

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Сыктывкарский лесной институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (СЛИ)

ФЕВРАЛЬСКИЕ ЧТЕНИЯ

Сборник материалов  
научно-практической конференции  
по итогам научно-исследовательской работы 2021 года  
преподавателей Сыктывкарского лесного института

г. Сыктывкар, Сыктывкарский лесной институт,  
21—22 февраля 2022 года

*Научное электронное издание*

Сыктывкар 2022

УДК 001:630

ББК 72

Ф31

Издается по решению оргкомитета конференции.

Утверждено редакционно-издательским советом Сыктывкарского лесного института.

### РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

главный редактор: **Л. А. Гурьева**, директор СЛИ, кандидат юридических наук, доцент;  
ответственный редактор: **Е. В. Хохлова**, начальник отдела обеспечения образовательной, научной и инновационной деятельности, кандидат психологических наук, доцент

### Редакционная коллегия:

**Ф. Ф. Асадуллин**, доктор физико-математических наук, доцент;  
**В. А. Дёмин**, доктор химических наук, старший научный сотрудник;  
**И. В. Левина**, кандидат экономических наук, доцент;  
**Г. Г. Романов**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;  
**В. В. Пахучий**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;  
**В. Ф. Свойкин**, кандидат технических наук, доцент;  
**Ю. Я. Чукреев**, доктор технических наук, старший научный сотрудник

«Февральские чтения» — это научно-практическая конференция, на которой преподаватели института подводят итоги своей научно-исследовательской работы за прошедший календарный год, ставят перед собой новые цели и задачи, строят планы на будущее. Научно-практическая конференция 2022 года была посвящена 70-летию высшего лесного образования в Республике Коми и Году культурного наследия народов России.

В данном сборнике представлены результаты научных исследований преподавателей по темам кафедральных НИР.

Сборник материалов конференции размещается в наукометрической базе РИНЦ. Материалы сборника предназначены для студентов, магистрантов и аспирантов, а также рассчитаны для широкого круга читателей.

Сборник не рецензируемый. Статьи опубликованы в редакции авторов с незначительными техническими правками.

Темплан 2022/23 учеб. г. Изд. № 65.

В подготовке сборника принимали участие отдел ООНИИД (начальник *Е. В. Хохлова*), библиотека (ведущий редактор *С. В. Сердитова*, главный библиограф *И. А. Штельмах*), отдел информационного обеспечения (начальник *Н. А. Бушманов*, ведущий программист *М. . Лодыгин*, . . .).

\* \* \*

*Научное электронное издание*

Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова» (СЛИ),  
167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Издано в СЛИ. Заказ № 13. Тираж 15 экз. Объем 7 .

Поставляется на одном CD-ROM диске и может быть использовано в локальном и сетевом режимах.  
Минимальные системные требования : процессор с тактовой частотой 1,5 ГГц и выше; операционные системы Microsoft Windows XP/2003/Vista/7/8/10; 1 Гб оперативной памяти; не менее 380 Мб свободного дискового пространства; наличие установленной программы для чтения pdf файлов.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ .....   | 5   |
| АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ .....   | 6   |
| АННОТАЦИИ .....   | 7   |
| СТАТЬИ .....  | 13  |
| <i>Большаков Н. М.</i> Совокупная рента в лесном секторе .....  | 13  |
| <i>Броварова О. В., Кузьмин Д. В., Броварова Д. А.</i> Гумат из угольного шлама.<br>Физико-химические свойства и биологическая активность .....   | 16  |
| <i>Гананольский С. Г., Кочева М. Н.</i> Совершенствование приводов подачи<br>циклопроходных дереворежущих станков .....   | 22  |
| <i>Готман Н. Э., Шумилова Г. П.</i> Программный пакет ANDES как инструмент<br>моделирования установившихся и переходных режимов энергосистемы<br>для определения топологии электрической сети .....   | 25  |
| <i>Дёмин В. А., Размыслова А. А.</i> Кулонометрическое определение содержания<br>лигнина в сульфатной целлюлозе .....   | 32  |
| <i>Друзь Ю. И., Торлопов М. А., Шевченко О. Г., Ситников П. А.</i> Углеродные квантовые<br>точки из нанокристаллической целлюлозы .....   | 36  |
| <i>Евстафьев Н. Г., Королев В. В., Артамошин С. А.</i> К вопросу поддержки<br>жизненного цикла программ, используемых при отводе и таксации лесосек .....   | 40  |
| <i>Евстафьев Н. Г., Королев В. В., Артамошин С. А.</i> О применении web-технологии<br>для технической поддержки руководства пользователя программ<br>для отвода и таксации лесосек .....  | 46  |
| <i>Коньк О. А.</i> Разработка бизнес-проекта строительства<br>мусоросжигательного завода в Республике Коми и его инженерное обеспечение .....   | 59  |
| <i>Коньк О. А., Быковская Н. О.</i> Специальная оценка условий труда<br>рабочих мест в ООО «ИЛИМСЕВЕР РМП» .....  | 68  |
| <i>Коньк О. А., Кузванова А. В.</i> Инженерная защита объектов окружающей среды<br>при производстве карбоната кальция для нужд<br>целлюлозно-бумажной промышленности .....  | 75  |
| <i>Коньк О. А., Севбо Р. О.</i> Рекультивация земельных участков<br>после аварии на конденсатопроводе «Ямбург — Уренгой» .....  | 85  |
| <i>Кочева М. Н., Кокшарова Н. Г.</i> Пути совершенствования<br>и выбора систем машин в ООО «СЕВЛЕСПИЛ» Республики Коми .....  | 92  |
| <i>Лыткин Д. К., Филитов М. А., Плешев Д. А., Асадуллин Ф. Ф., Власов В. С.,<br/>    Котов Л. Н., Щеглов В. И.</i> Детектирование амплитудно-модулированного сигнала<br>на анизотропном магнитострикционном преобразователе при ориентации<br>кристаллографической ячейки [011] ..... | 96  |
| <i>Николаев Г. Б., Слабиков В. С., Вайс К. Е.</i> Исследования инженерно-геологических<br>(геокриологических) условий зоны строительства и эксплуатации автодороги<br>Сыктывкар — Нарьян-Мар .....  | 104 |
| <i>Пахучая Л. М.</i> Многоцелевое лесопользование — путь рационального освоения<br>осушаемых лесных земель .....  | 114 |
| <i>Пахучий В. В.</i> Моделирование изменчивости площади участков<br>островного произрастания кедра как элемент обоснования северного предела<br>распространения леса — маркера границ арктики в Республике Коми .....   | 120 |
| <i>Тулинов А. Г.</i> Применение низкоэнергетических обработок<br>при возделывании картофеля .....   | 124 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Ушаков Н. В., Удортина Е. В., Кучин А. В.</i> Нефтесорбенты на основе синтетических волокон.....  | 127 |
| <i>Чукреев Ю. Я.</i> Формирование случайных состояний в задаче обоснования оперативного резерва мощности при планировании развития электроэнергетических систем.....   | 132 |
| <i>Шарапова С. И.</i> К вопросу о роли менталитета при обучении иностранному языку.....  | 140 |
| <i>Юркина Е. В.</i> Анализ базовых элементов городского зеленого фонда в качестве хранилищ биологического разнообразия и их значимость в составе экологического каркаса муниципального образования городского округа «Сыктывкар» ..... | 144 |

