маркером для приложения дополненной реальности (рис.8). Куб выполнен из бетона, покрыт составами против негативного воздействия окружающей среды и окрашен износостойчивой краской. Маркер может представлять собой любое контрастное изображение, но, в данном случае, маркер должен быть тематическим, поэтому в проекте роль маркера выполняет информационная табличка. По бокам куба прикрепляется другой тип табличек с изображением абриса (силуэт пятна застройки).



Рис. 8. Модель информационного куба
 Fig. 8. Information cube model

Информационная табличка - маркер на верхней стороне куба выполнена из оргстекла размером 50x50 см (рис.9). На табличке указано название утраченного элемента, время его существования и архитекторы, принимавшие участие в его создании и реконструкции. Кроме того, на табличке расположено изображение архитектурного сооружения, цитата – воспоминание современников, QR код со ссылкой на приложение для AR и QR код со ссылкой на сайт с основной информацией об объекте. Решение разместить на информационной табличке воспоминания современников вызвано тем, что в отличие от «сухой» информации, которую обычно можно встретить на подобных сооружениях, настоящие воспоминания, написанные под впечатлением от увиденного, могут пробудить в посетителях большой интерес и сподвигнуть перейти по QR коду, где уже можно будет прочитать историческую информацию и посмотреть на архитектурный объект в дополненной реальности.



Рис. 9. Макет информационной таблички для куба на месте Мавританского павильона.

Fig. 9. Layout of the information plate for the cube on the site of the Moorish Pavilion.

На объектах ландшафтной архитектуры, где утрачено наполнение, которое невозможно восстановить, технологии дополненной реальности могут стать решением проблемы воссоздания исторического образа объектов. С помощью данных технологий могут быть восстановлены не только архитектурные элементы, но и утраченные партеры, аллеи, старовозрастные насаждения или целые утраченные комплексы ландшафтных объектов. На данный момент проект находится на стадии реализации при поддержке КГИОП, как победитель фестиваля «Миссия - сохранить». После реализации проекта, как продолжение исследования, планируется проведение социологического опроса с целью выявления степени оказываемого влияния бетонных кубов с AR на посетителя парка.

Библиографический список

1. А К Т по результатам государственной историко-культурной экспертизы проектной документации на проведение работ по сохранению объекта культурного наследия регионального значения: «Екатерингофский парк»
2. МЕЖДУНАРОДНАЯ ХАРТИЯ ПО КОНСЕРВАЦИИ И РЕСТАВРАЦИИ ПАМЯТНИКОВ И ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНЫХ МЕСТ (ВЕНЕЦИАНСКАЯ ХАРТИЯ) от 31 мая 1964 года
3. Екатерингоф. История дворцово-паркового ансамбля Текст/ Н. И. Баторевич СПб.: Искусство-СПб, 2006 269, [3] с.: ил Библиогр.: с. 258-259.-Указ. имен: с. 265-27
4. Рымашевский, Б. Реконструкционные и реставрационные проблемы старых городов Польши / Б.Рымашевский // Пруцын О.И. и др. Архитектурно-историческая среда. - М.: Стройиздат, 1990. - С. 223 - 341.
5. Ходанович В.И Екатеринбург: от императорской резиденции до рабочей окраины. Россия, Центрполиграф, 2013.
6. Дворец Рундале – жемчужина барокко в нетронутом сельском пейзаже [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://rundale.net/en/> (дата обращения: 18.01.2022)
7. Зелинский, Я. Варшава: гибель и возрождение [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://archnadzor.ru/2007/07/07/varshava/> (дата обращения: 18.01.2022)
8. Мукимова Сайёра ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ РЕСТАВРАЦИИ // Историк (Муаррих). 2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/protsess-formirovaniya-teoreticheskikh-kontseptsiy-restavratsii> (дата обращения: 07.11.2022)

ПОРТРЕТНЫЕ РИСУНКИ АНТВЕРПЕНСКИХ МАНЬЕРИСТОВ

Крылова А. А.

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

Ключевые слова: искусствоведение, рисунок, портрет, Северное Возрождение, Нидерланды.

Статья посвящена нидерландскому портретным рисункам, созданным в XVI веке художниками так называемого антверпенского маньеризма – стилистического течения в изобразительном искусстве Нидерландов эпохи Возрождения, охватывающего период приблизительно с 1500 по 1530 г. Художники этого направления работали в Антверпене, где активно развивалась торговля произведениями искусства, но их произведения в большинстве своем остались не пописанными, а сохранившиеся портретные рисунки настолько редки, что исчисляются единицами. Статья затрагивает вопросы авторства, типологии и стилистических особенностей портретных рисунков антверпенских маньеристов.

PORTRAIT DRAWINGS OF THE ANTWERP MANERISTS

Krylova A. A.

Saint-Petersburg state forest technical university, Saint-Petersburg

Key words: art history, drawing, portrait, Northern Renaissance, Netherlands.

The article is devoted to the Netherlandish portrait drawings, created in the 16th century by the artists of the so-called Antwerp Mannerism, the style in the fine arts of the Netherlands of the Renaissance, covering the period approximately from 1500 to 1530. Artists of this trend worked in Antwerp, where the trade in works of art was actively developing, but their works, for the most part, remained anonymous, and the surviving portrait drawings are so rare that they are numbered in units. The article touches upon the issues of authorship, typology and stylistic features of the portrait drawings of the Antwerp Mannerists.

Начиная с 1490-х гг. город Антверпен становится центром торговли и художественной жизни – новой сокровищницей искусств Нидерландов и Западной Европы.

Своё экономическое первенство он отвоевал у некогда богатого и роскошного города Брюгге. Художники в Антверпене, как и ранее в Брюгге в большей степени работали для иностранных заказчиков, и этим объясняется то обстоятельство, что продукция антверпенских художественных мастерских в этот период экспортируется в разные области Европы, включая Скандинавию и Прибалтику.

Антверпен сыграл значительную роль в развитии интернационального художественного рынка: сюда съезжались мастера и заказчики из других городов, именно здесь находилось первое европейское здание, построенное специально для продажи произведений искусства.

Здание это представляет собой особый интерес. Открытый художественный рынок Антверпена был построен в 1460 году, и как известно из источников, там проводились публичные художественные продажи [1]. По всей видимости мы можем говорить о действительно большом скачке по сравнению с принципами работы художественных мастерских XV века, в которых работа почти всегда была связана с предварительными заказами. Однако некоторые небольшие исключения и в ранний период известны.

Так, одним из распространённых видов художественных произведений, создаваемых нидерландскими мастерами, ещё в XV веке были картины-диптихи: живописные двустворчатые складни. Они встречались разных типов, одним из которых был складень, на левой створке которого находилось изображение Мадонны с младенцем, а на правой – портрет молящегося заказчика. Иногда левая створка создавалась заранее, и пришедший в мастерскую заказчик мог выбрать эту створку, после чего художник писал его портрет на правой створке диптиха.

С появлением открытого художественного рынка в Антверпене свободная продажа произведений искусства приняла крупные обороты. Число художников, желающих продать свои произведения, прельщённые лёгкостью встретить заказчиков в Антверпене и заключить выгодную сделку, в начале XVI века стремительно возрастало. Из архивных источников известно, что в 1528 году антверпенская гильдия Святого Луки насчитывала 180 мастеров [1].

Иногда художники из других нидерландских городов временно вступали в гильдию Антверпена, желая попытать счастья. Среди этих мастеров были весьма почтенные и талантливые мастера – Герард Давид и Ян Провост, приехавшие из Брюгге, Колин де Котер из Брюсселя и, вероятно, Лукас ван Лейден из Лейдена.

Интерес представляет и тот факт, что в Антверпене первой половины XVI века распространением художественных произведений занимались также перекупщики – «oudekleerkerpers» (дословный перевод с нидерландского: «покупатели старой одежды»). К примеру, документально подтверждено, что в 1536 году, через несколько лет после смерти художника Яна Госсарта подобным образом были проданы его рисунки.

Среди ведущих живописцев Антверпена первой половины XVI века, благодаря упоминанию итальянского ученого и путешественника Людовико Гвиччардини («Описание Нидерландов», 1567 год) мы знаем художников, чьи имена – Квентин

Массейс, Иоахим Патинир, Йос ван Клеве и Ян де Бер. К антверпенским мастерам этой эпохи исследователи относят также художников под условными именами: Мастер из Франкфурта, Мастер триптиха Моррисона, Мастер женских полуфигур и других.

Художников, работавших в Антверпене, в промежутки между 1500-1530 годами принято называть «антверпенскими маньеристами». Таким термином историки искусства окрестили особое направление, возникшее как результат кризиса традиций нидерландской живописи XV века. «Маньеризм» как поиск новых культурных ориентиров складывается в кругу антверпенских художников, каждый из которых своей манерой демонстрирует характерный сплав готических приёмов и ренессансного художественного мышления.

Один из самых прославленных антверпенских маньеристов – Йос ван Клеве – был принят в гильдию Святого Луки в 1511 году, с этим событием и связано первое упоминание о художнике. Среди работ Йоса есть и алтарные картины в романизирующей манере, и чувственные женские образы, и виртуозные портреты. Он прославился как превосходный колорист, что восхищённо описывает Карел ван Мандер: «...произведениям своим он умел сообщать очень красивую рельефность и чрезвычайно близко передавал цвет тела, пользуясь при этом только одной телесной краской» [2].

Сохранилось несколько портретных рисунков Йоса ван Клеве. Чёрный мел не передаёт цвет лиц, но «красивая рельефность», о которой говорит ван Мандер, чувствуется в моделировке лёгких теней. Отличительная особенность всех четырёх портретов – некоторая размытость контуры линий, делающая штрихи едва уловимыми, превращая их в вибрирующий общий тон. Такая манера придаёт образам оттенок романтической лиричности, особенно выразительно в портрете мужчины в шляпе (Лувр, Париж) (рис. 1). Этот рисунок выглядит ренессансным по композиции. Благодаря необычному ракурсу мы смотрим на изображённого мужчину снизу-вверх, что подчёркнуто и устремлением его взгляда. Он смотрит выше линии горизонта, и взгляд словно проходит поверх взгляда зрителя, отчего создаётся впечатление спокойной величавости. Выразительность и живость взгляда достигается благодаря асимметрии глаз, кажется даже, что глаза смотрят в разные точки – правый чуть выше, левый немного опущен. Лёгкие тени на щеке и подбородке обволакивают нежный рельеф лица, едва уловимыми штрихами показаны тени в углублениях глазниц, чуть заметное кругление глазных яблок под нижними веками. Пятна растворяются в общем тоне листа, сливаясь с его грубоватой фактурой. Острее очерчены прорезы глаз, контуры губ, носа, шеи.



Рис. 1. Йос ван Клеве. Портрет мужчины. Между 1490 -1541. Лувр, Париж.
Fig. 1. Joos van Cleve. Portrait of a man. Between 1490 -1541 Louvre, Paris.

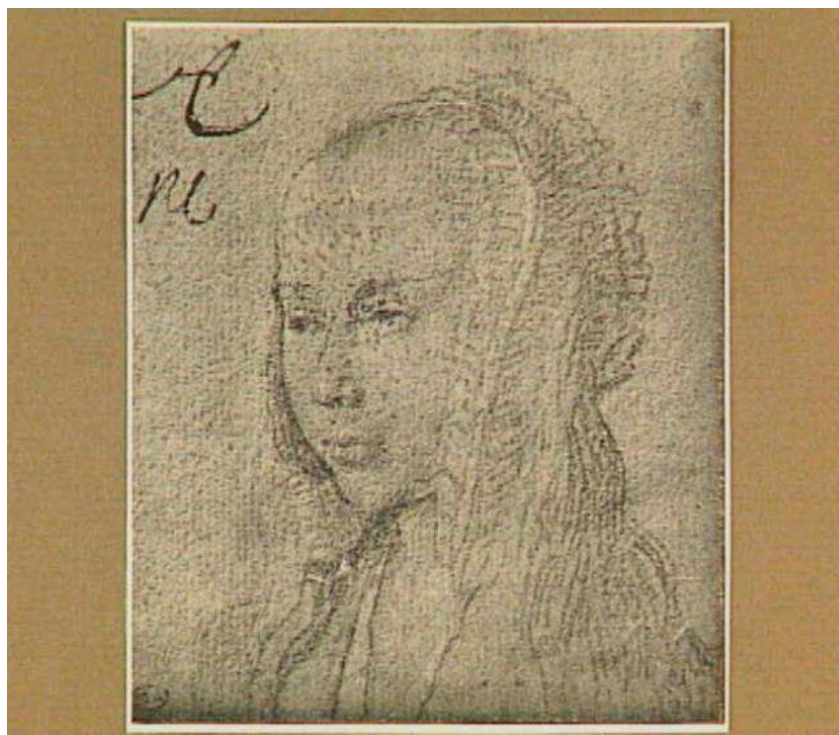


Рис. 2. Йос ван Клеве. Портрет женщины. Между 1490 -1541. Лувр, Париж.
Fig. 2. Joos van Cleve. Portrait of a woman. Between 1490 -1541. Louvre, Paris.

На оборотной стороне листа находится не менее интересное изображение – женский портрет, на котором изображена ещё совсем юная девушка (рис. 2). По-детски нежные черты лица и сосредоточенное выражение полуопущенного взгляда, на маленькой головке – замысловатые очертания головного убора. Вновь художник прибегает к приёму

асимметрии глаз, но теперь взгляд опущен, создавая впечатления задумчивости. Высокий чистый лоб, пухлые губы, юношески-гладкие щёки и прозрачный взгляд – художник уловил свежесть этого нежного создания, передав в его красоте не только индивидуальные черты в манере именно этой особы, но и нечто общее для многих девушек.

Размер листа, на котором нарисованы портреты мужчины и женщины меньше 10 сантиметров в высоту, но даже на столь маленьком листе художник сумел передать запоминающиеся образы, в которых есть чувство и психологизм. Недаром Карел ван Мандер приписал к заголовку жизнеописания Йоса ван Клеве титул «превосходного» мастера.

В отличие от Йоса ван Клеве, имя его современника, одного из самых самобытных антверпенских маньеристов уже в начале XVII века было не заслуженно забыто, и в «Книге о художниках» о нём не упоминается даже вскользь. Речь идёт о мастере по имени Ян де Бер.

Предполагают, что Ян де Бер приехал в Антверпен уже получив образование и вступил в гильдию в 1504 году. Сложность для исследователей заключается в том, что сохранилось всего одно подписанное произведение этого мастера (хотя и в нём подпись загадочна). Как принято в подобных случаях, другие работы приписали художнику на основе стилистической близости к подписанной, а также общности приёмов и технических средств, не исключая дискуссию о верности атрибуции в каждом отдельном случае.

Для настоящего исследования примечательно, что единственным подписанным произведением Яна де Бера является рисунок с портретными мотивами – «Этюды девяти мужских голов» (Британский музей, Лондон) (рис. 3).



Рис 3. Ян де Бер. Этюды девяти мужских голов. Ок. 1515 - 1520 гг.. Британский музей, Лондон.

Fig. 3. Jan de Beer. Studies of nine male heads. Around 1515 - 1520. British Museum, London.

История о его загадочной подписи не имеет прецедентов, поэтому заслуживает особого внимания. Рисунок с изображением девяти штудий был куплен Британским музеем в XIX веке как произведение Иоахима Патинира. На оборотной стороне есть

подпись «Jochem de patinier». В 1903 году историк искусства Г. Юлен де Лоо (Hulin de Loo) обнаружил на лицевой стороне подпись «Jan de beeg». Имя ещё никому не известного Яна де Бера было вскоре найдено в списке членов антверпенской гильдии.

Иоахим Патинир был хорошо известен знатокам искусства как XVII, так и XIX веков. Он прославился, создавая грандиозные панорамы с так называемыми «космическими» пейзажами. Однако, как пишет о нём ван Мандер, был человеком «грубым», нередко проматывал и пропивал в трактирах все заработанные деньги. Есть одна насмешливая деталь лондонского этюда, которая выдаёт руку Патинира, и о которой не было сказано – это изображение маленькой фигурки сидящего на корточках согнувшегося человечка в одном ряду с подписью «Jochem de patinier» на обороте рисунка. «На всех своих картинах он обыкновенно помещал где-нибудь маленького человека, удовлетворявшего естественные потребности, почему он и получил прозвище Каккеркен. Этого человечка приходится иногда искать долго, как сову в произведениях Хендрика мет де Блеса» – сказано в «Книге о художниках» [2]¹. Изображение человечка – своеобразная монограмма – часть подписи Патинира. Художник иронизирует над самим собой, создавая себе образ в духе низовой культуры Северного Возрождения.

Чем можно объяснить то, что на листе появилось сразу две подписи? Было установлено, что и та и другая подписи относятся к XVI веку. Оба художника были приписаны к антверпенской гильдии, работали в одно и то же время. Иоахим Патинир начал свою творческую деятельность в Антверпене в 1520 году. Исследователь Петер ван ден Бринк (van den Brink) предположил, что «Этюды девяти мужских голов» – это подарок Иоахиму Патиниру от Яна де Бера [2]. В таком случае дата 1520 – это не обязательно год, когда рисунок был сделан, а, вероятно, год, когда он был подарен. Если придерживаться этой версии, то создание рисунка может быть соотнесено с более широким временным промежутком, не позже 1520, скорее между 1515-1520 годами.

Предположение ван ден Бринка может объясняться несколькими причинами. Во-первых, в практику антверпенских маньеристов далеко не всегда входил обычай подписывать свои работы, включая даже крупные живописные заказы. По этой причине мы не знаем ни одной подписанной картины Яна де Бера, по ней же среди художников, связанных с этим направлением насчитывается множество анонимных мастеров. Подарок может быть поводом к тому, что на этюде, который не предназначен ни для продажи, ни для показа, а в сущности являлся частью альбома, неожиданно появляется не одна, а даже две подписи.

Во-вторых, именно в этот период мы встречаемся с упоминаниями о том, что художники дарят свои рисунки друг другу. Например, в 1521 году Альбрехт Дюрер был приглашён на свадьбу Иоахима Патинира, и спустя две недели после этого подарил Патиниру свой рисунок с изображением Святого Христофора (ныне не сохранился).

Этюд с изображением голов мог содержать изображения, исполненные как образцы для будущих произведений, но, возможно содержит и копии.

На листе, тонированном коричневым, показаны девять изображений голов. Их живописное размещение в композиции обращает на себя внимание: портретные этюды скомпонованы хаотично, они разномасштабны, но при этом есть впечатление общего вихреобразного движения, согласованности между собой. Помогают объединению композиции и ритмичные волновые штрихи между портретами. Все головы очень различны по трактовке. Доминируют слегка выделенные белилами три крупные головы в разных ракурсах. Есть и более обобщённые этюды, например, меньший по размерам незаконченный этюд наверху слева, или этюд головы лежащего человека, подбородок

¹ Мастер о котором говорит здесь ван Мандер – Хендрик мет де Блес, или Херри мет де Блес предположительно был племянником Патинира. Предполагается, что его настоящее имя – Херри де Патинир. Он тоже писал пейзажи в манере близкой Иоахиму Патиниру, в которых сова была его монограммой.

которого почти перпендикулярен плоскости листа. Черты лица в нём почти не читаются из-за сильного ракурса.

В изображениях лиц есть и типические черты, и эмоциональная экспрессивность. Полуоткрытый рот, или губы, уголки которых опущены вниз – выражения сиюминутных эмоций. При этом типы лиц напоминают характерные образы религиозных героев. Похожие типы лиц были найдены на картинах де Бера. Однако, стоит отметить, что портреты на рисунке далеки от безэмоциональных, отчасти условных образов, служащих образцами для алтарных картин.

В коллекции Государственного Эрмитажа хранится лист с рисунками Яна де Бера. На лицевой стороне рисунок кьяроскуро «Святой Лука, рисующий Мадонну» (Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург). К этому сюжету Ян де Бер обращался не раз, как видно из корпуса его графических и живописных произведений. В новых маньеристических вариациях этой легенды у него появляются не встречавшиеся ранее иконографические детали, например, в некоторых случаях в качестве помощника Луки, изображен ангел в образе крылатого юноши, который помогает святому готовить краски. Ангел не фигурирует на рисунке из Эрмитажа, но он появляется на более детально проработанном композиционном проекте к витражу «Святой Лука, рисующий Мадонну» (Британский музей, Лондон) (рис.4).

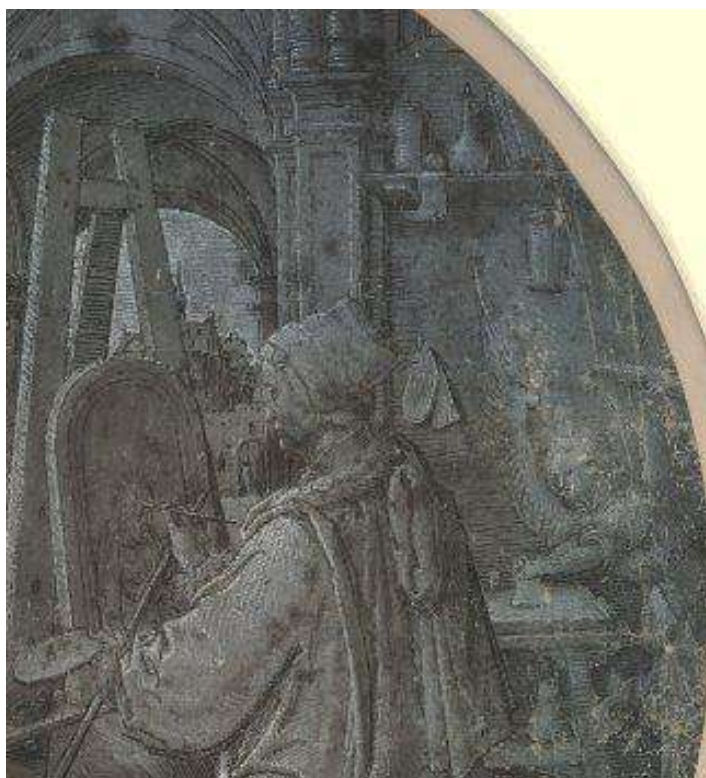


Рис. 4. Ян де Бер. Святой Лука, рисующий Мадонну. Ок. 1509 г. Британский музей, Лондон. Фрагмент.

Fig 4. Jan de Beer. Saint Luke painting the Virgin. Around 1509. British Museum, London. Fragment.

На оборотной стороне того эрмитажного листа находится рисунок «Этюд полуфигуры мужчины, смотрящего вверх» (Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург). Лист с оборотной стороны загрунтован другим тоном – коричневато-жёлтым оттенком. Художественная манера в изображении фигуры мужчины резко отличается от манер обоих упомянутых рисунков со Святым Лукой, рисующим Мадонну. Однако из разницы не следует вывод о том, что рисунки принадлежат разным авторам. Вероятно, все они созданы Яном де Бером, но разница задач, поставленных перед художником,

диктовала и разный подход к трактовке форм и средствам художественной выразительности.

А.О. Ларионов отмечает, что художественное произведение, содержащее такую же фигуру, не было обнаружено, однако близкая аналогия была найдена в фигуре, обращённой в противоположную сторону – изображении ветхозаветного царя Давида на картоне к витражу «Древо Иессеево» (Альбертина, Вена), который приписан Яну де Бери [3].

Полуфигура мужчины представляет собой обобщённый набросок человека, изображённого в профиль в сложном головном уборе. Несмотря на плохую сохранность видно, что складки и черты лица прорисованы тонко и виртуозно. Нос с горбинкой, острая бородка, прямой взгляд широко раскрытого глаза – все вместе создают выразительный и характерный образ. Рисунок сделан с помощью чёрного мела, в светах тронут кистью белилами, и кое-где светло-розовой гуашью. Особенно выразительно белила выделяют светлые части лица: надбровную дугу, часть скулы, подчёркивая контраст тёмной впадины глазницы с густо-тёмным глазом и устремлённым вверх взором. Этот беглый набросок, вероятно, связан с образом героя живописного произведения. Об этом говорит положение полуфигуры мужчины, характерность его костюма и образа, а также присутствие справа развивающейся ленты-бандероли. Бандероли нередко изображались на картинах и гравюрах северных художников, как правило, на таких лентах были начертаны слова изображённых.

Изображения эрмитажного листа датированы 1505-1510 годами, лондонский набросок – 1515-1520. Оба листа, предположительно, происходят из рабочих альбомов художника. Примечательно, что все три изображения отличаются по манере и по художественным задачам. Типология различна: в случае со сценой с изображением Святого Луки с лондонского рисунка – речь идёт о тщательно детализированном композиционном проекте, в случае с одноимённой сценой эрмитажного листа – перед нами композиционный набросок. Изображение полуфигуры мужчины на его обороте – беглый этюд, возможно, размышление над образом героя задуманного произведения. Объединяет все три манера кьяроскуро, её эффектная выразительность.

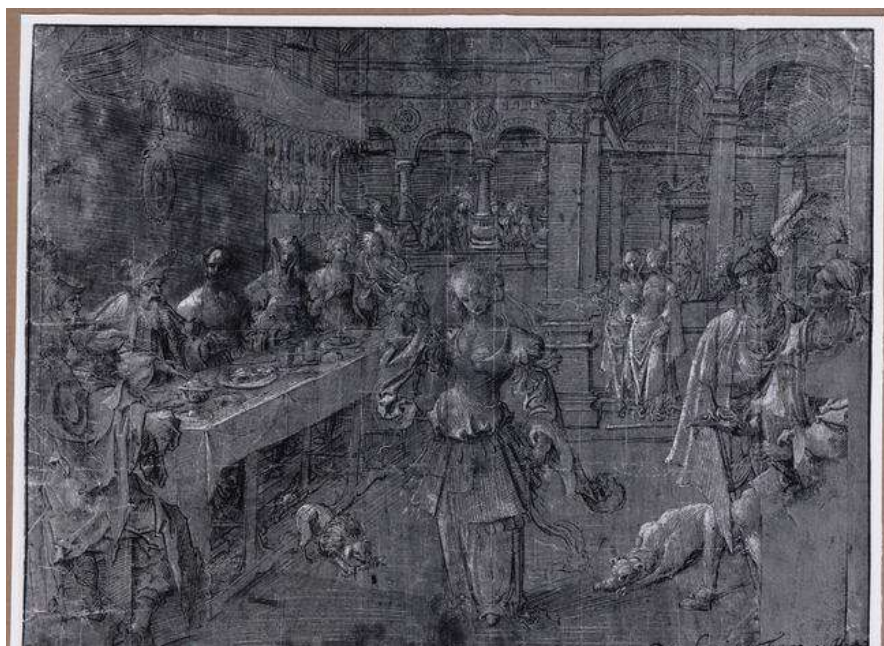


Рис.5. Ян де Бер. Саломея, танцующая во время пира Ирода. Между 1490-1528 гг.
Собрание классического фонда, Веймар.

Fig. 5. Jan de Beer. Salome dancing during the feast of Herod. Between 1490-1528.
Collection of the classical fund, Weimar.

Манера рисунков кьяроскуро в XVI веке стала излюбленной манерой нидерландских художников, в особенности антверпенских маньеристов. Однако среди этих композиций мы найдем мало портретов. Зачастую рисунки кьяроскуро относятся к так называемому типу рисунков-проектов. Очевидно, художников в этой технике привлекала тщательная проработка светотеневой моделировки, формирование светом объемов, складок.

Большой живописностью обладает рисунок Яна де Бера, который изображает пир Ирода и танцующую Саломею (Собрание классического фонда, Веймар) (рис.5). Формы фигур и предметов в нём наполнены лёгкостью и плавностью. Изгибы и силуэты мягкие и воздушные. Описываемые эффекты достигаются за счет сдержанного использования белил в светах. Некоторые фигуры и детали моделированы только лишь одними белилами или только тушью. В более затенённых местах штрих уступает выразительному эффекту пятна. Некоторые линии будто «парят» в воздухе, объёмы и пятна рассеиваются, предвосхищая эффекты графических техник, которым ещё только суждено будет появиться, а именно техник печатной графики – офорта и акватинты.

В центре композиции изящная фигурка Саломеи. S-образные линии её тела напоминают женские идеализированные образы нидерландских художников XV века, в которых преобладают мягкие изгибы и которые кажутся лишёнными скелета. Однако витиеватый танец одежд говорит уже о новой манере в искусстве. Манере, постепенно забывающей готическую тяжеловесность и скульптурность. Это стремление забыть всё старое, заостреннее в трактовке фигур и движений, насытить искусство новыми идеями, придать ему темпераментность и не виданную до того на сдержанном севере страсть. Это танец готической фигуры, одетой в новомодный костюм XVI века и ещё не знающей как двигаться в этом костюме. Это искусство, которое конвульсивно ищет новый художественный язык, на котором заговорит со зрителем. Здесь готические фигуры ищут себя, вписанные в очертания величественной архитектуры римской аркады.

Библиографический список

1. Ewing D. Jan de Beer. Gothic renewal in Renaissance Antwerp. Turnhout: Brepols publishers, 2016. – 385 p.
2. Мандер, К. ван. Книга о художниках. - СПб: Азбука-классика, 2007. – 544 с.
3. Ларионов А.О. От готики к маньеризму. Нидерландские рисунки XV-XVI веков в собрании Государственного Эрмитажа. Каталог выставки. – СПб.: Издательство Государственного Эрмитажа, 2010. – 364 с.

ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ БЛАГОУСТРОЙСТВА ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ МУРИНСКОГО ПАРКА КАЛИНИНСКОГО РАЙОНА ГОРОДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Маркин А.А., Козырева Е.И.

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

Ключевые слова: эскизный проект, Муринский парк, конкурс, дизайн среды.

В данной статье рассматривается эскизное предложение по благоустройству части Муринского парка с формированием военно-патриотической зоны. Данный проект послужит основой для разработки технического задания на разработку проекта благоустройства территории.

IMPLEMENTATION DRAFT PROJECT
PARTS OF THE TERRITORY OF MURINSKY PARK
KALININSKY DISTRICT OF SAINT PETERSBURG CITY

Markin A.A., Kozyreva E.I.

Saint-Petersburg state forest technical university, Saint-Petersburg

Key words: conceptual project, Murinsky park, competition, environment design.

This article discusses a draft proposal for the improvement of a part of the Murinsky park with the formation of a military-patriotic zone. This project will serve as the basis for the development of terms of reference for the development of a project for landscaping.

Данный эскизный проект благоустройства части территории Муринского парка проходил в рамках открытого архитектурно-градостроительного конкурса «Ресурс периферии». Конкурс нацелен на создание военно-патриотической зоны благоустройства посвященной героической обороне Ленинграда во время Великой Отечественной войны, с размещением тематических малых архитектурных форм [1].

Концептуальный проект был предложен командой из разных высших учебных заведений: Багмут Ангелина и Киселёв Даниил (СПбГАСУ), Маркин Андрей (СПбГЛТУ), Джораев Равшен (СПбГУ) и Тагиева Марям (ВХУТЕИИ). Ментором команды являлась кандидат архитектуры, доцент СПбГЛТУ им. С.М. Кирова – Козырева Елена Ивановна.

Объект проектирования расположен по адресу: Санкт-Петербург, Муринский парк (участок 2) от Гражданского пр. до ул. Руставели, ЗНОП № 4138 (см. рис. 1) [2].

Концепция благоустройства части территории Муринского парка учитывает ландшафтный контекст, память места, сохраненную в подлинных артефактах, актуальный градостроительный контекст, социокультурный ресурс развития и потенциал формирования комфортной городской среды с использованием средств ландшафтной архитектуры и дизайна.

Ландшафтная основа концепции основывается на пойме Муринского ручья, его природной ситуации и одним из звеном водно-зелёного городского каркаса (см. рис. 2). Особенно важно в данном контексте, что эта структура подключается к Зелёному поясу Славы Ленинграда.



Рис. 1. Место проектирования
Fig. 1. Place of design



Рис. 2. Территория проектирования в контексте водно-зелёного каркаса
Fig. 2. Design area in the context of a water-green frame

Символом места стал сам Муринский ручей. В концепции его рассматривали как ручей-граница (граница как рубеж, линия обороны), ручей-связь (связь времён, событий и поколений) и ручей-путь (путь в пространстве, времени, в памяти) (см. рис. 3).

Концепции предложена айдентика места. Вдохновением послужили имеющиеся противотанковые укрепления – надолбы, георгиевская лента, линия ручья и лейтмотив – металл-кортен (см. рис. 4).

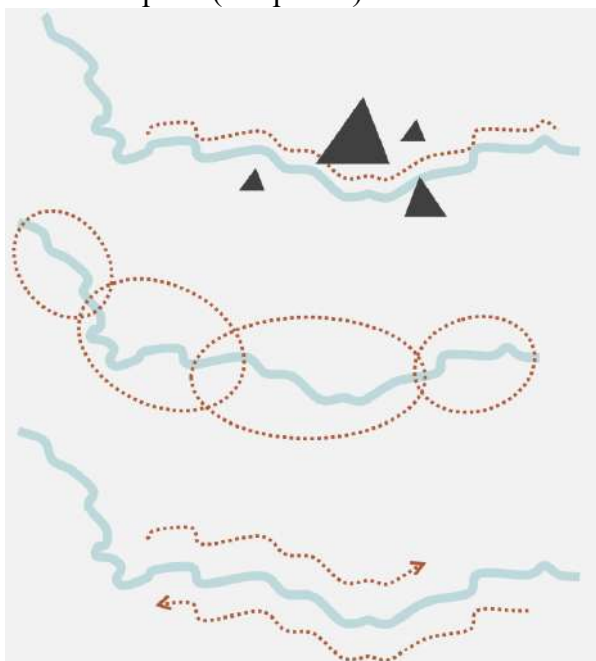


Рис. 3. Символы места
Fig. 3. Place symbols



Рис. 4. Логотип проекта
Fig. 4. Project logo

Предложенная концепция учитывает функциональное наполнение Муринского парка как в существующем состоянии, так и в перспективе появления новых объектов во 2-ой очереди строительства (см. рис. 5). Большая часть прилегающей территории является спортивным ядром с лыжероллерной трассой, зонами активного отдыха для детей и обширной территории для тихого отдыха. К этим зонам также с 2024 года добавится зона военно-патриотического воспитания, который является участком проектирования для данного конкурса.

Таким образом, требования конкурса и контекст территории сформировал запрос на проектирование в виде: формирования тематической доминанты – зона военно-патриотического воспитания, потенциальный пешеходный транзит и потенциал ландшафтной ситуации. Исходя из этого концепцией предложено, «открытый музей» – уникальное звено памятных мест города, связанным с прошлым, настоящим и будущим города, общественный центр локального сообщества и ландшафтное рекреационное пространство всесезонного использования.

Зонирование концептуального предложения состоит из: входной зоны, со стороны перекрестка ул. Руставели и пр. Луначарского, а также проектируемого участка 2-ой очереди строительства; информационный узел – интерактивный открытый музей «Лента памяти» с мультимедийной установкой и информации о районе и истории места; тематическое ядро – военно-патриотическая зона «Муринский рубеж» на основе существующих артефактов-надолбов и проектируемых мемориальных досок с датами; зона спокойного отдыха – часть поймы Муринского ручья с формированием в них «Сиреневого сада» и «Берёзовой рощи» (см. рис. 6).



Рис. 5. Существующее и проектируемое функциональное зонирование части Муринского парка

Fig. 5. Existing and projected functional zoning of a part of the Murinsky Park



Рис. 6. Зонирование территории
Fig. 6. Zoning of the territory

Планировочное решение территории учитывает существующую планировочную систему, а также вертикальную планировку территории. В качестве новых планировочных элементов в рамках концепции предлагается: с входной стороны улицы Руставели видовую площадку у гидротехнического сооружения и пандус, информационно-выставочная зона, мемориальная зона, зона массовых мероприятий – «Сиреневый сад» с тенто-вантовым сооружением, зон спокойного отдыха в «Берёзовой роще» и прогулочных дорог на деревянном настиле, пешеходной связи с Северным проспектом (см. рис. 7).