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В Сыктывкарском лесном институте 21—22 февраля 2022 г. состоялась научно-практическая конференция «Февральские чтения». Это традиционное научное мероприятие, главная цель которой — подвести итоги научно-исследовательской работы института в 2021 г., апробировать имеющийся результат и наметить цели на будущее.

«Февральские чтения» берут свое начало с 2003 г. и с годами стали настоящим событием в жизни института. Здесь можно узнать, что нового происходит в мире науки, с интересом погрузиться в исследовательскую проблематику, представить свою научную работу и предметно подискутировать.

Для Сыктывкарского лесного института 2022 год знаковый: мы отмечаем свой 70-летний юбилей. Нынешние «Февральские чтения» прошли под знаком 70-летия высшего лесного образования в Республике Коми и Года культурного наследия народов России. Именно этим важным событиям посвящены и пленарные доклады. **Шабает Юрий Петрович**, д. и. н., профессор, зав. сектором этнографии Института языка, литературы и истории Коми НЦ УрО РАН, представил доклад на тему *«Формирование и развитие Российской государственности как этнокультурный и этнополитический проект»*. **Золотарев Олег Васильевич**, д. и. н., профессор, зав. кафедрой истории и методики обучения общественно-правовым дисциплинам Института истории и права СыктГУ имени Питирима Сорокина, рассказал о *развитии профессионального образования в Республике Коми в конце 1940-х — начале 1980-х гг.* А результаты своих научных исследований по теме *«Обоснование резерва мощности территориальных зон единой энергетической системы России»* апробировал **Чукреев Юрий Яковлевич**, д. т. н., с. н. с., директор Института социально-экономических и энергетических проблем Севера ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, зав. кафедрой «Агроинженерия, электро- и теплоэнергетика» СЛИ. Коллективный подход к исследованию продемонстрировала **Полина Ирина Николаевна**, к. х. н., доцент кафедры «Химическая технология и техносферная безопасность» СЛИ. Она доложила результаты исследования в решении проблемы всероссийского масштаба, которое проводит совместно с коллегами Института химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, в докладе *«Термогравиметрическое и кинетическое исследование топливных гранул из биомассы борщевика Сосновского»*.

Такое содружество науки и образования — это всегда залог успешной работы, совместного научного поиска и практического результата. Об этом в своем приветствии отметила директор СЛИ Гурьева Л. А.: *«Для нас актуальны достижения и наших коллег-партнеров, ведь совместно развивая научную деятельность, мы только усиливаем эффективность ее практической реализации»*.

Научно-практическая конференция — это важная межвузовская традиция, объединяющая вокруг себя студентов, преподавателей, ученых, специалистов-практиков — целеустремленных и замотивированных на достижение и научный результат, а это мощный импульс для личностного и профессионального роста, возникновения новых научных идей и серьезных исследований.

*Оргкомитет конференции.*

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

**А**ртамошин С. А. (1, 2)  
Асадуллин Ф. Ф.

**Б**ольшаков Н. М.  
Броварова Д. А.  
Броварова О. В.  
Быковская Н. О.

**В**айс К. Е.  
Власов В. С.

**Г**анapolьский С. Г.  
Готман Н. Э.

**Д**ёмин В. А.  
Друзь Ю. И.

**Е**встафьев Н. Г. (1, 2)

**К**окшарова Н. Г.  
Коньк О. А. (1, 2, 3, 4)  
Королев В. В. (1, 2)  
Котов Л. Н.  
Кочева М. Н. (1, 2)  
Кузиванова А. В.  
Кузьмин Д. В.  
Кучин А. В.