Рис. 7. Генеральный план эскизного проекта
Fig. 7. Master plan of the preliminary design

В основу концепции «Муринский рубеж. Лента памяти» положены 4 маршрута, связанных общим планировочным и пространственным решением и тематическим сценарием. Особенность каждого маршрута состоит в приоритетной целевой аудитории парка предусмотренной средовой организацией паркового ландшафта в целом и тематической составляющей в частности.

«Маршрут-движение» является пешеходным транзитом связывающий проспект Луначарского и Северного. Обеспечивающий комфортный «зелёный коридор» - дублёр транспортных магистралей (см. рис. 8).

«Маршрут-погружение» связывает входные зоны с единым тематическим сценарием. «Погружение» в историю, память места – поддерживает особенности ландшафтной ситуации, перепадами высот, закреплённые существующей вертикальной планировкой. Это даёт возможность вертикального зонирования маршрута, обособление его отдельных участков от пешеходного транзита. Маркерами этого маршрута являются: подлинники оборонительные укрепления (надолбы), «стена памяти», экспозиция истории места, система навигации, тематические малые формы, цветовая символика, ландшафтные элементы, ландшафтная подсветка и мультимедийные средства (см. рис. 9).

«Маршрут-созерцание» связывает входные зоны с единый видовой сценарий на водные пейзажи и вид на территорию в общем контексте. Данный маршрут самый протяженный и выполнен из деревянного настила, проложенные по расширенной пойме ручья, вдоль искусственных островов (см. рис. 10).

«Маршрут-ощущение». Данный маршрут является развитием проекта «Сад ощущений» для незрячих и слабовидящих. Является специальной версией сценария, объединяющей «маршрут-движение» и «маршрут-погружение». Это станет «погружением» в историю и память места с помощью тактильных, аудиальных, обонятельных ощущений (см. рис. 11).

Тематические малые архитектурные формы стали общим лейтмотивом концепции, выражающим образную смысловую доминанту места. Общая стилистика задана материалом и цветом (металл-кортен), формой (угол, треугольник), линией (лента), логотипом. В состав тематических МАФ входит: информационный пилон, интерактивные стенды, элементы навигации, панели и велопарковки (см. рис. 12).



Рис. 8. «Маршрут-движение»
Fig. 8. «Route-movement»



Рис. 9. «Маршрут-погружение»
Fig. 9. «Route-dive»



Рис. 10. «Маршрут-созерцание»
Fig. 10. «Route-contemplation»



Рис. 11. «Маршрут-ощущение»
Fig. 11. «Route-feeling»

Организация основных зон. Военно-патриотическая зона «Муринский рубеж» (см. рис. 12). Место расположения оборонительных укреплений сохраняется как главный артефакт, в сложившемся ландшафтном контексте. Развитием темы предлагается оформление «стены памяти» на основе существующей подпорной стенки. Перепад уровней более 1,5 м обеспечивает вертикальное зонирование. Подпорная стена получает единое архитектурное и ландшафтное оформление в форме рельефного фриза (панели металла-кортена) с подсветкой и куртиной из Ивы пурпурной *'Nana'* и Спиреей пепельной *'Grefsheim'*. Мемориальная тема выражена в ритмическом расположении смысловых и пластических акцентов (годы войны, места памятных акций, возложения цветов). Радиальная планировочная композиция находит продолжение в расположении пирсов и пешеходных мостков в акватории ручья.



Рис. 12. Военно-патриотическая зона «Муринский рубеж»
Fig. 12. Military-patriotic zone «Murinsky frontier»

Открытый музей «Лента памяти» (см. рис. 13). Представляет собой узловой участок, объединяющий все маршруты, а также архитектурно-пространственный акцент, ориентированный на входные зоны и внешние границы парка с северо-восточной стороны) проспект Луначарского, улица Руставели). Главный элемент – «информационная стена» вдоль существующего сооружения лыжероллерной трассы, решенная как

«многофункциональный фасад», мультимедийное панно, элемент тематического сценария, место инициативных акций местных жителей. Вдоль существующего ограждения размещается интерактивная экспозиция «Лента памяти», посвященная истории и современной жизни района.



Рис. 13. Открытый музей «Лента памяти»
Fig. 13. Open museum «Tape of Memory»

Зона спокойного отдыха – включает систему пешеходных дорожек, террас, пирсов, мостков в северной и южной частях поймы и в акватории ручья, общественное пространство «Сиреневый сад», «Березовую рощу» (см. рис. 14). Общий лейтмотив – покрытие из террасной доски, дерево в решении малых форм, ландшафтная подсветка. Акцент – тентовый навес на территории «Сиреневого сада» в весенне-летний период, декоративная пространственная конструкция для праздничного оформления в зимний период). Максимально сохраняются и поддерживаются естественные ландшафтные особенности поймы ручья.



Рис. 14. «Сиреневый сад» с тенто-вантовой конструкцией
Fig. 14. «Lilac Garden» with a tent-cable structure

Выбор материалов покрытий основан на принципах функциональности, цветовой гармонии, композиционной логики и образа. При выборе материалов учтены также запросы жителей.

Социологический опрос показал, что посетители Муринского парка предпочитают набивное покрытие как наиболее комфортное и экологичное. Поэтому в качестве основного покрытия пешеходных дорожек и площадок предложено использование гранитного отсева.

Покрытие прогулочных дорожек и террас вдоль береговой линии, видовых площадок, пирсов, мостов в границах акватории, а также подиумов и ярусных конструкций для отдыха – террасная доска.

Членения поверхности набивного покрытия и элементы малых архитектурных форм в мемориальной зоне (по аналогии с бетонными надолбами), ступени – армированный бетон.

Элементы моста-платформы в мемориальной зоне - металл-кортен. Отдельные участки пешеходной поверхности в зоне информационных объектов, ритмическая организация поверхности набивного покрытия в зоне отдыха – тротуарная плитка (навигация для незрячих и слабовидящих – в сочетании с тактильной плиткой) (см. рис. 15 и 16).



Рис. 15. Тематический МАФ для МГН
Fig. 15. Thematic items for the disabled person



Рис. 16. Возложение цветов в военно-патриотической зоне «Муринский рубеж»
Fig. 16. Laying flowers in the military-patriotic zone «Murinsky frontier»

Проектируемый ассортимент растений исходит из тематики Концепции, высокого художественного эффекта ландшафтно-композиционных решений, а также учитывает почвенно-гидрологические особенности участка.

Использование хвойных древесно-кустарниковых растений нецелесообразно из-за сильного подтопления и стоячей воды на территории проектирования. В связи с этим, предложено преимущественное использование лиственных растений с декоративными качествами в зимнее время, таких, как Рябина обыкновенная *'Nevezhinskaja'*, Облепиха крушиновидная *'Leikora'* (яркие плоды); Липа мелколистная, Ива белая *f. Pendula* (архитектоника кроны); Берёза повислая, Дерен белый *'Sibirica'*, Ива пурпурная *'Nana'* (декоративная кора).

Помимо этого, используются кустарники с декоративным цветением (Сирень обыкновенная *'Надежда'*, Сирень обыкновенная *'День Победы'*, Сирень обыкновенная *'Фронтовичка'*, Спирея серая *'Grefsheim'*, Чубушник гибридный *'Snow Goose'*).

В концепции проекта заложены цветники не только с декоративным цветением, но и растения с лекарственными и пряно-ароматическими свойствами. Идея подбора таких

травянистых растений исходит из аналогий с растениями, которые помогали солдатам во времена Великой Отечественной войны. Пряно-ароматические свойства растений дополняют визуальные впечатления, способствуя раскрытию образного и тематического содержания Концепции.

Для цветников предложены растения с декоративным цветением (Вероника колосковая, Гвоздика китайская, Дицентра красивая, Дербенник иволистный 'Robert', Клопогон простой 'Pink Spike', Очиток видный 'Brilliant', Рудбекия пурпурная 'Белая лебедь'); пряно-ароматическими свойствами (Герань крупнокорневищная 'Spreessart', Монарда гибридная, Мелисса лекарственная, Тимьян ползучий и Тимьян лимоннопахнущий 'Doone Valley'), лечебными свойствами (Кровохлебка лекарственная 'Tanna', Манжетка мягкая, Полынь обыкновенная 'Aureovariegata', Тысячелистник обыкновенный 'Queen', Шалфей дубравный 'Senior' и Эхинацея пурпурная).

Также к ассортименту травянистых культур прилагается схема цветения (см. рис. 17). Растения подобраны таким образом, чтобы во время вегетации было непрерывное цветение.

Название	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Гвоздика китайская					
Герань крупнокорневищная 'Spreessart'					
Кровохлебка лекарственная 'Tanna'					
Эхинацея пурпурная					
Манжетка мягкая					
Тысячелистник обыкновенный 'Queen'					
Вероника колосковая					
Дицентра красивая					
Клопогон простой 'Pink Spike'					
Очиток видный 'Brilliant'					
Рудбекия пурпурная 'Белая Лебедь'					
Дербенник иволистный 'Robert'					
Мелисса лекарственная					
Тимьян ползучий					
Тимьян лимоннопахнущий 'Doone Valley'					
Полынь обыкновенная 'Aureovariegata'					
Шалфей дубравный 'Senior'					
Монарда гибридная					

Рис. 17. Календарь цветения

Fig. 17. Bloom calendar

Система освещения территории включает основной свет светодиодный уличный торшер МАЯК, в качестве дополнительного торшер наружного освещения КОЛЬТ, для арт-подсветки светодиодный уличный прожектор и линейного освещения светильник фасадный светодиодный МИДИЛАЙН М [3].

Также в рамках проекта была предложена сувенирная продукция, которая может подарена на открытие данного проекта для ветеранов, активных граждан и администрации района.

Данный проект был вынесен на обсуждение в рамках конкурса и получил наивысшую оценку от членов жюри, заняв первое место [4]. Также эскизный проект станет основой для разработки технического задания на разработку проекта благоустройства территории.

Библиографический список

1. Администрация Санкт-Петербурга. – Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/architecture/news/247125/>;

2. Закон Санкт-Петербурга от 1.07.2022 (ред. от 18.07.2022) «О зеленых насаждениях общего пользования». – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/8458668>;
3. Компания "САРОС". – Режим доступа: <https://sarosco.com/>;
4. Администрация Санкт-Петербурга. – Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/gov/admin/povelij-aa/news/250632/>.

ВИДЫ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ЗАБРОШЕННЫХ СЕЛЬХОЗЗЕМЛЯХ

Новикова М.А.

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

Ключевые слова: береза повислая, береза пушистая, живой напочвенный покров, естественное возобновление, сельхозземли.

Живой напочвенный покров, в частности травяной, играет огромную роль в жизни леса. Устойчивый напочвенный покров, который представлен обычно теневыносливыми видами, появляется спустя 10-15 лет. Злаковая ассоциация не отличается большой стабильностью и со временем заменяется одним из основных типов леса, соответствующих данным условиям. В живом напочвенном покрове произрастает 63 вида высших растений, несколько видов зеленых мхов. На первой стадии развития лесных фитоценозов (15-20 лет) в составе живого напочвенного покрова лесные виды составляют не более 10 % от общего количества учтенных видов. В составе травостоя преобладают злаки, клевер красный, зверобой, золотарник, хвощ полевой

TYPES OF LIVING GROUND COVER ON OVERGROWN AGRICULTURAL LANDS

Novikova M.A.

Key words: silver birch, white birch, living ground cover, natural reforestation, agricultural land

Living ground cover, in particular grass, plays a huge role in the life of the forest. Stable ground cover, which is usually represented by shade-tolerant species, appears after 10-15 years. The cereal association is not very stable and is eventually replaced by one of the main types of forest that meet these conditions. 63 species of higher plants, several species of green mosses grow in the living ground cover. At the first stage of development of forest phytocenoses (15-20 years), forest species make up no more than 10% of the total number of recorded species as part of the living ground cover. The composition of the herbage is dominated by cereals, red clover, hypericum, goldenrod, field horsetail.

Живой напочвенный покров, в частности травяной, играет огромную роль в жизни леса. [1] Устойчивый напочвенный покров, который представлен обычно теневыносливыми видами, появляется спустя 10-15 лет. В основном же, как правило, образуется вполне выраженный тип – березняк злаковый либо злаковая ассоциация иного типа. Однако, злаковая ассоциация не отличается большой стабильностью и со временем заменяется одним из основных типов леса, соответствующих данным условиям. [4] При обсуждении роли травяного покрова следует учитывать и конкуренцию его в борьбе за элементы корневого питания, И.Н. Оловяникова (1958), оценивая иссушающее влияние травяного покрова, писала, что в связи с этим и питательные вещества, потребляемые вместе с влагой травянистыми растениями, не могут быть использованы древесными породами, что несомненно должно отрицательно отразиться на приросте.[6]

Цель работы: определить доминирующие виды живого напочвенного покрова на заброшенных сельхозземлях.

Объекты и методика. Объектами исследования являлись заброшенные сельхозземли различной давности на территории Бежецкого района Тверской области (земли бывшего Моркиногорского совхоза). Рельеф территории холмистый. Общая характеристика объектов исследования представлена в таблице 1. На объектах произрастают деревья, которые были высажены или появились самосевом еще при использовании этих земель по назначению (полезащитные полосы, рядовые посадки вдоль дорог и мелиоративных канав, одиночные деревья по кромкам полей). Возраст таких деревьев составляет 45-65 лет для лиственных пород, и около 100 лет для деревьев сосны. Деревья вдоль дорог использовались как снегозадерживающие, высажены они были в 1963-1964 годы. До посадки деревьев вдоль дорог устанавливались снегозадерживающие шалаши.

Так как местность в Бежецком районе холмистая, то каждый объект исследовался в 4 направлениях, начиная от вершины холмов и вдоль по склону закладывались учетные площадки по известной методике [2, 3]. Учет и глазомерно-измерительная оценка естественного возобновления проводились по ходовым линиям, которые равномерно размещались на нелесном участке. Для учета подроста и растительности нижних ярусов закладывались круговые учетные площадки с постоянным радиусом 178,5 см. При этом учитывалось состояние подроста, его количество, состав, встречаемость и структура по высоте. На круговых площадках учитывали также подлесок (состав, количество и структуру по высоте) и живой напочвенный покров (видовой состав, проективное покрытие и встречаемость по видам).

Все объекты исследования расположены на бывших пашнях и сенокосах.

Таблица 1 Характеристика объектов исследования

Номер объекта	Расположение опытного объекта	С какого года земли заброшены	Состав древесной растительности, %	Примерный возраст деревьев, лет	Общая численность деревьев, экз./га
1	вершина холма	1990	10Б+Олс	60	32
2	вершина холма	1998	5Б1Ос4Олс	55	67
3	западный склон	1998	7Б1С2Олс	65	42
4	восточный склон	1998	5Б1С4Ос	65	26
5	северный склон	1998	9Олс1Б	45	24
6	южный склон	2000			
7	восточный склон	1997	5Б5Ос	60	33
8	южный склон	1994	9Б1Ос+Е	65	20
9	западный склон	1997	9Б1Ос+С	60	36
10	северный	1997	6Б4Ос+Ол	55	30

	СКЛОН		с		
11	восточный склон	1998	7Б2Ос1Олс	50	39
12	северный склон	1998	5Ос3Б2Олс	50	67

Результаты исследования: В живом напочвенном покрове произрастает 63 вида высших растений, несколько видов зеленых мхов. При проведении учетных работ по отдельным объектам зафиксировано от 19 до 28 видов, табл. 2. Наибольшая встречаемость отмечена для видов составляющих мелкотравье (хвощ, золотарник, герань и т.д.) Почти на всех площадях проективное покрытие превышает 100%.

Таблица 2 Структура живого напочвенного покрова

№ объекта	Количество видов	Проективное покрытие, %	Количество видов по группам			
			злаки	бобовые	мелкотравье	прочие
1	19	39,93	2	0	13	4
2	25	119,5	2	2	18	3
3	19	183,3	2	2	14	1
4	21	176,3	3	2	13	2
5	24	168,8	3	2	17	2
7	26	128,3	3	1	20	2
8	28	110,5	3	2	20	3
9	28	150,5	4	3	17	4
10	26	101,8	3	3	17	3
11	26	120,93	3	2	17	4
12	25	133,4	2	2	19	3

В составе травостоя преобладают злаки, клевер красный, зверобой, золотарник, полынь горькая, василек луговой, хвощ полевой, табл. 3.

Таблица 3 Видовой состав доминантов на объектах исследования (встречаемость более 50%)

№ п/п	Название вида		Встречаемость вида, %
	Русское	латинское	
1	Василек луговой	<i>Centaurea jacea L</i>	83,3
2	Дудник лесной	<i>Angelica sylvestris L.</i>	66,7
3	Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata L.</i>	91,7
4	Зверобой перфорированный	<i>Hypericum perforatum L.</i>	100
5	Земляника лесная	<i>Fragaria vesca L</i>	58,3
6	Золотарник обыкновенный	<i>Solidago virgarea L</i>	91,7
7	Иван-да-марья	<i>Melampyrum nemorosum L.</i>	58,3

8	Иван чай	<i>Chamaenerion angustifolium L.</i>	83,3
9	Клевер красный	<i>Trifolium pratense L.</i>	91,7
10	Осот полевой	<i>Cirsium arvense (L.) Scop.</i>	75,0
11	Лапчатка прямостоячая	<i>Potentilla erecta (L.) Raeusch.</i>	75,0
12	Мыльнянка лекарственная	<i>Saponaria officinalis L.</i>	58,3
13	Подмаренник настоящий	<i>Galium verum L.</i>	75,0
14	Полынь горькая	<i>Artemisia absinthium L.</i>	83,3
15	Тысячелистник обыкновенный	<i>Achillea millefolium L.</i>	75,0
16	Хвощ полевой	<i>Equisetum arvense L.</i>	100

Общее проективное покрытие доминирующих видов превышает 50%. Встречаемость этих видов на объектах исследования достигает 100%. На данной стадии развития лесных фитоценозов в составе живого напочвенного покрова лесные виды составляют не более 10 % от общего количества учтенных видов.