**Л**ыткин Д. К.

**Н**иколаев Г. Б.

**П**ахучая Л. М.  
Пахучий В. В.  
Плешев Д. А.

**Р**азмыслова А. А.

**С**евбо Р. О.  
Ситников П. А.  
Слабиков В. С.

**Т**орлопов М. А.  
Тулинов А. Г.

**У**доратина Е. В.  
Ушаков Н. В.

**Ф**илитов М. А.

**Ч**укреев Ю. Я.

**Ш**арапова С. И.  
Шевченко О. Г.  
Шумилова Г. П.

**Щ**еглов В. И.

**Ю**ркина Е. В.

## АННОТАЦИИ

### **Большаков Н. М. СОВОКУПНАЯ РЕНТА В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ**

В данной статье при исследовании экономической сущности совокупной ренты рассматриваются следующие вопросы: как она возникает, кому она должна принадлежать, как ее рассчитать, каким образом и сколько надо изымать у лесопользователей и, наконец, как использовать рентные доходы в воспроизводстве совокупного капитала.

### **Броварова О. В., Кузьмин Д. В., Броварова Д. А. ГУМАТ ИЗ УГОЛЬНОГО ШЛАМА. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ**

В настоящее время актуальной проблемой в области сельского хозяйства является поиск безопасного для окружающей среды препарата, сохраняющего и улучшающего плодородность почв. Данная работа посвящена исследованию свойств гуминового препарата, выделенного из угольного шлама Интинской обогатительной фабрики г. Инта Республики Коми. Полученные образцы были исследованы на физико-химические свойства и химический состав. Так же была изучена биологическая активность гуматов, чтобы установить их применимость в качестве органоминеральных удобрений.

### **Ганапольский С. Г., Кочева М. Н. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИВОДОВ ПОДАЧИ ЦИКЛОПРОХОДНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

Для повышения качества заточки плоских дереворежущих ножей предложено движение продольной подачи осуществлять не кареткой с заточной головкой, а столом с закрепленным на нем ножом.

### **Готман Н. Э., Шумилова Г. П. ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ANDES КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТАНОВИВШИХСЯ И ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

В статье рассмотрено применение программного пакета ANDES для получения базы данных при решении задачи по определению состояния линий электропередачи электрической сети в переходном режиме энергосистемы. Исследования проведены на модели реальной 140-узловой системы NРСС (США, Канада). Показаны примеры получения необходимых параметров для работы классификатора состояния электрической сети.

### **Дёмин В. А., Размыслова А. А. КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЛИГНИНА В СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЕ**

В статье рассмотрена возможность кулонометрического определения содержания лигнина в небеленой лиственной сульфатной целлюлозы жесткостью 16 единиц Каппа, отобранной после варки с производственного потока АО «Монди СЛПК». Проведена оценка воспроизводимости результатов определения хлорного числа целлюлозы, линейно зависимого от содержания в ней остаточного лигнина.

## **Друзь Ю. И., Торлопов М. А., Шевченко О. Г., Ситников П. А. УГЛЕРОДНЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ ИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Получены углеродные квантовые точки (УКТ) из двух типов нанокристаллов целлюлозы методом гидротермального синтеза. Продукты были охарактеризованы с помощью УФ-видимой, ИК и флуоресцентной спектроскопии. Было обнаружено, что оба типа УКТ демонстрируют синее излучение при воздействии ультрафиолетового излучения, что свидетельствует о наличии сопряженных связей, необходимых для проявления свойств флуоресценции. УКТ содержат гидрофильные группы, что объясняет их хорошую растворимость в воде. Также показано необычное для УКТ поведение в спектрах излучения, не зависящее от длины волны возбуждения.

## **Евстафьев Н. Г., Королев В. В., Артамошин С. А. К ВОПРОСУ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОТВОДЕ И ТАКСАЦИИ ЛЕСОСЕК**

Рассмотрена модель поддержки жизненного цикла программ, используемых при отводе и таксации лесосек. Модель включает в себя процессы инсталляции, функционирования, сопровождения и прекращения применения программных средств. Предложенная модель прошла апробацию на примере включения программы «Лесокартограф» в реестр российского программного обеспечения.

## **Евстафьев Н. Г., Королев В. В., Артамошин С. А. О ПРИМЕНЕНИИ WEB-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ РУКОВОДСТВА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПРОГРАММ ДЛЯ ОТВОДА И ТАКСАЦИИ ЛЕСОСЕК**

Рассмотрено применение Web-технологии для реализации технической поддержки руководства пользователя программ, используемых для обработки материалов отвода и таксации лесосек. Предложенная технология апробирована на программе «Лесокартограф», включенной в реестр российского программного обеспечения.

## **Коньк О. А. РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ И ЕГО ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ежегодно в Республике Коми образуется около 540 тыс. т твердых коммунальных отходов (ТКО), в том числе в МО ГО «Сыктывкар» 91 тыс. т. Эти отходы не перерабатываются в электроэнергию, не используются в качестве вторичных ресурсов, а складываются на свалках и полигонах и загрязняют объекты окружающей среды. Предлагается бизнес-проект по строительству мусоросжигательного завода и его инженерное обеспечение в рамках реализации региональной программы по обращению с отходами. При сжигании ТКО завод будет производить до 173 млн кВт/ч электроэнергии в год и перерабатывать золошлаковые отходы в объеме 83 тыс. т/год. Для реализации бизнес-проекта потребуются инвестиции в размере 1,6 млрд руб. На МСЗ предлагается смешанный



способ газоочистки с высокой эффективностью нейтрализации и улавливания токсичных загрязняющих веществ.