Выводы:

1. В живом напочвенном покрове произрастает 63 вида высших растений, несколько видов зеленых мхов
2. На первой стадии развития лесных фитоценозов (15-20 лет) в составе живого напочвенного покрова лесные виды составляют не более 10 % от общего количества учтенных видов.
3. Доминирующих видов как удалось установить всего 16, из которых в составе травостоя преобладают злаки, клевер красный, звербой, золотарник, хвощ полевой

Библиографический список:

1. Грязькин, А.В. Пат. 2084129 РФ, МКИ С 6 А 01 G 23/00. Способ учета подроста. № 94022328/13; Заяв. 10.06.94; Опуб. 20.07.97, Бюл. №20.
2. Грязькин, А.В. Связь динамики опада в ельнике с погодными условиями / А.В. Грязькин, О.Е. Аникина / Экология и защита леса. межвузовский сборник научных трудов. Ленинград, 1990, с.67-70.
3. Ефремов, С.П. Структура возобновления в болотных березняках томской области / С.П. Ефремов, С.Г. Жильцова / М.: Лесное хозяйство, 2011, №2.-с.15-19.
4. Ильюшенко, А.Ф. Строение и продуктивность древостоев некоторых типов березняков на суглинистых почвах./А.Ф. Ильюшенко, С.П. Кошельков / Лесоводственные исследования в подзоне южной тайги./М.: Наука. 1977, С.32-41
5. Косицын, В.Н. Использование недревесных ресурсов березовых лесов Лесохозяйственная информация №6-7, 2008, С.3-6
6. Оловяникова, И.Н. Взаимотношения древесной и травяной растительности в лесных насаждениях на южных черноземах Балашовской области. / И.Н. Оловяникова // Труды института леса, 1958, т.43

ОБЗОР ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СИСТЕМ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ КАССЕТ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

Фетисова А.А.

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

Ключевые слова: ПМЗК, мойка кассет, дезинфекция кассет, патогенная микрофлора

Многочисленное использование контейнеров для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой приводит к распространению патогенной микрофлоры вызывающей гибель сеянцев. В статье проанализированы различные технологические подходы дезинфекции кассет: тепловая, радиочастотная, химическая обработки. Для детального анализа были отобраны семь моек, подходящих для работы с кассетами ЗКС, предлагаемых следующими компаниями: BCC (Швеция), URBINATI (Италия), DaRos (Италия), JEROS (Дания), Гродторгмаш (Беларусь), MasterMilk LLC (Украина), ASP-group (Россия).

OVERVIEW OF THE CASSETTE WASHING AND DISINFECTION SYSTEMS USED IN THE CULTIVATION OF SEEDLINGS WITH A CLOSED ROOT SYSTEM

Fetisova A.A.

Saint-Petersburg state forest technical university, Saint-Petersburg

Key words: seedlings with a closed root system, cassette washing, cassette disinfection, pathogenic microflora

Repeated use of containers for the cultivation of planting seedlings with a closed root system leads to the proliferation of pathogenic microflora causing the death of seedlings. The article analyzes different technological approaches to cassette disinfection: thermal, radiofrequency, chemical treatment. For a detailed analysis, seven washes, suitable for work with seedlings with a closed root system cassettes, offered by the following companies, were selected: BCC (Sweden), URBINATI (Italy), DaRos (Italy), JEROS (Denmark), Grodtorgmash (Belarus), MasterMilk LLC (Ukraine), ASP-group (Russia).

В силу того, что лес является возобновляемым ресурсом, проблеме эффективности лесовосстановительных мероприятий всегда уделялось особое внимание в лесном хозяйстве. В России новый этап развития научных исследований и практики искусственного лесовосстановления начался в 50-60 годах XX века. В этот период увеличились площади вырубок за счет механизации лесного хозяйства. Вместе с тем, появилась и техника для подготовки площади и обработки почвы с целью создания лесных культур. Однако, организовать механизированную посадку не представлялось возможным. Также, с ростом площадей вырубок, необходимо было увеличить выход посадочного материала за счет механизации его выращивания. Кроме того, в этот период активно развивалась плюсовая селекция и возникла необходимость рационального использования семян с лесосеменных плантаций. Таким образом, возникло множество предпосылок, которые в итоге привели к появлению научного направления по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой (ПМЗК) [1]. В Наставлении по выращиванию посадочного материала древесных и кустарниковых пород в лесных питомниках РСФСР 1978 г. впервые содержатся рекомендации по выращиванию сеянцев в защищенном грунте, а также посадочного материала с «необнаженной корневой системой». А к 1988 году под руководством Е.Л. Маслакова был разработан полный комплекс оборудования для выращивания посадочного материала с ЗКС по методу «Брикет» и его механизированной посадки на лесокультурной площади [1]. С середины

80-х годов XX века развивалась идея, заключающаяся в прямом посеве семян в контейнеры, что позволяло повысить производительность. Руководство этим направлением осуществлял А.В. Жигунов.

В скандинавских странах опыты по выращиванию и использованию лесного посадочного материала с закрытой корневой системой в производственных целях начали проводить в конце 60-х годов прошлого века. Такой ПМЗК представлял собой растение с корневой системой, находящейся внутри кома почвы, помещенного в торфяной горшочек [2]. Позже, в начале 80-х годов на смену пришел метод выращивания сеянцев в бумажных ячейках – «Paperpot», разработанный в Японии, а через 5 лет начал внедряться метод выращивания в кассетах «Ekorpot». Кассеты из тонкой пластмассы «Enso» и сборные пластмассовые кассеты «Varo» широкого распространения не получили. Сейчас в питомнических хозяйствах повсеместно наиболее часто используются кассеты типа «Panth», «Plantek», «BSS», которые изготавливаются из жесткой пластмассы и благодаря этому выдерживают до 10 ротаций.

В настоящее время выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой является перспективным способом получения сеянцев и саженцев [3]. Использование такого посадочного материала повышает эффективность лесовосстановления и лесоразведения [4]. Большинство авторов выделяют следующие преимущества этого способа:

- короткий срок выращивания посадочного материала;
- посев семян можно производить на 2-3 недели раньше;
- норма высева семян на 1 погонный метр снижается на 30-40 %;
- грунтовая всхожесть семян выше в 3-5 раз;
- выход сеянцев с единицы площади увеличивается в 4-7 раз;
- при транспортировке не теряет своего качества;
- требуется меньшее количество саженцев на единицу культивируемой площади;
- высокая приживаемость и сохранность лесных культур;
- значительная продолжительность лесопосадочных работ;
- снижение числа лесоводственных и агротехнических уходов;
- сокращение числа рабочих на посадке [3-6].

Из минусов стоит отметить высокую себестоимость ПМЗК по сравнению с сеянцами с открытой корневой системой. Однако, использование посадочного материала с закрытой корневой системой обеспечивает относительно высокую приживаемость растений и позволяет производить посадку в течение длительного периода времени [3].

К настоящему времени в различных странах мира с использованием посадочного материала с закрытой корневой системой создаются значительные площади лесных культур. В Финляндии удельный вес таких посадок достигает 86% от площади создания новых лесов, в Британской Колумбии – 76%, Швеции – 67%, Канаде – более 50%, Норвегии – 48%, Польше – более 20%, на Тихоокеанском побережье северо-запада США – 20%, России – около 5%, Литве – 3% [2].

Одной из актуальных проблем выращивания сеянцев с ЗКС в питомниках является борьба с патогенной фитофлорой, в первую очередь – грибными заболеваниями. Инфекционное полегание, вызываемое грибами рода *Fusarium* (в большинстве случаев *F. avenaceum*, *F. sporotrichiella*, *F. oxysporum*), наиболее опасно для сеянцев сосны и ели до 3-х недельного возраста [7, 8]. Заболевание имеет две фазы развития: довсходовая гибель семян, преобладающая в питомниках (13-14% семян сосны и 25-34% ели), и полслевсходовая гибель сеянцев [7]. В случае недостаточной аэрации корневых систем контейнеров и чрезмерного полива наблюдается отмирание корней, что вызывается в основном *Rhizoctonia* и *Pythium*. При повышенной относительной влажности воздуха (более 60 - 70%) может начать развиваться серая плесень, вызываемая грибом *Botrytis cinerea* Pers. [9]. Зараженность однолетних сеянцев сосны составляет 1-2%, ели – 5-10%, а

на второй год она возрастает соответственно до 40-50 и 20-30% [7]. Склероции жизнеспособны в течение 1-2 лет. Также, у посевов по системе ЗКС, в отдельных случаях наблюдался склероформоз (*Sclerophoma pythiophila* (Corda) v. Hohnk.), альтернариоз (v. *Alternaria*) и другие болезни периода перезимовки (*Phacidium infestans* Karst.). В результате исследований белорусских ученых с использованием молекулярно-генетических методов выявлено, что преобладающим заболеванием однолетних сеянцев сосны, ели и лиственницы, выращиваемых в кассетах является кладоспориоз, вызванный комплексом микромицетов с доминированием нового вида из рода *Cladosporium* [10]. Данному заболеванию сопутствовали возбудители серой плесени и ризоктониоза. У двухлетних сеянцев ЗКС диагностировано поражение фомозом (*Phoma sp.1*, *Phoma herbarum*), единично – цитоспороз (*Cytospora sp.*), и эпиккокк (*Epicoccum nigrum*). Эффективному решению данной проблемы способствует выполнение следующего комплекса задач: предпосевная дезинфекция семян, обработка сеянцев в течение вегетационного периода, мойка и дезинфекция кассет для выращивания сеянцев с ЗКС. Наибольшее число исследований посвящено первым двум задачам из вышеперечисленных. Вопрос мойки и дезинфекции кассет в частности для выращивания сеянцев хвойных пород наименее освещен в научной литературе на сегодняшний момент.

Система мойки и дезинфекции кассет включает в себя следующий ряд технологических процессов. В первую очередь кассеты проходят предварительную промывку холодной или горячей водой под высоким давлением, очищаясь от растительного субстрата и корней, а также семян сорняковых растений, мхов и водорослей, которые остаются внутри ячеек после извлечения растений. Твердые частицы и органические вещества могут защитить патогенные микроорганизмы от контакта с дезинфицирующим раствором. Поэтому кассеты, подлежащие повторному использованию, рекомендуется тщательно промыть водой для удаления частиц почвы и растительного мусора перед дезинфекцией, даже если не наблюдаются признаки заболевания [11-13].

После предварительной мойки, в зависимости от технологии дезинфекции, кассеты помещаются в тепловой, химический, озоновый резервуар или ультрафиолетовый облучатель и выдерживаются там в течение времени, определяемого отдельно для каждой группы риска и необходимого для очищения пор кассет от любых заражений.

Тепловая обработка может производиться с помощью погружения контейнеров в горячую воду или подвергаться воздействию пара. Согласно результатам исследований, на стенках контейнеров, вымытых холодной водой (около 8°C) было выявлено множество органических частиц и грибковых спор сапрофитов (*Paecilomyces spp.*, *Penicillium sp.*). А в контейнерах, вымытых при 80 °C, содержались некоторые органические частицы, прикрепленные к стенкам полости, но спор грибов обнаружено не было [12].

Многие питомники в штате Кентукки (США) для дезинфекции кассет из пенополистирола погружают их в горячую воду при температуре от 140° до 160° F (примерно 60-70°C) около двух минут. Отмечается, что при использовании этого метода убивается большинство патогенов. Недостатками являются высокая энерго- и трудозатратность, особенно в больших питомниках [14]. Во многих питомниках Финляндии пластмассовые кассеты опускают в горячую воду (80 °C) на 10 секунд, что позволяет провести дезинфекцию [15].

Обработка контейнеров паром является эффективным средством борьбы с широким спектром патогенных микроорганизмов, превосходящим действие некоторых химических дезинфицирующих веществ. Наилучший результат достигается при температуре пара от 170° до 180° F (примерно 77-82°C) с продолжительностью воздействия 30 минут [16]. Самой большой проблемой в этом случае является поддержание необходимой температуры в течение установленного периода времени. Даже незначительный сбой в работе системы может привести к серьезной деформации контейнеров [16, 17]. Также к недостаткам следует отнести высокую стоимость.

Интересные результаты получены при исследовании влияния радиочастотных волн на выживаемость колоний грибов *Fusarium*, *Cylindrocarpon*, *Trichoderma*. Установлено, что сами радиочастотные волны не токсичны к патогенам. Наблюдалось значительное снижение процента колонизации этих грибов на образцах, которые предварительно смачивались водой. По-видимому, тонкий слой воды нагревается радиочастотными волнами, вызывая гибель грибковых патогенов [14].

Основной проблемой использования химической обработки контейнеров является вопрос баланса экологичности и эффективности производства. При правильном подборе и использовании химических веществ этот метод показывает высокую действенность. Существуют специально разработанные чистящие средства для удаления водорослей, грязи и отложений жесткой воды, представляющие собой комбинацию серной кислоты и размягчающих веществ. Мойка кассет под высоким давлением с мылом и водой также позволяет решить эту проблему. Однако, впоследствии требуется тщательное промывание, поскольку остатки мыла могут инактивировать определенные дезинфицирующие средства, такие как Q-соли [11]. Существует несколько различных типов дезинфицирующих средств, которые в настоящее время широко используются в тепличных комплексах для борьбы с патогенами растений и водорослями. К этим средствам относятся: четвертичные аммониевые соединения (Green-Shield®, Phyan 20® и KleenGrow™), диоксид водорода (ZeroTol® 2.0, Oxidate® 2.0), перекись водорода и пероксиуксусная кислота (Sanidate®), октановая кислота (X™ -3), пероксигидрат карбоната одия (гранулированный альгицид GreenClean Pro) и хлорный отбеливатель. Однако, исследования доказывают, что не всегда удается полностью уничтожить вредоносных патогенов, используя самые современные химические средства. Старые кассеты следует использовать с осторожностью [17]. К тому же, в процессе эксплуатации кассеты изнашиваются и увеличивается их пористость, что повышает впитываемость в них некоторых химических веществ. В последствии это приводит не только к еще большему износу контейнеров, но может негативно повлиять на всхожесть семян [18]. Также отдельные химикаты обладают фитотоксичностью для некоторых растений, например пуансеттии [11, 16]. Отсутствуют сведения о влиянии остатков дезинфицирующих средств на всхожесть семян и рост сеянцев хвойных пород.

Фумигация бромистым метилом с 1-% хлорпикрином позволяет значительно снизить уровень *Pythium*, *Rhizoctonia* на поверхности кассет. Эффективность этого метода снижает возможность грибов *Pythium* сохраняться в порах контейнеров. Также из минусов можно отметить высокую вероятность повреждения кассет при контакте с бромистым метилом в жидкой форме [16].

Основываясь на результатах исследований, разработан ряд современных моделей систем мойки и дезинфекции кассет, представленных российскими и зарубежными производителями. Совершенствование моделей направлено в первую очередь на увеличение производительности, повышение автоматизации, снижение затрат и экологичность производства. Для детального анализа были отобраны семь моек, подходящих для работы с кассетами ЗКС, предлагаемых следующими компаниями: BCC (Швеция), URBINATI (Италия), DaRos (Италия), JEROS (Дания), Гродторгмаш (Беларусь), MasterMilk LLC (Украина), ASP-group (Россия).

Установка для мытья и дезинфекции кассет для выращивания сеянцев (BCC, Швеция) состоит из узла механической очистки под высоким давлением воды и из узла очистки горячей водой (рис. 1) [19].



Рис. 1 Установка для мытья и дезинфекции кассет для выращивания сеянцев ВСС [19]
Fig. 1 Installation for washing and disinfection of cassettes for growing seedlings BCC [19]

Механическая очистка кассет осуществляется разбрызгивателями высокого давления. Насос высокого давления подает на разбрызгиватели воду под давлением 40 бар. Эти разбрызгиватели установлены на вращающиеся трубы для обеспечения обработки всей кассеты. Дополнительными разбрызгивателями с боков осуществляется дополнительная начальная очистка, а также ополаскивание кассет до их перемещения в узел очистки горячей водой. В задней части узла мытья под высоким давлением стоит пластина для стекания воды, предотвращающая попадание холодной воды в горячую. После механической очистки кассеты проталкиваются в узел мытья горячей водой. Узел состоит из бака вместимостью около 550 л, оснащенного четырьмя элементами нагрева (каждый из них мощностью 8 кВт), которые нагревают и поддерживают температуру воды на уровне 80°C. Температура воды контролируется термостатом. Тридцать разбрызгивателей низкого давления, установленные на пяти трубах, ополаскивают кассету водой. Кассеты обрабатываются горячей водой на протяжении 1,5 м и в течении 30 секунд. Поэтому отсутствует опасность изгибания кассет вследствие их продолжительного нахождения в горячей воде. Через прозрачные окошки можно наблюдать за процессом. При необходимости в узел мытья горячей водой добавляются химикаты для дезинфекции.

Вода фильтруется через нержавеющий стальной фильтр, что сокращает расход воды и допускает несложную очистку. Эти фильтры можно очистить во время работы при помощи пылесоса, предназначенного для мокрой очистки. Это позволяет продлить процесс очистки кассет без замены воды в баке.

Для эффективной работы мойки требуется дополнительно установить блок водочистки 1.5 м³, поставляемый отдельно. Он позволяет в зоне с сильным напором использовать воду по замкнутому циклу, что существенно сокращает затраты на водоснабжение при проточной схеме водоснабжения [20].

Если установка для мытья стоит отдельно от технологической линии, то кассеты выталкиваются из узла очистки горячей водой и вручную складываются в стопки для последующего использования. Если установка для мытья связана с технологической линией, то кассеты выталкиваются из установки на транспортер, подающий их на линию заполнения.

Данная мойка опробована на многих питомниках, зарекомендовала себя надежной и производительной.

Кассетомоечная машина URBINATI (Италия) LAV 10 представляет собой два блока объединенных между собой (рис. 2) [21].