### **Коньк О. А., Быковская Н. О. СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОЧИХ МЕСТ В ООО «ИЛИМСЕВЕР РМП»**

Анализ результатов СОУТ на 6 рабочих местах в литейном цехе ООО «ИлимСеверРМП» и на 7 рабочих местах в котельно-сварочном цехе свидетельствует, что условия труда на рабочих местах земледела, плавильщика и формовщиков 4—6 разрядов по факторам производственной среды шум, АПФД, химический фактор являются самыми вредными и им присвоен класс условий труда 3.2. Сокращение полноценной продолжительности жизни (СППЖ) для земледела по расчетам с использованием уравнения регрессии составляет 38 суток в год. По результатам СОУТ предлагаются средства индивидуальной защиты работников.

### **Коньк О. А., Кузванова А. В. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ НУЖД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Инженерная защита окружающей среды при производстве любых химикатов для целлюлозно-бумажной промышленности остается достаточно серьезной проблемой.

ООО «ОМИА УРАЛ» — предприятие, производящее химически осажденный карбонат кальция и водные дисперсии карбоната кальция, которое в процессе своей деятельности выбрасывает в атмосферный воздух 7 загрязняющих веществ суммарной массой 22,5 т/год.

Для инженерной защиты на предприятии функционирует скруббер и демистер, однако в настоящее время, они обеспечивают лишь 50 % очистку атмосферного воздуха от пылегазовых веществ. По результатам расчетов для уменьшения негативного воздействия на атмосферный воздух предлагается пылеулавливающая установка циклон ЦН-11. Для реализации предложения потребуются инвестиции в размере 136 тыс. руб. Окупаемость проекта составит 1 год.

### **Коньк О. А., Севбо Р. О. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОСЛЕ АВАРИИ НА КОНДЕНСАТОПРОВОДЕ «ЯМБУРГ — УРЕНГОЙ»**

Для восстановления земель, загрязненных нефтепродуктами в результате аварии на конденсатопроводе «Ямбург — Уренгой», предлагается проект, предусматривающий подготовительные, технические, физико-химические и биологические мероприятия с использованием сорбента «Экосорб» и биопрепарата «БАК-Верад». Реализация проекта рассчитана на 5 лет, однако уже при однократной обработке биопрепаратом «БАК-Верад» содержание нефти можно снизить в 72 раза, а после трехкратной обработки — в 149 раз. Требуемые инвестиции, необходимые для рекультивации аварийных земель, составляют 1,47 млн руб.

## **Кочева М. Н., Кокшарова Н. Г. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ВЫБОРА СИСТЕМ МАШИН В ООО «СЕВЛЕСПИЛ» РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

В статье предложены варианты разработки лесосеки системами машин «харвестер Volvo + форвардера Ponse Buffalo» и «харвестер Caterpillar + форвардера John Deere» на примере предприятия ООО «СевЛесПил» Республики Коми.

## **Лыткин Д. К., Филитов М. А., Плешев Д. А., Асадуллин Ф. Ф., Власов В. С., Котов Л. Н., Щеглов В. И. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА НА АНИЗОТРОПНОМ МАГНИТОСТРИКЦИОННОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ПРИ ОРИЕНТАЦИИ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ [011]**

В работе исследуются особенности детектирования амплитудно-модулированного сигнала на анизотропном магнитострикционном преобразователе при ориентации кристаллографической ячейки [011]. Были рассмотрены режимы колебаний упругой подсистемы пленки железиттриевого граната при различных условиях возбуждения. Определены параметры переменного амплитудно-модулированного поля, таких как напряженность, поляризация и глубина модуляции, при которых возможно эффективное детектирование сигнала на частоте модуляции.

## **Николаев Г. Б., Слабиков В. С., Вайс К. Е. ИССЛЕДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ (ГЕОКРИЛОГИЧЕСКИХ) УСЛОВИЙ ЗОНЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОДОРОГИ СЫКТЫВКАР — НАРЬЯН-МАР**

Проведено исследование природно-климатических условий зоны строительства автодороги Сыктывкар — Нарьян Мар с учетом организации строительства и последующей эксплуатации этой автомагистрали. Предложена методика расчета сезонного протаивания и промерзания грунтов, которая может быть использована для назначения глубины заложения и выбора типов конструктивных решений для этого сооружения, а также разработки мероприятий, исключающих возможность появления недопустимых деформаций земляного полотна и покрытия участков автомобильной дороги.

## **Пахучая Л. М. МНОГОЦЕЛЕВОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ — ПУТЬ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ**

В статье дана оценка роли лесосушения в системе лесоводственных мероприятий, слагающих основу многоцелевого лесопользования. Показано, что гидротехнические мелиорации — это начальный этап освоения избыточно увлажненных лесных земель. Регулирование водного режима создает предпосылки к комплексному использованию лесов в таких условиях. Возможность практической реализации отдельных направлений использования лесов на ранее избыточно увлажненных лесных землях часто связана с региональной спецификой территории. Вклад факторов в общую оценку эффективности гидро-мелиоративных мероприятий также зависит от особенностей лесорастительных

условий региона. В связи с этим необходимо признать, что успешная реализация заявленного стратегией развития лесного комплекса России многоцелевого характера лесопользования, в том числе на лесных землях, где уже вложены средства в улучшение лесорастительных условий, возможна только на основе лесоводственных систем, дифференцированных на региональной основе.

### **Пахучий В. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЛОЩАДИ УЧАСТКОВ ОСТРОВНОГО ПРОИЗРАСТАНИЯ КЕДРА КАК ЭЛЕМЕНТ ОБОСНОВАНИЯ СЕВЕРНОГО ПРЕДЕЛА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСА — МАРКЕРА ГРАНИЦ АРКТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ**

В статье рассмотрена возможность использования приемов математического моделирования с целью оценки северного предела распространения темнохвойного леса с участием в составе насаждений сосны кедровой сибирской — кедра сибирского. Исходными данными являются характеристики участков островного кедра в Республике Коми. Зависимой переменной в уравнениях множественной регрессии является площадь таких участков, а независимыми переменными — широта и долгота положения участков и их высота над уровнем моря. Полученное уравнение может рассматриваться как многофакторная модель, описывающая изменение площади участков в связи с данными факторами, и позволяющая делать предварительную оценку географического положения участков островного произрастания кедра минимальной площади. Последнее, в свою очередь, позволяет использовать эти оценки как предел распространения леса на его северном пределе в Республике Коми, а значит — границ Арктики в регионе.

### **Тулинов А. Г. ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ**

В статье рассмотрены и выявлены закономерности влияния основных приемов яровизации (прогревание и облучение световым потоком) на появление ростков семенных клубней картофеля и их дальнейший рост. Исследования проведены по плану Бокса — Бенкена второго порядка для четырехфакторного эксперимента, где функцией отклика принято среднее время появления всех ростков, количество пробудившихся глазков, длина ростков к концу исследований. Определены наиболее оптимальные параметры для увеличения количества пробужденных ростков в максимально короткий срок и повышения скорости их развития: прогревание клубней при температуре 35 °С — 40 с, с облучением световым потоком с длиной волны 460—475 нм, 550—565 нм, 685—700 нм — 60 с.

### **Ушаков Н. В., Удоратина Е. В., Кучин А. В. НЕФТЕСОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

В статье рассмотрены адсорбционные свойства гидрофобизированных полимерных волокон, состоящих из полиэтилентерефталата и полипропилена, по отношению к нефтепродуктам и воде. Адсорбционные емкости были определены в статических условиях. Для гидрофобизации использован метод, применяемый для обработки лигноцеллюлозного сырья, заключающийся в пропитке сырья раствором солей жирных кислот с последующим осаждением их солями алюминия.

## **Чукреев Ю. Я. ФОРМИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ СОСТОЯНИЙ В ЗАДАЧЕ ОБОСНОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Приводится сравнение подходов к формированию случайных состояний генерирующей мощности методами статистического моделирования, как с позиций вычислительной эффективности, так и точности полученного результата. Рассмотрены возможности эквивалентирования генерирующего оборудования малой мощности. Даны рекомендации влияния эквивалентирования не только на показатели балансовой надежности, но и на обоснование составляющих нормативного резерва мощности.

## **Шарапова С. И. К ВОПРОСУ О РОЛИ МЕНТАЛИТЕТА ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ**

В статье рассматривается понятие «менталитет» и его роль при обучении иностранному, в частности английскому языку. Словом «менталитет» называют то, что не есть «политика», «социально-экономические отношения», «обычай», «законы». Им объясняют то, что в культуре и истории других народов кажется странным и непонятным.

## **Юркина Е. В. АНАЛИЗ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКОГО ЗЕЛЕННОГО ФОНДА В КАЧЕСТВЕ ХРАНИЛИЩ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ИХ ЗНАЧИМОСТЬ В СОСТАВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ОКРУГА «СЫКТЫВКАР»**

В работе представлен анализ базовых элементов городского зеленого фонда как место сохранения биологического разнообразия и их значимость в составе Экологического каркаса Муниципального образования городского округа «Сыктывкар». Показано, что ведущими составляющими, которые обеспечивают живучесть урбоэкосистемы в условиях интенсивной хозяйственной деятельности и решают проблему сохранения экологического равновесия, являются городские заказники, пригородные леса, лесопарковые зоны, ботанические сады, дендрарии, крупные парки.

## СТАТЬИ

УДК 630:347.464

*В данной статье при исследовании экономической сущности совокупной ренты рассматриваются следующие вопросы: как она возникает, кому она должна принадлежать, как ее рассчитать, каким образом и сколько надо изымать у лесопользователей и, наконец, как использовать рентные доходы в воспроизводстве совокупного капитала.*

**Ключевые слова:** рента, лесной сектор, регулирование

**Н. М. Большаков,**  
доктор экономических наук, профессор  
(Сыктывкарский лесной институт)

### СОВОКУПНАЯ РЕНТА В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ

При рассмотрении вопросов возникновения, присвоения и распределения совокупных рентных доходов о качестве исходной позиции нами принято понимание совокупной ренты как институциональной категории, которая не может существовать вне рамок общего экономического механизма и политических преобразований в лесном секторе экономики страны.