Рис. 2 Кассетомоечная машина URBINATI LAV 10 [21]

Fig. 2 Cassette washing machine URBINATI LAV 10 [21]

Кассеты на транспортёр подаются в вертикальном положении, далее кассета попадает в блок интенсивного мытья сильным напором нагретой воды (с насосом 3,7 кВт, 10 Бар. 12 л/мин), в которой происходит механическая очистка кассет. Данный блок оборудован 30 форсунками для мытья кассет, баком для воды на 150 литров с контролем уровня воды и тэном на 8 кВт. Для использования оборотной воды установлен сетчатый фильтр. При необходимости и большом количестве кассет можно установить внешний блок водоочистки (данный блок фирмой Urbinati не поставляется).

В конце моечной секции установлен фен для подсушки кассет перед переходом секцию дезинфекции.

Блок для химической очистки кассет, мощностью 0,75 кВт с фильтром и объём бака 48 л. В данный узел кассета попадает через фен секции интенсивной мойки. В данном узле используется 10 форсунок для химической обработки кассет. В конце данной секции также установлен фен для подсушки кассет перед столом на выходе для слива воды.

Машина для мойки кассет LC1 DaRos (Италия) [22] изготовлена полностью из нержавеющей стали и подходит для мытья и обработки контейнеров, кассет, твердых изделий (полистирол / полипропилен / ПВХ). Для мытья контейнеров, их помещают, вручную или с помощью дополнительного подающего устройства в горизонтальном положении на двойную конвейерную ленту с регулируемой скоростью захвата, по которой они попадают в зону интенсивной мойки с 8 насадками, двумя вращающимися и 6 фиксированными, расположенными таким образом, чтобы иметь возможность мыть кассеты со всех сторон. Далее кассеты проходят через фен, который сгоняет с кассет остатки излишков влаги. В последующем кассета переходит в узел дезинфекции, в котором проходит обработку. По окончании обработки обдувается феном для удаления остатков растворов и подсушивания. В конструкции мойки предусмотрены два сетчатых фильтра встроенных в каждом узле мойки. Также установлен внешний бак 1.5 м³ с вертикальным фильтром из нержавеющей стали для рециркуляции воды в узле

интенсивной мойки. В баке предусмотрено прямое подключение к воде для заполнения резервуара водой и автоматической подпитки во время работы. Вода подается в мойки при помощи центробежного многоступенчатого насоса, установленного снаружи резервуара. Все элементы управления расположены в герметичном щите. Данная машина продается блоками.

Универсальные моечные машины JEROS просты и удобны в эксплуатации и обслуживании [23]. Они обеспечивают эффективную очистку пластиковых ящиков, корзин, кассет и т.д. В линейке стандартных машин JEROS имеются машины с производительностью от 150 до 1500 ящиков в час.

Благодаря специальному приспособлению для направления ящиков моечные машины JEROS могут обслуживаться одним оператором.

Моющая система организована четырьмя вращающимися моющими душами обеспечивает оптимальную очистку. Загрязненные предметы не нужно сортировать по размеру, т.к. отсутствуют прижимные устройства. Фильтр сконструирован в форме выдвижного ящика, что делает его очистку очень простой. Для окончательного ополаскивания используется только чистая вода, которая нагревается до 85°C посредством теплообменника. При использовании в питомнике для мойки кассет лучше предусмотреть внешний фильтр для использования оборотной воды.

В моделях JEROS 300-800 мойка осуществляется с очень высоким давлением (4 - 4,5 бар). Две двери, расположенных по сторонам моечной машины, обеспечивают быстрый доступ к зоне мойки и ополаскивания и облегчают мойку машины.

Дезинфицирующие средства могут храниться непосредственно в машине. Модуль сушки JEROS 200 TD представлен двумя мощными фенами, обеспечивающими оптимальный обдув ящиков после мытья.

Тоннельная посудомоечная машина ГродТоргМаш ММУ-1000М (Беларусь) представляет собой моноблок (рис. 3) [24].



Рис. 3 Тоннельная посудомоечная машина ГродТоргМаш ММУ-1000М
Fig. 3 Tunnel dishwasher GrodTorgMash MMU-1000M

Внутри корпуса находится ванна, разделенная перегородкой на две части: ванну мытья и ванну ополаскивания вместимостью по ~ 60 л. В ванне ополаскивания установлены электронагреватели, датчик температуры, установлен патрубок подпитки воды в ванну. Сверху ванны закрыты перфорированными сетками. Над ваннами установлены направляющие для кассет. Перемещение кассет по направляющим осуществляется толкателями каретки,двигающейся возвратно-поступательно под

направляющими для кассет. Привод каретки расположен вне камеры мойки под лотком ванны мытья.

В зоне окончательного ополаскивания установлен датчик наличия кассеты, обеспечивающий подачу горячей воды из водонагревателя только при нахождении кассеты в зоне окончательного ополаскивания и датчик останова подачи кассет, останавливающий ее перемещение, если кассета не была снята с направляющих в течение 10 секунд после ее выдвижения из корпуса на ~ 350 мм. На стенке ванны ополаскивания установлены 2 насоса-дозатора дезинфицирующего средства. Они включаются только при подаче воды через водонагреватель.

От насосов-дозаторов выведены трубки в емкости для дезинфицирующего средства, установленные в нише передней облицовки на раме моющего модуля.

На крыше машины расположено отверстие для подвода вытяжной вентиляции и установлен электрошкаф, в котором размещена вся электроаппаратура, световая индикация и органы управления машиной. С задней стороны машины на ванне установлены насосы подачи дезинфицирующего раствора.

На раме машины установлены водонагреватель и за ним трубопровод подачи воды к машине.

На трубопроводе расположены фильтр осадочный, автоматический редуктор. Автоматическим редуктором осуществляется настройка расхода воды на ополаскивание. Установлены датчики температуры, обеспечивающие температуру воды не ниже 75°C-85°C.

На крышке резервуара водонагревателя установлены тепловые электронагреватели (ТЭН), датчик уровня, термоограничитель и терморегулятор. Термоограничитель предназначен для отключения водонагревателя при закипании воды в случае выхода из строя датчика температуры. При кипении воды, в случае залипания контактов контакторов ТЭН водонагревателя, терморегулятор обесточит ТЭН.

Технологические зоны обработки разделены между собой легкосъёмными шторками и перегородкой, уменьшающими перелив воды из одной зоны в другую, а на выходе из моющего модуля установлена удлиненная шторка, уменьшающая выбрызгивание воды за его пределы.

Моющий модуль со всех сторон закрыт облицовками, а спереди имеет дверь, через которую осуществляется доступ к внутренним частям. В левой стойке двери расположен ограничитель, стопорящий дверь на высоте не менее 120 мм от нижней поверхности дверного проема, исключающий защемление рук при случайном падении двери. При закрытии двери ограничитель необходимо повернуть вверх, удерживать в вертикальном положении и провести через него дверь. В верхнем положении дверь фиксируется держателем.

Секция сушки предназначена для обработки горячим воздухом с целью удаления крупных капель воды и более быстрого высыхания. В верхней части секции сушки установлены вентилятор для подачи воздуха на кассету, ТЭН общей мощностью 6 кВт для его подогрева, терморегуляторы и термовыключатель. В нижней части секции закреплен электрошкаф сушки с аппаратами защиты и коммутации. На направляющей для кассет расположен датчик останова каретки. Спереди секции установлена дверь для обеспечения доступа к ее внутренним частям.

Блок управления машиной обеспечивает автоматическую подготовку машины к работе, автоматическое поддержание всех необходимых технологических параметров во время работы (температуру воды, уровень воды в ваннах и водонагревателе, подачу моющего и ополаскивающего средств, подачу проточной горячей воды при наличии кассеты в зоне окончательного ополаскивания).

Линия мойки тары MasterMilk LLC (Украина) предназначена для санитарной обработки тары (кассет), используемой для выращивания рассады [25]. Линия обеспечивает автоматизированную очистку от остатков грунта, мойку, дезинфекцию,

сушку и штабелирование кассет. Подлежащая очистке и мойке тара, загружается оператором в приемный модуль, который обеспечивает автоматическую подачу из штабеля по одной кассете к модулю мойки. В нем под воздействием направленных струй воды происходит ополаскивание кассет от остатков грунта. Остатки воды сдуваются в тары с помощью воздушных завес. Далее кассеты поступают в модуль дезинфекции, где окунаются в ванну со специальным раствором. Воздушная завеса на выходе из модуля обеспечивает удаление остатков дезинфицирующего раствора и сушку кассет. Очищенные кассеты поступают к модулю разгрузки, который обеспечивает их штабелирование в стопки по десять штук и перемещение на накопительный транспортер. Разгрузка чистой тары осуществляется оператором вручную. Температурный режим машины до 40 градусов. Максимальная производительность машины при отсутствии плотно забитых грунтом ячеек составляет 1200 кассет/час.

Конструктивно линия имеет модульную конструкцию и состоит нескольких основных компонентов, сопряженных друг с другом в помощью ременных транспортеров. Это: модуль приемки тары, модуль мойки тары, модуль дезинфекции, модуль разгрузки, накопительный транспортер. Контроль за работой линии и регулировка основных параметров ее работы осуществляется с помощью системы автоматизированного управления.

Модуль приемки состоит из накопителя, системы поочередной подачи тары и оборудован снизу лотком для сбора остатков грунта.

Модуль мойки оборудован форсунками и замкнутой системой подачи воды под высоким давлением. В состав системы входят бак, насос, фильтр. Расположение форсунок обеспечивает эффективную мойку всех поверхностей тары. На выходе модуль мойки оборудован воздушной завесой.

Модуль дезинфекции состоит из бака со специальным раствором и ванны, в которую погружаются кассеты. Заявленный при разработке машины дезраствор – 0,4% водный раствор фунгицид фитал (фосфат алюминия и фосфористая кислота). На выходе модуль дезинфекции также оборудован воздушной завесой. Модуль разгрузки состоит из приемного транспортера и системы автоматического штабелирования кассет. Накопительный транспортер выполнен на основе бесконечной ленты и оборудован регулируемыми бортами.

Машина для мойки ящиков и паллет фирмы «ASP-group» модель VH/SH-160/400 YA-P (Россия) сконструирована, так что можно мыть ящики и за минимальное время перестроить машину на мойку паллет или кассет (рис. 4) [26]. Смена оборотной тары происходит за счет направляющих, максимальное время перестройки не более 3-х минут. На машине стоит насос 7,5 кВт 3-5 бар (по желанию можно установить 11 кВт), который позволяет отмыть сильное загрязнение. Процесс мойки происходит за счет механического воздействия воды с моющим средством на поверхность кассеты.



Рис. 4 Машина для мойки ящиков и паллет фирмы «ASP-group» модель VH/SH-160/400 YA-P [26]

Fig. 4 Machine for washing boxes and pallets of the company "ASP-group" model VH/SH-160/400 YA-P [26]

Дозатор дезинфекционного средства определяет концентрат раствора в воде и добавляет средство автоматически при необходимости. Объем резервуара 600 литров, вся вода из зоны мойки стекает в основной резервуар через сетчатый фильтр, фильтр задерживает крупные частицы и не позволяет грязи попасть в насос. Сетчатый фильтр быстроръемный, в комплекте идет второй фильтр для того что бы можно было не останавливать машину при замене фильтра. Обновление воды в резервуаре происходит постепенно за счет системы ополаскивания тары, вся вода из зоны ополаскивания стекает в основной резервуар, тем самым излишки воды вместе с пеной, грязью стекают в переливную трубу (канализацию). Обогрев воды может быть как трубчатыми электронагревателями (ТЭН) так и паром, а по желанию комбинируемый. Заданная температура воды поддерживается автоматически.

Принцип работы: оператор ставит кассеты вверх дном, далее цепной транспортер захватывает кассету, и протаскивает его в зону основной мойки, где расположено 58 форсунок, тем самым мойка происходит равномерно со всех сторон. Форсунки быстроръемные и их можно легко регулировать в различных диапазонах, так как кассеты бывают с различными ребрами и не везде может смыть грязь. Ополаскивания тары, происходит чистой водой (минимум 25°C) на рамке стоят 12 форсунок, форсунки работают как распылители что позволяет смыть дезинфицирующее средство с поверхности кассет. Во всех моечных машинах стоят частотные преобразователи на подачу кассет, можно уменьшить скорость транспортера при очень сильном загрязнении или наоборот увеличить на максимальную скорость при ополаскивании. Мойки изготавливаются из шлифованной нержавеющей стали AISI 304.

Возможно оснастить машины дополнительными опциями:

- 1) модуль обдува (позволяет сдувать влагу с тары);
- 2) модуль предварительной мойки (дополнительная машина с насосом и резервуаром);
- 3) возврат тары оператору (позволяет работать одному оператору, не рекомендуется с производительностью более 200 в час);
- 4) барабанный сетчатый фильтр (обеспечивает в автоматическом режиме выброс грязи);
- 5) система активной вытяжки (над машиной устанавливается короб во всю длину машины со своим вентилятором);
- 6) конвейер переворота тары с обдувом (применяется с высокими ребрами);

7) механические вращающиеся щетки (применяются для сильного загрязнения).

Основным недостатком конструкции компании «ВСС» является цена. Мойка кассет при продаже разбита на три секции: мойка кассет под высоким давлением, блок дезинфекции кассет и блок водоочистки. Система мойки кассет Итальянской фирмы «Urbinati» также продается блоками за исключением блока водоочистки, но по более низкой цене. Система мойки кассет другой Итальянской фирмы «DaRos» содержит этот блок в стартовой комплектации, что увеличивает итоговую стоимость машины. Систему мойки кассет Jeros неудобно использовать в питомнике т.к. отсутствует первичная интенсивная мойка для смыва основных остатков субстрата. Без этого модуля в зоне горячей мойки будет скапливаться много мусора, который быстро забьет единственный сетчатый фильтр. Машине Белорусской компании «ГродТоргМаш» для нормального функционирования требуется внешний блок фильтрации, который не входит в стоимость комплекта. Достоинствами данной машины являются конкурентоспособная стоимость, неприхотливость в обслуживании, отсутствие форсунок с мелкими жиклерами, не требовательность к качеству очистки воды. Сравнительно высокой производительностью обладает украинская кассетомоечная машина «MasterMilk LLC». Недостатком этой машины является ограниченность температурного режима до 40°C. Машина для мойки ящиков и паллет «ASP-group» является одним из наиболее предпочтительных из представленных в данном анализе оборудования за счет простоты и экономичности в обслуживании и эксплуатации.

В Нидерландах компания «Limex» выпускает машины для мойки кассет туннельного типа [27]. Предлагаются различные возможности дезинфекции. Экономичность достигается с помощью рециркуляции воды. Другая нидерландская фирма «Uniforts» предлагает потребителю различные инженерные решения в зависимости от конкретной ситуации [28]. Благодаря модульной и стандартизированной конструкции машину можно адаптировать в соответствии с требованиями к продукту и производительности. Центр тестирования «Unifortes» предлагает покупателю возможность проводить испытания по очистке и сушке конкретных загрязненных кассет. Таким образом, возможно регулировать длину (вместимость) машины. Также в зависимости от типа продукта и уровня загрязнения могут применяться различные типы насосов, давления воды и сопловые системы. Воду для мытья кассет можно фильтровать различными способами: тонкой фильтрацией с помощью фильтрующих ящиков и / или посредством вращающихся барабанных фильтров. Промытые кассеты могут быть высушены с помощью модульных установок продувки. Нагрев воды производится с помощью электрических нагревательных элементов, теплообменников или паровых инъекций. Чтобы уменьшить влажность воздуха вокруг машины, можно установить отвод пара. По желанию клиента машины могут быть укомплектованы системами укладки и разгрузки.

Машины для мойки кассет испанской фирмы «Riego» доступны в различных моделях, которые при необходимости могут быть интегрированы с продувочными и сушильными устройствами и автоматизированными системами загрузки и разгрузки [29].

Альтернативным вариантом дезинфекции кассет является облучение их ультрафиолетом. Это очень эффективная обработка, пригодная для органического производства и производителей желающих сократить применение химических. Итальянская фирма «Urbinati» нашла решение и создала линию, в которой для дезинфекции применяется ультрафиолетовые облучатели *Cleanlight* [30]. Интерес к таким решениям проявляют производители в Северной и Южной Америке, а также в Австралии, поскольку во всем мире ужесточаются требования органического производства и правила все больше приближаются к европейским. Производительность новой моечной линия «Urbinati» составляет до 500 стандартных кассет в час. Скорость очистки кассет возможно регулировать. Дополнительно можно приобрести устройство автоматической раскладки кассет из штабеля в начале линии и автоматического складывания в штабель после мытья и дезинфекции.

Список использованной литературы

1. Бурцев, Д. С. Развитие исследований в области совершенствования технологии выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в Санкт-Петербургском научно-исследовательском институте лесного хозяйства / Д.С. Бурцев // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства / СПбНИИЛХ. – 2014. - №2. – С. 27-31. – ISSN 2079-6080
2. Отраслевая программа по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой в организациях Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на период до 2020 года // Лесное и охотничье хозяйство. 2014. №6. С.17-30. – Электрон. дан. – URL: <https://www.mlh.gov.by/lioh/2014-6/3.pdf>
3. Корчагов, С.А. Экономическая оценка создания лесных культур различным видом посадочного материала / С.А. Корчагов, С.Е. Грибов, О.Ю. Обрядина // Известия высших учебных заведений «Лесной журнал» / Северный (арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. – 2017. – № 5. – С. 92–102. – ISSN 0536-1036.
4. Домасевич, А. А. Опыт выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой в лесах Беларуси / Домасевич А. А., Юренин А.В., Граник А.М., Волкович А.П. // Труды БГТУ / Белорусский государственный технологический университет. – 2015. – № 1. – С. 128-132.
4. Степанов, С. А. Выращивание и использование посадочного материала с закрытой корневой системой / С. А. Степанов, М. И. Зайцева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозаводский гос. ун-т. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2016. – 32 с. ISBN 978-5-8021-2796-4
5. Граник, А. М. Разработка новых приемов выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой / А. М. Граник, Н. К. Крук // Труды БГТУ / Белорусский государственный технологический университет. – 2015. – № 1. – С. 124-127.
6. Чернодубов, А.И. Биртехнология в лесных культурах: учеб. пособие / А.И. Чернодубов; Фед. агенство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования, Воронеж. гос. лесотехн. акад. - Воронеж, 2014. - 26с.
7. Жигунов А.В., Маркова И.А. Производство посадочного материала в лесных питомниках Северо-Запада России: Практические рекомендации. СПб.: СПбНИИЛХ, 2005. – 120 с.
8. Гродницкая, И.Д. Инфекционные заболевания сеянцев хвойных в лесопитомниках Красноярского края и Хакасии и меры борьбы с ними / И.Д. Гродницкая // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2012. – № 200. – С. 253-263.
9. Zhigunov A., Saksa T., Sved J., Nerg J. Fundamentals of container tree seedling production. St. Petersburg, Suonenjoki: St. Petersburg Forestry Research Institute, METLA. – 2011. – 28 p.
10. Пантелеев, С. В. Болезни посадочного материала хвойных пород с закрытой корневой системой в постоянных питомниках Могилевской области по данным молекулярно-фитопатологического обследования / Пантелеев С. В., Баранов О. Ю., Рубель И. Э. и др.// Труды БГТУ / Белорусский государственный технологический университет. – 2016. – № 1. – С. 172-176.
11. Cleaning and Disinfecting the Greenhouse // The Center for Agriculture, Food and the Environment. Электрон. дан. – URL: <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/cleaning-disinfecting-greenhouse>
12. Hot-water Treatment for Sanitizing Forest Nursery Containers: Effects on Container Microflora and Seedling Growth Ketil Kohmann & Isabella Børja Pages 111-117 | Published online: 05 Nov 2010 Download citation <https://doi.org/10.1080/028275802753626755>
13. Survival of Thielaviopsis Spores on Re-used Plug Trays and Efficacy of Disinfectants on Spore Viability Colleen Y. Warfield and Kelly M. Konczal North Carolina State University,

- Department of Plant Pathology, Raleigh, NC 27695-7616. Электрон. дан. – URL: <https://sna.org/Resources/Documents/03resprocsec13.pdf>
14. Using a Steamroom To Sterilize Pallets of Styrofoam Seedling Container Blocks / United States Department of Agriculture, Forest Service Technology & Development Program 2400 Reforestation May 2005 0524-2808-MTDC. Электрон. дан. – URL: <https://www.fs.fed.us/t-d/pubs/pdfpubs/pdf05242808/pdf05242808dpi72.pdf>
15. За Финским опытом // Лесное и охотничье хозяйство. 2015. №4. С.21-27. – Электрон. дан. – URL: <http://mlh.by/lioh/2015-6/4.pdf>
16. Management of Tobacco Float Systems B. Pearce and G. Palmer, Extension Tobacco Specialists; W. Nesmith, Extension Plant Pathologist; L. Townsend, Extension Entomologist / Cooperative Extension Service // University of Kentucky. College of Agriculture. ID-132. Электрон. дан. – URL: <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id132/id132.pdf>
17. Hygiene & Tray Cleaning / Proptec. Электрон. дан. – URL: <https://www.proptec.com/hygiene-and-tray-cleaning/>
18. Liu Yong, Bu Yun-Hong, Feng Zhu-An. Influence of Disinfectant Residues on Tray on Tobacco Seed Germination and Seedling Growth [J]. Tobacco Science & Technology, 2008 (7): 56-59
19. Установка для мытья и дезинфекции кассет для выращивания семян (BCC, Швеция) / ООО «Леснаб». Электрон. дан. – URL: <https://lessnabr.ru/catalog/lesvosst/zks/mojka-dezinfekcija-kasset/>
20. Установка для очистки воды. Электрон. дан. – URL: <https://lessnabr.ru/assets/Lesvosstanovlenie-ZKS/Opisaniya-lesvosstanovlenie-ZKS/cleanwater.pdf>
21. LAV 10 - Кассетомоечная машина / Smart Green Tech. Электрон. дан. – URL: <https://smgrt.ru/cat/sredstva-mehanizacii/mojka-i-dezinfekcija/27-lav-10.html>
22. Машина для мойки кассет LC460 / Агро Итал Сервис. Электрон. дан. – URL: <http://agroitalservice.ru/oborudovanie-dlja-rassadnyh-kompleksov/mashina-dlja-mojki-kasset-lc460>
23. Оборудование для мойки ящиков / Delta Maschinen. Электрон. дан. – URL: <http://www.deltamaschinen.ru/catalog/washing/crates/> (дата обращения: 05.03.2020). – Загл. с экрана.
24. Тоннельная посудомоечная машина ГродТоргМаш ММУ-1000М / Транс Холод. Электрон. дан. – URL: <https://goo.su/BqdOIG>
25. Линия мойки тары / Мастер Милк. Электрон. дан. – URL: https://mastermilk.com/equipment/linija_mojki_tari
26. Машина для мойки ящиков и паллет / ASP Group. Электрон. дан. – URL: <http://step-steel.com/content/mashina-dlya-mojki-yashchikov-i-pallet>
27. Tray washers / Limex. Электрон. дан. – URL: <https://www.limex.nl/en/machines/tray-washers/>
28. Configure the right machine for the job / Unifortes. Электрон. дан. – URL: <https://www.unifortes.eu/configure-the-right-machine-for-the-job/>
29. Рассадные комплексы / Riego. Электрон. дан. – URL: <https://riego.ru/seedlings-greenhouses.html>
30. Organic disinfection of trays with UV light / horti daily. Электрон. дан. – URL: <https://www.hortidaily.com/article/6039390/organic-disinfection-of-trays-with-uv-light/>

СЛОЖНЫЕ ЭФИРЫ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*LARIX DECIDUA*)

Миксон Д.С., Рощин В.И.

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

Ключевые слова: древесная зелень, *Larix decidua*, полипренолы, тритерпеновые спирты, сложные эфиры

В научной работе представлены результаты по исследованию фракции сложных эфиров, полученной из нейтральных веществ древесной зелени лиственницы европейской. Из неомыляемой части фракции сложных эфиров были выделены полипренолы и тритерпеновые спирты, стерины, которые являются биологически активными веществами. Данное исследование направлено на получение новых фундаментальных знаний о терпеноидах лиственницы европейской и на расширение сырьевой базы для получения новых продуктов для медицины и сельского хозяйства.

ESTERS OF EUROPEAN LARCH (*LARIX DECIDUA*) WOOD GREEN

Mikson D.S., Roshchin V.I.

St. Petersburg State Forest Technical University, Institutsky per., 5U, Saint-Petersburg,
194021 Russian Federation

Keywords: wood green, *Larix decidua*, poliprenols, triterpene alcohols, esters

This scientific work presents the results of the study of the ester fraction obtained from neutral substances of European larch tree green. Polyprenols and triterpene alcohols, sterols, which are biologically active substances, were isolated from the unsaponifiable part of the ester fraction. This study is aimed at obtaining new fundamental knowledge about European larch terpenoids and expanding the raw material base for obtaining new products for medicine and agriculture.

Введение. Древесная зелень представляет собой охвоенные ветви. В настоящее время древесная зелень хвойных пород деревьев считается отходом лесозаготовок и практически не используется. Технологии по переработке древесной зелени лиственницы как одной из основных лесобразующих пород на территории России и ближайшего зарубежья – отсутствуют. На это обстоятельство может влиять листопадность хвои в осенне-зимний период времени, что затрудняет получение стандартной продукции при её переработке в течение года.

Изучение компонентного состава экстрактивных веществ древесной зелени лиственницы позволит установить качественный состав соединений, которые могут быть использованы для производства товаров медицинского и косметического назначения, сельском хозяйстве.

Лиственница европейская (*Larix decidua*) - листопадное крупное дерево высотой 25–30 м, с конусовидной кроной 12–15 м диаметром с горизонтально отходящими от ствола и слегка изгибающимися вниз ветвями, кончики которых немного приподняты вверх. Естественные насаждения сосредоточены в Западной и Средней Европе (среднегорный и субальпийский пояса Альп), главным образом на высоте 1000–2500 м над уровнем моря, спускаясь в предгорья до 300 м над уровнем моря по хорошо освещённым склонам [1], в высокогорьях растёт вместе с кедровой сосной. Впервые данный вид лиственницы был описан Миллером в 1758г.



Рисунок 1. Древесная зелень лиственницы европейской

Методическая часть. Древесная зелень (ДЗ) лиственницы европейской (рис.1) была отобрана 13 сентября 2019г. в Пункахарью (Финляндия), средняя проба среза веток по высоте ствола с 3-х живых деревьев. Перед проведением анализов ДЗ предварительно измельчали в мельнице «Вилитек» до размера фракции 1-2 мм и определяли влажность на автоматическом измерителе влажности фирмы Шимадзу. Для определения содержания экстрактивных веществ (ЭВ) использовали классический метод экстракции в аппарате Сокслета, объемом по 50 мл [3]. В качестве экстрагентов использовали петролейный эфир (ПЭ), диэтиловый эфир (ДЭ), этилацетат (ЭА) и изопропиловый спирт (ИПС).

Для дальнейшей работы экстрактивные вещества нарабатывали в аппарате Сокслета, объемом 1 л, с использованием в качестве экстрагента ИПС с дальнейшим расфракционированием полученного ИП-экстракта по методике [4] на группы веществ – терпеноиды (извлечение ПЭ из ИП-экстракта) и фенольные соединения (извлечение ДЭ, ЭА после удаления веществ ПЭ). Из полученного петролейного экстракта (ПЭ-экстракт) удаляли воска методом перекристаллизации на холоду по методике [4]. Далее, освобожденный ПЭ-экстракт от воска по кислотно-щелочной схеме [4,5] разделяли на группы веществ – нейтральные веществ и свободные кислоты. Состав кислотной составляющей приведен в работе [6].

Для исследования нейтральных веществ использовали метод колоночной хроматографии. В качестве сорбента (неподвижная фаза) использовали силикагель фирмы «Merck» размером 40-60 мкм., элюенты – пентан, ПЭ с градиентным увеличением доли ДЭ от 2 до 50%, ДЭ, этанол. Для контроля за хроматографическим разделением применяли метод ТСХ с использованием известных эталонных соединений в качестве «метчиков» для более качественного разделения. Проявляли пластины в стеклянной камере парами йода, в отдельных случаях пластины дополнительно опрыскивали концентрированной H_2SO_4 и проявляли при температуре 105 ± 2 °С в сушильном шкафу.

Для выделения и очистки индивидуальных соединений, некоторые фракции, обогащенные основным соединением, повторно колоночной хроматографией проводили дополнительную очистку, разделением на подфракции. В качестве неподвижной фазы использовали силикагель, импрегнированной добавкой нитрата серебра от 5% до 25% по отношению к массе силикагеля.

Выделенные фракции сложных эфиров и триацилглицеринов из нейтральных веществ гидролизovali спиртовым раствором щелочи – 0.5М КОН в этаноле с получением продуктов гидролиза фракций сложных эфиров и триацилглицеринов – неомыляемых веществ и «связанных» кислот [4,6]. «Связанные» кислоты сложных эфиров

и триацилглицеринов метилировали диазометаном и анализировали методом ГХ-МС. Неомыляемые вещества сложных эфиров методом колоночной хроматографии на силикагеле разделили на 3 основные фракции.

Для исследования фракций использовали инструментальные методы анализа. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C индивидуальных соединений записывали на приборе «JEOL JNM – EСХ 400А» (для $\text{H}1$ -399.9 МГц, $\text{C} 13$ – 100 МГц) в растворе CDCl_3 , δ – шкала. Для анализа фракций использовали хроматомасс-спектрометр с газовым хроматографом «Agilent Technologies 6850А» и квадрупольным масс-спектрометром «Agilent Technologies 5973N», стандартная кварцевая капиллярная колонка HP-5MS, длиной 30 м и с внутренним диаметром 0,25 мм, толщина пленки неподвижной фазы 0,25 мкм. Разделение потока 1:100. Температурный режим колонки: программирование температуры от 60 до 280 $^{\circ}\text{C}$ со скоростью 5 $^{\circ}\text{C}$ / мин. для фракций углеводов. Для метиловых эфиров кислот программирование от 150 $^{\circ}\text{C}$ до 280 $^{\circ}\text{C}$, для фракций неомыляемых веществ – от 100 $^{\circ}\text{C}$ до 280 $^{\circ}\text{C}$. Скорость нагрева в обоих случаях 5 $^{\circ}\text{C}$ /мин. Дозируемый объем пробы - 0,1 мкл. Идентификацию соединений проводили сравнением масс-спектров полученных пиков на хроматограмме с масс-спектрами известных соединений баз данных WILLEY, NIST и литературных данных [7].

Полипренолы: вязкое нелетучее вещество, ярко оранжевого цвета, спектр ПМР, δ шкала, CDCl_3 : 1.5930 м.д. и 1.6060 м.д., синглеты на 3H и 6H, метил концевой изопропиледеновой группы в транс-конфигурации и метилы 2-х внутренних изопреновых звеньев у атома углерода трехзамещенных двойных связей в транс конфигурации соответственно; 1.6761 м.д., синглет на 44H, 14-15 метильных групп у атомов углерода внутренних трехзамещенных двойных связей и концевой изопропиледеновой метильной группы в цис-конфигурации; 1.7427 м.д., синглет на 3H, метильная группа у атома углерода 3-х замещенной двойной связи изопентинильного звена с ОН-группой; 2.0366 м.д., синглет на 69H – CH_2 - группы изопентинильных звеньев цепи молекулы; 4.0922 м.д., дублет дублетов $J=2.0$ и $J=8.0$ Гц на 2H, протоны у атома C, связанного с ОН-группой; 5.1194 м.д., широкий синглет на 17H, протоны у атомов углерода 3-х замещенных двойных связей изопентинильных звеньев; 5.443 м.д., триплет дублетов $J=2.0$ и $J=8.0$ Гц, 1H, протон у атома углерода 3-х замещенной двойной связи изопентинильной группы – $\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$.

Экспериментальная часть.

Результаты колоночной хроматографии нейтральных веществ ДЗ *Larix decidua* представлены в табл.1.

Таблица 1 – Результаты хроматографии нейтральных веществ ПЭ-экстракта

Группа веществ	Содержание, % от нейтральных веществ
Углеводороды	4.41
Сложные эфиры	28.75
Триацилглицерины	6.73
Спирты	24.19
Стерины	8.15
Диолы	23.31

Видно, что преобладающими группами являются сложные эфиры, спирты, включая высокополярную фракцию диолов.

Как правило, сложные эфиры древесной зелени содержат в себе наименее полярные кислородсодержащие компоненты, такие как ацетаты полипренолов, эфиры, состоящие из высших жирных кислот и тритерпеновых спиртов, стеринов. Сложные эфиры элюированы после углеводов, во фракцию отбиралось соединения, значения R_f

которых меньше R_f сквалена, но больше, чем значение R_f триглицеридов, выделенных из подсолнечного масла.

После щелочного гидролиза и разделения на группы веществ, установлено, что содержание неомыляемых веществ составило 68.3% и «связанных» кислот 26.2% от фракции сложных эфиров. «Связанные» кислоты метилировали, анализ методом ГХ-МС представлен в [6].

Основные кислоты в группе ненасыщенных – линолевая (9.3%) и линоленовая (14.3%). Идентифицированы редкие эйкозанового ряда – эйкозановая (2.3%), 5,11,14-эйкозатриеновая и 5,11,14,17-эйкозатетраеновая кислоты (2.7%). Среди насыщенных преобладали алифатические кислоты – дотриаконтановая (11.5%), триаконтановая (11.5%) и докозановая (9.0%).

Неомыляемые вещества разделили на три фракции методом колоночной хроматографии на силикагеле (табл.2).

Таблица 2 – Колоночная хроматография неомыляемых веществ сложных эфиров

№ фракции	Содержание	Метод идентификации
А	0.92* 23.30	ГХ-МС
Б	2.00 50.60	ЯМР ^1H , ^{13}C ВЭЖХ
В	0.93 23.50	ГХ-МС
Получено, г	3.85	
Взято на анализ, г	3.95	
Потери, г	0.10	

* в числителе значение, выраженное в г от неомыляемых веществ
в знаменателе, выраженное в % от неомыляемых веществ

Фракция А неомыляемых веществ, элюируемая первой из хроматографической колонки, после проведения щелочного гидролиза, не изменила значения R_f на контрольной ТСХ и проявлялась на уровне выше значения R_f триацилглицеринов растительного масла, что служило косвенным признаком, что фракция содержала в себе компоненты, не вступающие в реакцию щелочного гидролиза – омыления, т.е. такие группы веществ как оксиды, альдегиды, кетоны, нативные метиловые эфиры смоляных кислот. Анализ фракции проводили методом ГХ-МС (табл.3).

Таблица 3 – Состав фракции А

Компонент	Содержание, % от неомыляемых веществ
Кетоны	
Цис- вербенон	0.44
Сандаракопимара-7,15-диен-3-он	0.17
Нонакозанон-10	следы
Оксиды	
Маноилоксид	3.40
Эпиманоилоксид	0.12
Альдегиды	
Сандаракопимариналь	5.01

Изопимариналь	15.32
Абиетиналь	3.30
Неоабиетиналь	1.34
Спирты	
Терпинен-4-ол	0.40
М [264] ⁺ (3 соединения)	28.00
Метилловые эфиры смоляных кислот	
Метилсандаркопимарат	3.83
Метиизопимарат	0.15
Метилдегидроабиетат	3.90
Метилабиетат	0.45

Высокое содержание дитерпеновых соединений – альдегидов и оксидов – говорит о сильной антибактериальной, противогрибковой и противовирусной защите растения. Устойчивость растения к болезням во многом зависит от высокоскоординированных действий организма. В ДЗ *Larix decidua* отмечаем высокое содержание изопимариналя (15%). Проведенные ранее исследования по хвое *Larix sibirica* показали низкое содержание дитерпеновых соединений в аналогичной фракции [8]. Среди нативных метиловых эфиров трициклических смоляных кислоты основные компоненты – метилсандаркопимарат и метилдегидроабиетат, ранее описанные при исследовании живиц рода *Larix* [9]. Метилдегидроабиетат удалось выделить в чистом виде рехроматографией.