Неэффективность государственного регулирования пользования лесами наглядно проявляется в несовершенстве налоговой системы. Уравнительный подход при взимании налогов, на учитывающих лесорастительные, продуктивные и лесотехнические факторы влияющие на рентабельность освоения лесосек, позволяют компаниям присваивать незаработанный доход.

Россия еще долго будет оставаться страной с ресурсной ориентацией экономики. Если сохраняется ресурсная ориентация, то значительная часть доходов образуется в сырьевом секторе экономики, который генерирует совокупную лесную ренту. При этом уровень такой ренты достаточно высокий, что обеспечивает высокую рентабельность рентгенерирующих подотраслей лесопромышленного комплекса (ЛПК), особенно в целлюлозно-бумажном секторе ЛПК. Высокий уровень совокупной ренты при целлюлозно-бумажном производстве создается внутренними лесосырьевыми и высшими факторами.

К внешним факторам относится благоприятная рыночная конъюнктура мировых цен на российскую лесопroduкцию на международных рынках. Естественно, что существует положительная причинная связь между уровнем совокупной ренты и развитием экономики. Однако наряду с положительными факторами развития экономики высокая совокупная рента порождает антистимулы, становится основной причиной сдерживания процессов роста инвестиции и модернизации воспроизводимых факторов производства.

Крупные российские лесопромышленные компании получив в избытке аренду лесных массивов, которые в одном той же компании резко отличаются по рентабельности их освоения. Но если у компании имеется широкий выбор лесных участков, которые в одной и той же компании резко отличаются по рентабельности их освоения, то в первую очередь, естественно, начинается выбо-

рочная разработка лесосек, генерирующих более высокую сумму совокупной ренты.

Высокий уровень ренты опасен не сам по себе, а тем, что если рента не изымается, если через ренту не уравниваются между собой лесные участки, то при их выборочной разработке нет стимулов внедрения новой техники, технологии, модернизации производства, применения методов эффективного лесовосстановления. Все отмеченное приведет к снижению темпов роста в ближайшие годы по мере отработки более рентабельных лесных участков.

Снижая налоги на предприятия несырьевого сектора, целесообразно увеличивать уровень изъятия ренты, выравнивая рентабельность производства этих секторов, что будет способствовать при этом перетоку капиталов.

Необходимо развитие и повышение эффективности механизмов государственного управления общенародной собственностью на леса, среди которых можно выделить следующие механизмы:

- регулирование доступа к лесопользованию — договорный гражданско-правовой доступ к лесным участкам;
- правовое регулирование — права собственности на заготовленные лесоматериалы, на лесное имущество и лесную информацию;
- налоговое регулирование и введение совокупных рентных платежей;
- таможенное регулирование — уплата таможенных пошлин как части ценовой ренты, стимулирование экспорта не круглого леса, а продуктов его переработки;
- ценовое регулирование — в частности, необходимо регулировать и уменьшать диспаритет цен в естественных монополиях;
- социально-эколого-экономическое регулирование, эффективное использование совокупных рентных доходов в интересах всего общества;
- балансовое регулирование — балансы запасов лесных ресурсов, балансы воспроизводства и потребления лесов;
- создание специальных институтов государственного регулирования — органы управления лесным производством, государственной компании, участие государства в инвестиционных проектах и др.

Профессор Ричард Стейнер из Университета штата Аляски (США) считает, что любой государственный налоговый режим, оставляющий такие огромные средства в руках частных корпораций, эксплуатирующих общественные ресурсы, просто-напросто не выполняет своей главной обязанности — заботы о приумножении благосостояния граждан [1]. Проще говоря, задачей правительства должна быть получение максимально возможного дохода от эксплуатации общественной собственности на территории страны. Условия и права на эксплуатации национальных лесных ресурсов должны определяться правительством. При этом главной его заботой должно быть общественное благо. Самой сложной задачей является проблема установления оптимального совокупного рентного режима, которым одновременно оставался бы стимулом к производству и максимизировал бы доход, выплачиваемый государству.

Проблема образования совокупной ренты, права собственности на ренту, ее распределение и поступление в доходы государства и бизнеса, направление совокупных рентных доходов на воспроизводство факторов лесопромышленно-

го производства является приоритетной для всех уровней власти всех слоев российского общества.

#### **Библиографический список**

1. Стейнер, Р. Реструктуризация налогообложения нефтедобычи с целью максимизации общественной выгоды / Р. Стейнер. — URL: [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1025106](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1025106).

*В настоящее время актуальной проблемой в области сельского хозяйства является поиск безопасного для окружающей среды препарата, сохраняющего и улучшающего плодородность почв. Данная работа посвящена исследованию свойств гуминового препарата, выделенного из угольного шлама Интинской обогатительной фабрики г. Инта Республики Коми. Полученные образцы были исследованы на физико-химические свойства и химический состав. Так же была изучена биологическая активность гуматов, чтобы установить их применимость в качестве органоминеральных удобрений.*

**Ключевые слова:** гуматы, гуминовые кислоты, угольный шлам

**О. В. Броварова,**

кандидат химических наук, научный сотрудник  
(Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН);

**Д. В. Кузьмин,**

кандидат химических наук, научный сотрудник  
(Институт геологии Коми НЦ УрО РАН);

**Д. А. Броварова,**

студент Института естественных наук  
(СГУ им. Питирима Сорокина)

## **ГУМАТ ИЗ УГОЛЬНОГО ШЛАМА. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ**

В настоящее время в сельском хозяйстве активно используются химические удобрения с целью увеличения плодородности культур, поэтому вопрос поиска новых безопасных способов стимуляции роста и развития растений крайне актуален. Исследование гуминовых кислот является перспективным направлением, для решения ряда задач. Важно отметить доступность сырьевой базы. Данное сырье относительно недорогое и имеет большие запасы, что позволяет применять их в производстве органических удобрений и широко использовать в сельском хозяйстве.