Фракция Б по данным ТСХ состояла из одного компонента и проявлялась в виде одного четкого пятна, которое при опрыскивании серной кислотой приобретало оттенок кирпичного цвета, значение R_f на ТСХ которого было одинаково со значением R_f полипренолов, выделенных из ели европейской, и являющихся медицинским средством «Ропрен». Строение полипренолов и состав изопренологов устанавливали с помощью инструментальных методов анализа – ЯМР-спектроскопии, ВЭЖХ. Суммируя данные ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии, результатов ТСХ с ацетатами и свободными полипренолами из ели, можно утверждать, что полипренолы хвои лиственницы сибирской состоят из ацетатов, как и в других видах хвойных (ель, сосна, пихта) и содержат изопренологи – 14...20 изопреновых звеньев в цепи молекул с преобладанием пренола-17 (23.0%), пренола-16 (20.0%), составляющих более половины фракции. Треть ее составляют пренолы-15 (14.5%) и - 18 (17.0%); пренолы-14 (6.4 %), - 19 (6.6%) и - 20 (2.2%) в сумме составляют менее 10 %. Содержание изопренологов во фракции полипренолов рассчитано методом нормализации по соотношению площадей сигналов соответствующих компонентов. Анализ методом ВЭЖХ показал, что полипренолы лиственницы близки к полипренолам из пихты, получаемые на заводе «Сибэкс». Полипренолы входят в список жизненно важных компонентов для организма человека, так как являются строительным материалом для поврежденных клеток. Способствуют стабилизации клеточных мембран и восстановлению клеток мозга, сердца, печени и других органов, стимулируют энергообмен и регенеративный потенциал тканей организма [10].

Фракция С элюирована после фракции полипренолов. Во фракцию отбирались соединения, значения R_f которых на ТСХ было ниже значения R_f полипренолов. По данным ГХ-МС (табл.4) состояла из содержались моно, ди- и тритерпеновых спиртов, стеринов и алифатических спиртов. Основные компоненты фракции – фитол, β -ситостерин и борнеол. Среди тритерпеноидов спиртов идентифицированы обтузифолиол, 24-метиленциклоартанол, цитрастadiensол, ранее выделенные из хвои *Larix sibirica* [8].

Таблица 4 – Состав фракции С неомыляемых веществ

Компонент	Содержание, % от неомыляемых веществ
Борнеол	1.21
3-Фенилпропанол	следы
α -Терпинеол	0.20
3-Фенил-2-пропен-1-ол	следы
Фитол	9.84
Эйкозанол	0.04
Докозанол	0.30
Гексакозанол	0.08
Циклоартенол (1)	0.63
Обтузифолиол (3)	0.02
24-Метилен циклоартанол (2)	0.07
Цитрастadiensенол (24-Этиленденлофенол) (6)	0.10
Кампестерин (4)	0.25
β -Ситостерин (5)	3.44

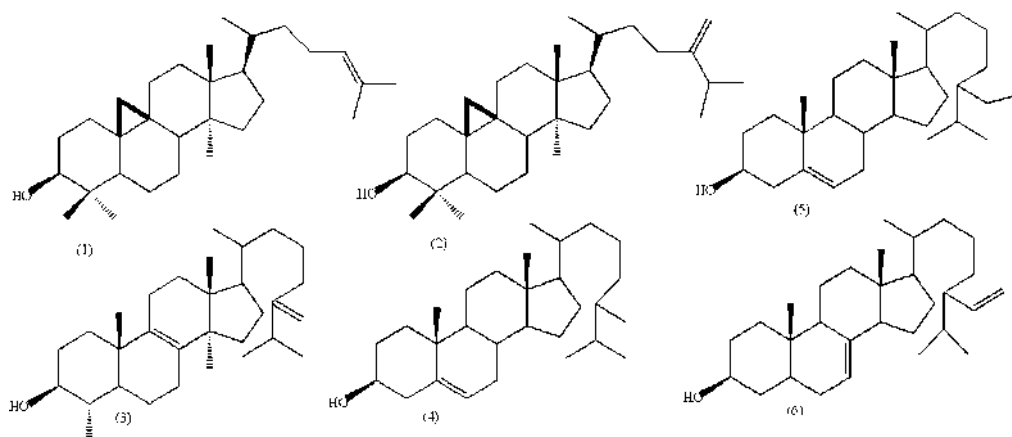


Рис.2 Структуры тритерпеновых спиртов и стеринов лиственницы европейской

Относительно высокое содержание стеринов, возможно, может быть сырьем для микробиологического синтеза стероидных гормонов.

Выводы. Исходя из выявленного состава соединений фракции сложных эфиров можно сделать вывод, что древесная зелень *Larix decidua* является сырьем для получения биологически активных препаратов – субстанции полипренолов и фитостеринов.

Благодарности: Выражаю благодарность своему научному руководителю – доктору химических наук, заведующему кафедрой технологии лесохимических продуктов, химии древесины и биотехнологии Роцину Виктору Ивановичу за бесценную помощь в проведении исследования на всех его этапах и глубокие знания в химии природных соединений.

Библиографический список:

1. Бобров, Е.Г. Лесообразующие хвойные СССР / Е.Г. Бобров. – JL: Наука, 1978. – 189с.
2. Дылис, Н.В. Лиственница /Н.В. Дылис – М.: Лесная промышленность, 1981. – 96с.
3. Оболенская, А.В.Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Экология, 1991. –С. 75 – 164.
4. Миксон, Д.С. Групповой состав и кислоты хвои лиственницы сибирской разного периода вегетации / Д.С. Миксон, В.И. Рошин // Химия растительного сырья. – 2019. – №4. – С.207 – 214.
5. Рошин, В. И. Состав, строение и биологическая активность терпеноидов из древесной зелени хвойных растений: дис. ... док. хим. наук: 05.21.03 / Виктор Иванович Рошин. – Санкт-Петербург, 1995. – 406 с.
6. Миксон, Д.С. Свободные и «связанные» кислоты древесной зелени лиственницы европейской (*Larix decidua*) / Д.С. Миксон, В.И. Рошин, Martti Venäläinen // Актуальные проблемы лесного комплекса/ Сборник научных трудов. – Брянск: БГИТУ, 2020.№56. – С.125 – 129.
- 7.Ткачев А.В. Исследование летучих веществ растений. Новосибирск: Офсет, 2008. 969с
8. Миксон, Д.С. Углеводороды и сложные эфиры хвои лиственницы сибирской разного периода вегетации / Д.С. Миксон, В.И. Рошин // Изв. вузов. Лесн. журн. – 2021. – № 3. – С.170–185
9. Пентегова, В.А. Терпеноиды хвойных растений / В.А. Пентегова, Ж.В. Дубовенко, В.А. Ралдугин. – Новосибирск: Наука, 1987. – 97 с.
10. Шабанов, П.Д. Эффекты полипренольного препарата «Ропрен» при токсическом поражении печени и головного мозга у крыс: изучение функционального состояния печени, поведения и метаболизма моноаминов в мозге / П.Д. Шабанов, В.С. Султанов, В.А. Лебедев, Е.Р. Бычков, С.Н. Прошин // Обзоры по клинической фармакологии и лек. терапии. – 2010. – Т. 8. – № 3. – С.8 – 30.

ПОПУЛЯЦИИ ТЕТЕРЕВА (*LIRURUS TETRIX*) В ЕВРОПЕ: ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЕЁ ФАКТОРЫ

Новиков Я.А., Новикова М.А.

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

Ключевые слова: тетерев, численность, фактор, популяция, Европа, хищники.

Последствием урбанизации простор Европы стало сокращение популяций уязвимых к воздействию человеческой деятельности видов. Воздействие человека зашло так далеко, что начали сокращаться даже виды животных, относительно приспособленных к изменённым человеком ландшафтам. К таким видам относится и тетерев. Сложность исследования причин сокращения популяций тетеревов состоит в том, что на этот процесс оказывает влияние множество факторов. Обеспокоенность европейских ученых обусловлена тем фактом, что тетерев, помимо прочего, является одним из немногочисленных потребителей недоступных для других животных древесно-веточных кормов, в течение продолжительного времени. Соответственно исчезновение данного вида приведёт к утрате важного звена в пищевых цепях лесных экосистем, что в перспективе приведёт к нарушению экологического равновесия в европейских биогееценозах. В связи с чем в данной статье был проведён обзор исследований зарубежных учёных, направленных на поддержание численности вымирающего в Европе тетерева.

THE GROUSE (*LIRURUS TETRIX*) POPULATION IN EUROPE: POPULATION DYNAMICS AND ITS DETERMINANTS

Saint-Petersburg state forest technical university, Saint-Petersburg
Novikov Ya.A., Novikova M.A.

Key words: black grouse, number, factor, population, Europe, raptors.

The consequence of the urbanization of the vastness of Europe has been a decline in populations of species vulnerable to the effects of human activity. Human impact has gone so far that even animal species relatively adapted to human-altered landscapes have begun to decline. The black grouse is one such species. The difficulty in studying the causes of the decline of grouse populations is that this process is influenced by many factors. The concern of European scientists stems from the fact that the grouse, among other things, is one of the few consumers of woody and vegetal food unavailable to other animals, for a long time. Accordingly, the disappearance of this species will lead to the loss of an important link in the food chains of forest ecosystems, which in the long term will lead to the disruption of the ecological balance in European biogeocenoses. For this reason, this article reviews the studies of foreign scientists aimed at maintaining the numbers of the endangered grouse in Europe.

Тетерев *Tetrao tetrix* (рис.1) занесен в Красные книги 16 стран Центральной и Западной Европы. На данный момент не представляется возможным говорить о единой популяции тетерева (*Lirurus tetrix*) в Европе, так как её нет, а существуют лишь разобщенные микропопуляции данного вида, приуроченные к лесным массивам [3]. В настоящее время распространение тетерева в основном ограничивается горными районами Центральной Европы. Численность южных популяций сокращается быстрее, чем северных [3,8]. При этом стоит отметить, что для Европы на 2016 год в целом успех размножения тетеревов снизился и стабилизировался на низком уровне в большинстве регионах [3]. В центральной Европе на одну тетёрку в 1971 г. приходилось 3,3 цыпленка, а уже в 1988 г. - 1,2 цыпленка [2]. Чтобы популяция тетерева оставалась стабильной, необходимо в среднем 1,9 тетеревёнка в год на одну тетёрку [3].

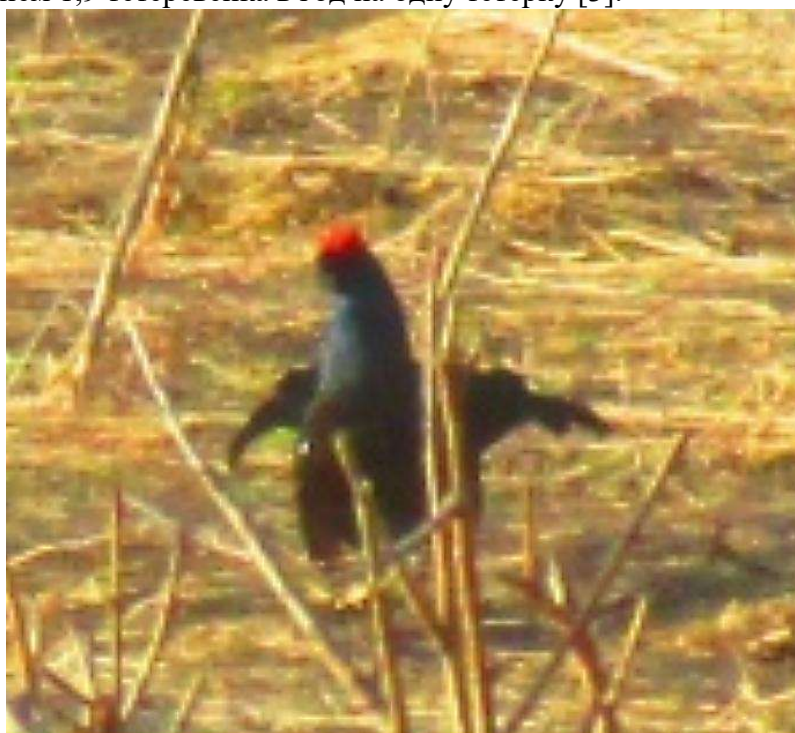


Рис. 1 Тетерев-косач *Lirurus tetrix* (Linnaeus, 1758) (фото Новикова Я.А.)

В Великобритании ареал тетерева также сократился, а количество выявленных самцов тетерева снизилось с 25 000 в начале 1990-х годов до 5000 в 2005 году [10]. Количество тетеревят на одну тетёрку на Британских островах увеличилось с 0,8 до 2,3 в период с 1946 по 1975 год, а затем опять снизилось с 2,0 до 1,3 цыпленка в период с 1992 по 2001 год [3]. В немецкой федеральной земле Нижняя Саксония популяции тетерева встречались на большей части Северо-Германской низменности до 1950-х годов с ориентировочным количеством особей от 7000 до 9000 особей в 1959 году [2]. Затем в 1979 году их число сократилось примерно до 1000 особей, а большинство микропопуляций вымерло из-за широкомасштабной утраты среды обитания в результате повсеместного преобразования пустошей, болот и торфяников в леса, сельскохозяйственные угодья и пастбища. В 1995 г. их численность составляла около 200 особей. Весной 2019 г. осталось всего 130 официально подтвержденных особей [8].

Длительное сокращение численности популяций тетеревов было отмечено как в Центральной Европе и на Британских островах, так и в лесах Фенноскандии. Количество тетеревов в Финляндии снижалось с начала 1960-х годов, пока не стабилизировалось примерно в 1980 году. Аналогичное снижение наблюдалось и в норвежских популяциях. Шведские данные по численности тетерева показали резкие отрицательные тенденции с 1907 г., достигнув минимума на 20 лет раньше, чем в Финляндии и Норвегии (примерно в 1960 г.), прежде чем количество тетеревов немного увеличилось к 1990 году, а затем остановилось на одном уровне. При этом построенные на основании данных математические модели в Фенноскандии показали значительное снижение количества цыплят, приходящееся на одну тетёрку, с 3,1 до 1,2 в период с 1958 по 1982 год [3].

Кроме вышеупомянутых данных, о достижении популяцией тетеревов в Европе критически низкого уровня свидетельствует и существенное снижение колебаний её численности за последние 50 лет [3].

Воспроизводство тетерева из – за низкой выживаемости не способно компенсировать снижение численности популяции, что в дальней перспективе неминуемой приведёт к вымиранию тетерева в Европе. В связи с чем большинство исследователей тетеревов в Европе признаёт необходимость принятия неотложных мер по повышению выживаемости тетеревов [3].

Механизмы сокращения популяций тетерева до сих пор остаются загадкой. Но точно известно, что снижение численности тетеревов в Европе обусловлено совместным действием множества факторов [3,8].

Среди прочих факторов выделим основные.

Изменение видов землепользования. Европейские исследователи ставят данный фактор на первое место по значимости в уменьшении популяций тетеревов, ссылаясь на увеличение площади земель, занятых выращиванием леса [3]. Тетерев предпочитает мозаичные местообитания, расположенные вдали от лесных массивов, с широкими песчаными вересковыми пустошами, естественными лугами и болотами переходного типа с разнообразными растительностью и видами корма, низкой плотностью зарослей кустарников и одиночными деревьями [2,7]. При этом тетерева избегают густых зарослей кустарников, причиной чего являются хищники, охотящиеся на тетеревов. Одиночные деревья способствуют доступности муравейников в качестве основного корма для тетеревят, а также обеспечивают тетеревов кормом в весенний период [7].



Рис. 2 Тетерев-косач *Lyrurus tetrrix* (Linnaeus, 1758) токует (фото Новикова Я.А.)

Увеличение лесного покрова является политикой разных стран в последние десятилетия. Так, правительство Шотландии стремится увеличить национальный лесной покров с 18% до 25% к 2050 году [10]. В Шотландии спад численности популяции тетеревов в 1990-х годах связывают с повышением возраста лесных культур, посаженных в 1970–1980-х годах. В рамках данной гипотезы предполагается, что в Шотландии смыкание полога лесов ускорит сокращение численности тетеревов за счет уменьшения количества мест, пригодных для выведения потомства, а также за счет изменения распределения хищников по территории [3,10]. Так, в экспериментах с искусственными гнездами было обнаружено, что близость к опушкам леса, дорогам или сельскохозяйственным угодьям увеличивает уничтожение хищниками гнёзд тетерева [3,8]. В период с 1992 по 2010 год исчезновение тетеревиных токов было связано с увеличением площади хвойных, чаще всего сосновых, лесных культур, прилегающей к токам. В долгосрочной перспективе замена вересковых пустошей лесом приведёт к упадку обитающей здесь тетеревиной популяции [10]. В качестве подтверждения данного вывода, стоит отметить, что количество добытых тетеревов на 1 км маршрута в значительной степени коррелирует с площадью подрастающего (<14 лет) лесного покрова в районе Тай (Шотландия). Оно увеличивается по мере расширения площади, засаженной лесом, и уменьшается по мере смыкания лесного полога [10]. В Шотландии мозаики молодых лесов (моложе 14 лет) на вересковых пустошах являются важными местами обитания тетеревов для их зимнего и весеннего кормления, но также служат местами для токов (рис. 2), выведения потомства и убежищем от хищников [7]. В опровержение приведённой гипотезы о существенной роли расширения площади лесов в сокращении популяции тетерева следует привести тот факт, что в Европе отмечается также и уменьшение численности популяций глухарей и белых куропаток, занимающих местообитания, отличающиеся от тетеревиных. Данный факт свидетельствует о воздействии на их популяции факторов, губительных для всех видов тетеревиных [3].

Шотландскими учёными установлено, что необходимая для существования одного тетерева площадь составляет >200 га, а для тетёрки >70 га. Птицы всегда приурочены к вересковым пустошам. При этом 75% гнёзд тетерева встречается в вересковой пустоши, как и наибольшее количество токов [10].