Гуматы — водорастворимые соли гуминовых кислот (соли калия, натрия, аммония), для которых характерна полифункциональность (поэтому их можно назвать биополимером).

Гуминовые кислоты — высокомолекулярные природные соединения, которые входят в состав торфа, бурых углей и сапропеля. Согласно ГОСТ 27593-88, гуминовые кислоты темноокрашены, растворимы в щелочах и нерастворимы в кислотах. Точного описания строения гуминовой кислоты нет, т.к. оно непостоянно и нестехиометрично. В структуру гуминовой кислоты входят ациклические и ароматические кольца, а также боковые цепи с разной степенью разветвления [1]. Именно полифункциональностью гуминовой кислоты и ее солей обусловлено их широкое применение в качестве почвенных регуляторов. Кроме этого для подобных веществ характерно наличие следующих функциональные группы: спиртовые и фенольные ( $\text{OH}^-$ ), карбоксильные ( $\text{COOH}^-$ ) и метоксильные группы [2]. Как сказано выше, «молекула» гуминовой кислоты не-



стехиометрична и полидисперсна, имеет нерегулярное строение, ее элементарные структуры гетерогенны, из чего можно сделать вывод, что для гуминовых кислот более применимо понятие молекулярных ассоциаций, нежели молекула. Стоит отметить, что определить количество атомов в молекуле так же не представляется возможным, т. е. нет структурной формулы, которая точно и однозначно отражает строение гуминового препарата. По данной теме была предложена предположительная схема строения гуминового вещества.

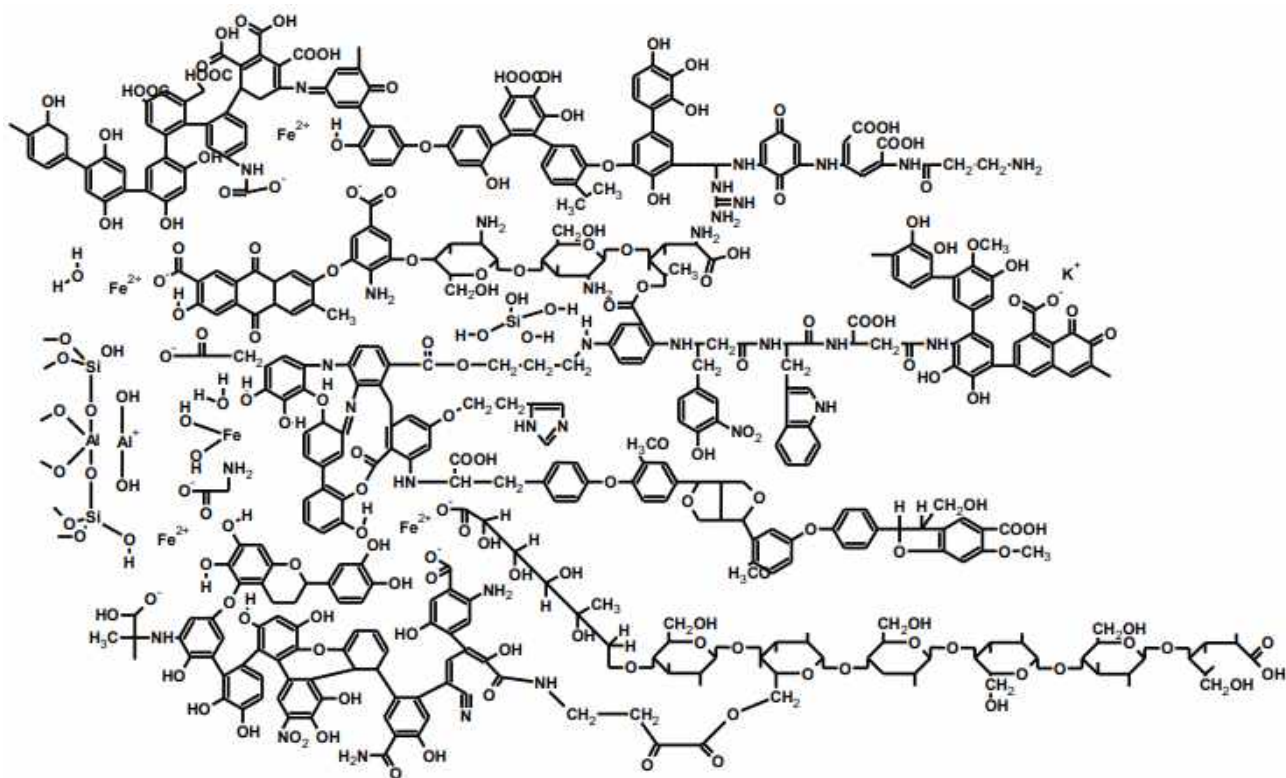


Рис. 1. Примерное строение гуминового вещества почвы [3]

Таким образом, широкое применение гуминового препарата в сельском хозяйстве основано на его физических, химических и биологических свойствах. Огромным плюсом биополимера является его природное происхождение, т. е. он безопасен для окружающей среды, а его производство относительно недорогое.