Типы местообитаний, присутствующих в радиусе 1 км от токов представляет собой большую часть местообитаний, используемых птицами, при этом тетёрки гнездятся в среднем на расстоянии 0,6 км от местного тока [9,10]. Среднее расстояние между токами в пригодных для существования тетерева условиях составляет $2,3 \pm 0,1$ км [9].

В трех шотландских регионах (Аргайл, Инвернесс и Галлоуэй) состав местообитаний тетерева в пределах 1 км от токов был одинаковым: 45-60% вересковых

пустошей и 10-15% молодых лесов, что позволяет предположить, что этот состав местообитаний может служить шаблоном для создания мозаик, которые могут поддерживать жизнеспособные популяции тетерева в ходе расширения площади лесов. В таком случае площадь вересковых пустошей равна примерно 200 га, и, соответственно, не должна опускаться ниже этого порогового значения для сохранения популяции тетерева [10]. При этом участки вересковой пустоши также должны быть связаны между собой, чтобы обеспечить обмен особями между популяциями и, тем самым, поддерживать генетический обмен. Так, в Англии более 50% самок-однолеток осенью разлетелись на расстояние ≤ 5 км, а весной — на ≤ 3 км, поэтому участки вересковой пустоши должны располагаться относительно близко друг к другу, чтобы предотвратить генетическую изоляцию отдельных популяций [7,8,10].

Таким образом, при планировании облесения территории необходимо сохранить участки вересковой пустоши площадью не менее 200 га и свести к минимуму их фрагментацию, так как только открытые участки такого размера позволяют поддерживать популяции тетеревов.

Защита участков вересковой пустоши и создание молодых лесов на меньшей, но более постоянной территории могут способствовать сохранению вида [10]. В то время как молодой лес потенциально может обеспечить более качественную среду для размножения тетеревов, чем вересковая пустошь, последняя обеспечивает среду для размножения в течение более длительного периода. Этому способствует тот факт, что тетёрки остаются верными своим местам размножения, гнездясь в среднем в пределах 225 м от гнезда прошлого года [9]. В качестве компромисса между различными хозяйственными интересами может выступать чередование лесов по возрасту для поддержания постоянной площади молодых лесов с течением времени (не менее 15%). Однако выполнение данного требования на практике является серьезной логистической проблемой [10].

Леса на стадии зрелости также выступают важным компонентом среды обитания тетерева, и на уровне популяции как хвойные, так и широколиственные леса должны быть доступны для тетеревов. При этом приуроченность тетеревов к лесам разная: в то время как самцы тетерева чаще встречаются в широколиственных лесах, самки в весне - летний период предпочитают молодые сосновые леса естественного происхождения, а хвойные культуры - в осенне-зимний период. Использование лесных культур, как правило, ограничивается их периферией, чаще всего в пределах < 300 м от края леса, в среднем 70 м. [10].

Помимо расширения площади лесов, в качестве причины сокращения популяций тетерева выделяют интенсификацию сельского хозяйства и увеличение нагрузки на пастбища. В частности, в Великобритании чрезмерный выпас как благородных оленей (*Cervus elaphus*), так и домашних овец (*Ovis aries*) привёл к снижению численности тетеревов из-за уменьшения количества насекомых [1,3,8]. Большая численность беспозвоночных наблюдается во влажных местообитаниях [7]. Для повышения успешности размножения тетеревов необходимо предпринимать меры по увеличению количества доступных для тетеревят насекомых [1]. Что может быть достигнуто путём снижения величины выпаса скота в местообитаниях тетерева [1,8,10]. Снижение выпаса овец и проведение мер по борьбе с хищниками в Северном Уэльсе и во многих районах Северных Пеннинских холмов в северной Англии уже дали положительный результат, выражающийся в увеличении популяции тетеревов [8]. Немецкие учёные отмечают стремление тетеревов к границам пастбищ, а также подтверждают положительное влияние пастбищ на популяции тетерева при условии не слишком сильного или слабого выпаса и при наличии поблизости условий для маскировки тетеревов [7].

Стоит выделить ранее не встречаемое нами ни у российских, ни у зарубежных исследователей особенно интересное мнение немецких учёных об определяющей роли водно-болотных угодий в выборе тетеревами местообитаний и в поддержании их численности [7].

Хищничество. Оно является непосредственной причиной гибели яиц, птенцов и взрослых особей во всех ареалах тетерева [2,3,7,8]. Среди врагов взрослых тетеревов выделяют врановых, ястреба-тетеревятника (*Accipiter gentilis*), обыкновенного канюка (*Buteo buteo*), енотовидную собаку (*Nyctereutes procyonoides*), рыжую лисицу (*Vulpes vulpes*) и лесную куницу (*Martes martes*) [3]. Основной причиной гибели тетеревов в Чешской Республике являются наземные хищники, в то время как в Финляндии эту роль выполняют пернатые хищники [2]. В настоящее время отмечается увеличение численности хищных животных, способных понизить численность тетеревов. Увеличение численности данных хищников обусловлено затуханием колебаний численности популяции полёвок, из-за чего они стали более стабильным кормом для хищников, а также увеличением количества альтернативных источников пищи для хищных животных в зимний период, спасающих хищников от голодной гибели в зимний период. В краткосрочной динамике хищничество ограничивает размножение и, следовательно, темпы роста популяции. Европейские ученые, подобно российским, отмечают противоположный характер в колебаниях численности рыжей лисицы и тетерева, зафиксированный в конце 1970-х и 1980-х годов во время вспышки чесотки (*Sarcoptes scabiei*) [3].

Хищничество в гнездах часто считается основным фактором, ответственным за низкую успешность гнездования тетеревов, а состав хищников и плотность популяции тесно связаны с выживаемостью цыплят [2,6,7]. Недавние исследования показали, что рыжая лисица и лесная куница являются основной причиной почти всех выявленных случаев разорения гнёзд тетеревов в Норвегии, в то время как врановые, несмотря на своё присутствие на объекте исследования, не имели в этом большого значения [3]. Проведённое чешскими учёными исследование разорения гнёзд тетерева хищниками ставит по этому показателю на первое место куницу, затем ворона и лисицу. При этом в отдельных районах на первое место по количеству разорённых гнёзд выходили то ворон, то лисица. Так, в юго-западной Польше обыкновенный ворон разорил 93,9% гнёзд. У евразийской сойки меньше возможностей для разорения гнёзд тетеревов, охраняемых гораздо более крупной, чем сойка самкой тетерева [2]. Хищники-млекопитающие концентрируются по опушкам леса, а хищничество обыкновенного ворона отмечается на полянах. Попытки разорения гнёзд евразийской сойкой - в глубине леса [3]. В настоящее время в Финляндии отмечается увеличение численности лисицы и в ещё большей степени – куницы, а вместе с ними и увеличение количества гнёзд тетерева, разорённых этими животными. Если в 1934 году в Фенноскандии хищниками разорялось 10% гнёзд, то в настоящее время 45% [2]. По оценкам польских учёных, процент располагавшихся на земле гнёзд тетерева, уничтоженных хищниками, составляет в среднем 30,6% в лесных местообитаниях и 48,8% в кустарниках и лугах. В некоторых районах Карпат хищники уничтожили около 65% кладок глухаря и рябчика [6]. Немецкими учёными установлено, что успешность выведения потомства тетёркой напрямую связана с высотой растительности, среди которой располагается гнездо. Чем трава выше, тем ниже вероятность разорения гнезда [9].

Говоря о влиянии врановых птиц на тетеревов, любопытно отметить, что воронов избегают даже взрослые тетерева, которые делают это бдительнее и быстрее, чем тетёрки [7]. Данный факт свидетельствует о недостаточном уровне изученности степени влияния врановых на тетеревов, которая может быть очень существенной, учитывая рост популяций врановых в России, обусловленный ростом количества и размеров свалок.

Подкормка может усилить разорение гнёзд тетерева более широкой группой потенциальных хищников [2,6]. При этом расстояние до места подкормки и продолжительность насаживания являются основными факторами, определяющими разорение гнёзд хищниками [6]. По этой причине, учитывая период насиживания тетёркой яиц в три недели, вся территория в радиусе 1 км от места подкормки имеет высокий риск нападения хищников на гнезда ($> 0,05$) и более высокую вероятность вытаптывания гнёзд

подкармливаемыми копытными. Подкормка копытных привлекает в основном виды, поддержание которых не было запланировано (нецелевые виды). Нечелевые виды, чаще всего использующие подкормку, являются потенциальными разорителями гнёзд тетерева (82% с подкормкой против 8% без подкормки). В Чехии места подкормки копытных посещают 13 видов потенциальных потребителей яиц. Наиболее часто встречаются евразийские сойки (*Garrulus glandarius*), мыши и полевки (*Muroidea*), вороны (*Corvus corax*), бурые медведи (*Ursus arctos*) и кабаны (*Sus scrofa*). Интенсивное использование подкормки оленей нецелевыми видами также было зафиксировано в Северной Америке, в основном енотами (*Procyon lotor*) и воробьиными птицами. Среди зарегистрированных посетителей мест подкормки копытных белки, мелкие млекопитающие (землеройки, полевки и мыши), врановые, куньи и псовые часто упоминаются как разорители птичьих гнёзд. Напротив, копытные, ради которых подкормка и выкладывалась, были редкими посетителями, за исключением кабана, который является важным разорителем гнёзд [2,6].

У европейских учёных не вызывает сомнения тот, факт, что сокращение численности хищников окажет благоприятное воздействие на поддержание численности тетеревов [3,8].

Воздействие климата. Говоря об этом факторе, европейские исследователи акцентируют внимание на его косвенном воздействии на популяции тетерева. В частности, несвоевременное прохождение жизненных этапов тетеревами, обусловленное отклонениями от среднегодовых значений погодных показателей, также способно привести к сокращению популяций тетеревов, не успевших к ним адаптироваться. При этом действие климатических факторов часто маскируется за другими неблагоприятными для тетерева явлениями и определить истинную причину падения численности тетерева в таком случае довольно сложно [3].

Европейские учёные отмечают, что смертность тетеревят, обусловленная непосредственно неблагоприятными погодными условиями, встречается редко. С 1930-х годов ни одно исследование в Фенноскандии не определило голод или болезни как основные факторы смертности взрослых тетеревов [3]. В то же время тетеревята уязвимы к обусловленной пониженными температурами низкой численности насекомых, так как беспозвоночные являются основным их кормом в течение первых двух недель жизни [3,7,8]. Говоря о пище тетеревят, следует отметить, что численность личинок настоящих пилильщиков (*Tenthredinidae*) положительно коррелирует с успехом размножения тетеревов на Пеннинах (северная Англия). С увеличением количества осадков в июне снижается как численность пилильщиков, так и успешность размножения тетеревов. Считается, что выживаемость тетеревят является ключевым фактором, определяющим рост популяции тетеревов в Северных Пеннинах [8].

Иные факторы. Кроме вышеупомянутых факторов немецкие исследователи отмечают сильное воздействие на распределение тетеревов по территории со стороны инфраструктуры, подчеркивая максимальную численность птиц на расстоянии 500-600 м от неё [7]. Тетерева избегают приближения к дорогам, что напрямую связано с интенсивностью дорожного движения. Сильнее всего тетерева удаляются от дорог в пики максимального движения людей по ним при посещении людьми местообитаний тетерева. В то же время к транспорту и скоту тетерева относятся более терпимо, чем к людям [8]. Стоит отметить, что наличие визуального укрытия тетеревов от людей снижает беспокойство птиц, и, как следствие, расширяет территорию доступных для тетеревов местообитаний, посещаемых людьми.

Практические рекомендации. На основании исследования работ зарубежных учёных можно рекомендовать следующий список мероприятий по повышению численности тетеревов.

Создание постоянной сети местообитаний тетеревов, которая сможет поддерживать жизнеспособные популяции тетерева в ходе дальнейшего расширения площади лесов в Европе. Она должна представлять из себя сохранённые в пределах 1 км от токов участки

вересковой пустоши площадью 200 га (45-60% от общей площади местообитаний тетерева) с минимальной их фрагментацией, расположенные друг от друга на расстоянии не более 5 км и соединённые между собой системой коридоров в сеть. Остальная территория в пределах 1 км от токов будет включать в себя 10-15% молодых лесов (47,1 га) (возрастом до 14 лет) и около 25% (78,5 га) остальных типов местообитаний тетерева, в том числе зрелые широколиственные и хвойные леса. Для поддержания постоянной площади молодых лесов с течением времени необходимо в местообитаниях тетерева периодически проводить вырубку с целью обеспечить чередование лесов по возрасту.

Защита и сохранение токов, а также мест выращивания тетеревиного молодняка [8].

Фрагментирование больших однородных открытых пространств, путём разделения их искусственными насаждениями, из которых в дальнейшем оставлять лишь отдельные деревья [7].

Повышение связности отдельных местообитаний тетерева [7].

Путём создания других элементов ландшафта осуществлять чередование их с вересковыми пустошами, в том числе с водно-болотными угодьями [7].

Изменение структуры опушки путём её разреживания для создания постепенного (шириной в несколько сотен метров) перехода от открытого пространства к лесу с подлеском из вереска и ягодных кустарников [7].

Восстановление водно-болотных угодий в качестве одной из важнейших мер по увеличению популяции тетерева [7].

Разработка и принятие мер по систематическому снижению численности питающихся тетеревами хищников до оптимальных значений и проведение мероприятий по профилактике роста их численности.

Удаление подкормки животных с мест размножения тетерева перед началом сезона размножения [6].

Снижение выпаса скота и более равномерное распределение его по территории.

Нарушение дернового покрова с созданием участков открытой почвы [7].

Перенесение объектов инфраструктуры с мест обитания тетерева [7].

Контроль и руководство действиями посетителей местообитаний тетерева, с отслеживанием их выполнения и созданием зеленых изгородей, препятствующие визуальному контакту посетителей и тетеревов [7] [8].

Принятие мер для снижения туристической нагрузки на территорию обитания тетеревов [7].

Заключение. Сложившиеся в России условия, заключающиеся в малом количестве подкормки диких животных, более длительный период с наличием снегового покрова, более низкая плотность популяции копытных, низкая плотность дорожной сети, а также концентрация населения, преимущественно в крупных населённых пунктах окажут положительное влияние на состояние популяции российских тетеревов на остальной территории. В то же время активный рост свалок возле крупных населённых пунктов будет способствовать росту численности питающихся тетеревами хищников, что негативно скажется на состоянии обитающей здесь местной микропопуляции тетерева. В целом, на основании работ зарубежных учёных можно прогнозировать уменьшение численности тетеревов в Европейской части России по мере полного зарастания древесными породами большого количества земель, выбывших из сельскохозяйственного использования. В то же время, обилие в России территорий, которые имеют условия для существования тетеревиных популяций, но не заселены ими, свидетельствует о целесообразности обращать внимание, прежде всего, на те выделенные европейскими учёными факторы численности тетерева, которые сокращают популяцию тетерева даже в условиях благоприятной структуры фитоценоза.

Стоит признать, что только вполне реальная возможность лишиться последних птиц, оставшихся от былой единой общеевропейской популяции тетерева, заставила зарубежные страны направлять существенные силы и средства на исследование столь

полезной для человека птицы как тетерев, несмотря на то, что она приносила пользу европейцам с очень давних пор. Из-за обилия простор вымиранию тетерева на территории России ничего не угрожает, что существенно тормозит исследование его биологии в России. В связи с чем целесообразно заимствование накапливаемого другими странами опыта по поддержанию численности тетерева с осуществлением комплекса мер, показавших свою эффективность в зарубежных странах, которые позволят не только сохранить данный вид, но и получить, в условиях разумного хозяйствования, положительный экономический эффект.

Библиографический список

1. Baines D., Richardson M., Warren Ph. The invertebrate diet of Black Grouse *Tetrao tetrix* chicks: a comparison between northern England and the Scottish Highlands [Electronic resource]. URL: - <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00063657.2017.1295018?src=recsys>
2. Cukor J. et al. Evaluation of spatio-temporal patterns of predation risk to forest grouse nests in the central European mountain regions [Electronic resource]. URL: - <https://doi.org/10.3390/ani11020316>
3. Jahren T., Storaas T., Willebrand T., Fosslund Moa P., Hagen B. (2016). Declining reproductive output in capercaillie and black grouse – 16 countries and 80 years [Electronic resource]. URL: - <https://doi.org/10.1163/15707563-00002514>
4. Patrick J., White C., Warren P., Baines D. Forest expansion in Scotland and its potential effects on black grouse *Tetrao tetrix* conservation [Electronic resource]. URL: - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811271300480>
5. Policht R., Hart V., Goncharov D., Surovy P., Hanzal V., Cervený J., Burda H. Vocal recognition of a nest-predator in black grouse [Electronic resource]. URL: - <https://peerj.com/articles/6533/>
6. Selva N., Berezowska-Cnota T., Elguero-Claramunt I. Unforeseen effects of supplementary feeding: Ungulate baiting sites as hotspots for ground-nest predation [Electronic resource]. URL: - <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0090740>
7. Tost D, Ludwig T, Strauss E, Jung K, Siebert U. Habitat selection of black grouse in an isolated population in northern Germany—the importance of mixing dry and wet habitats [Electronic resource]. URL: - <https://doi.org/10.7717/peerj.14161>
8. Tost D., Strauß E., Jung K., Siebert U. Impact of tourism on habitat use of black grouse (*Tetrao tetrix*) in an isolated population in northern Germany [Electronic resource]. URL: - <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238660>
9. Warren Ph, Baines D., Richardson M. Black Grouse *Tetrao tetrix* nest-site habitats and fidelity to breeding areas in northern England [Electronic resource]. URL: - <https://www.researchgate.net/publication/254220205>
10. White P. J. C., Warren P., Baines D. Habitat use by Black Grouse *Tetrao tetrix* in a mixed moorland-forest landscape in Scotland and implications for a national afforestation strategy [Electronic resource]. URL: - <https://doi.org/10.1080/00063657.2014.1000261>

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
СОВЕТА МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
СПБГЛТУ

Выпуск 2

В авторской редакции с готового оригинал-макета

Подписано с оригинал-макета 27.12.2022.

Усл.-печ. л. 6,0. Заказ № 141. С 96.

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