**Объекты и методы.** В работе использовалась натриевая соль гуминовой кислоты, выделенные из угольного шлама.

Функциональный состав препарата определяли с помощью ИК-спектроскопии в области частот  $4000\text{—}400\text{ см}^{-1}$ . Функциональные группы гуминовых кислот определяли методами, которые используют в химии растительных биополимеров [4, 5].

Элементный состав — С, Н, N и S определяли анализатором Elementar EL.

Биологическая активность — ГОСТ 12038-84.

**Результаты и обсуждения.** Разнообразие химических свойств гуминовых кислот обусловлено многофункциональностью. Реакционная способность гуминовых кислот определяется взаимным положением и порядком размещения функциональных групп.

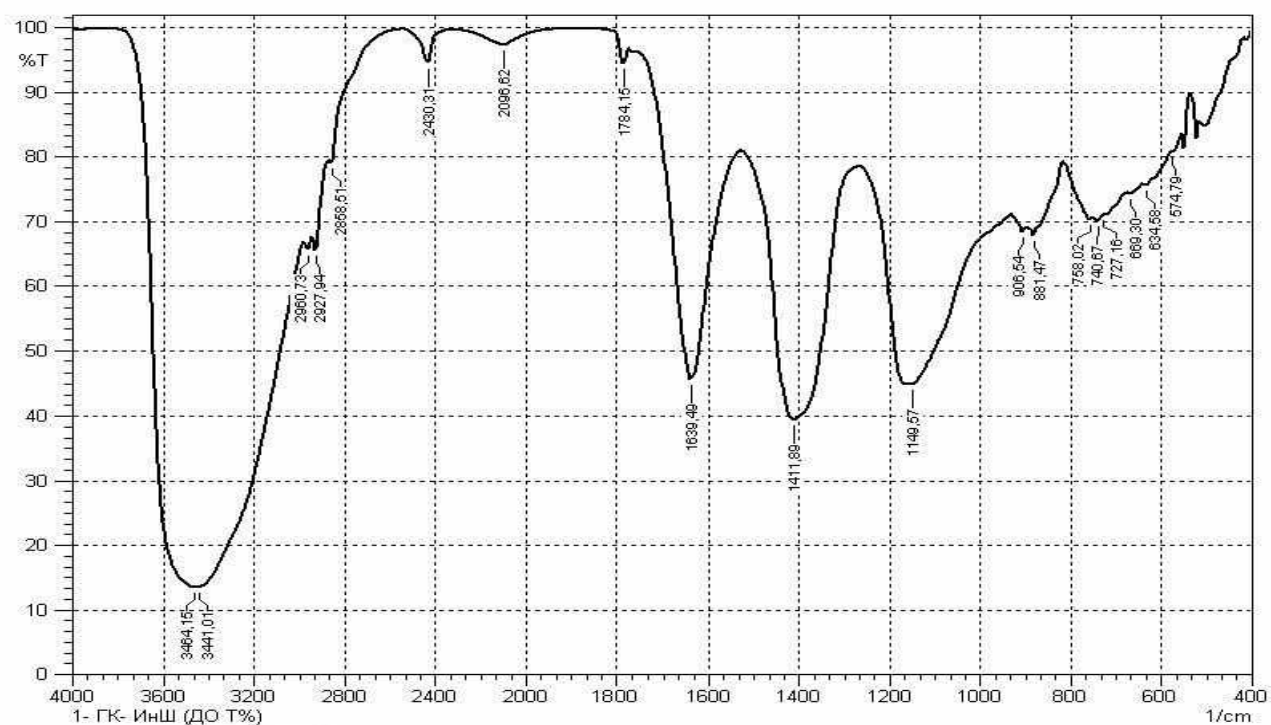
Результаты определения содержания функциональных групп в образце гумусовой кислоты (1-ГК ИнШ) представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Содержание функциональных групп, %

| Образец  | ОНалиф. | ОНфен. | ОНкарб. | Σ (ОНфен., ОНкарб.) |
|----------|---------|--------|---------|---------------------|
| 1-ГК ИнШ | 5,3     | 9,0    | 1,3     | 10,3                |

Наиболее значимыми кислородсодержащими группами являются карбоксильные, гидроксильные и спиртовые группы. Благодаря фенольным и карбоксильным группам в ароматических структурах, гуминовые кислоты способны быть лигандами в комплексных соединениях с тяжелыми металлами.

На спектре наблюдаются характерные для гуминовых кислот полосы (рис. 2). Полоса в области 3464—3441 см<sup>-1</sup> соответствует колебаниям —ОН группы, которые участвуют в образовании водородных связей. Пик в области 1784 см<sup>-1</sup> соответствует карбоксильной группе, причем интенсивность пика небольшая, что согласуется с данными по определению функционального состава образца. Для образцов подобных биополимеров характерно наличие выраженных полос в области 1639—1411 см<sup>-1</sup>. Данные пики отвечают за валентные колебания С=C бензольного кольца.



**Рис. 2.** ИК-спектры препарата гуминовой кислоты, выделенной из угольного шлама

Исходя из анализа ИК-спектра выделенного образца, можно заключить, что данный образец представляет собой полифункциональную структуру ароматической природы.

Более точное представление о строении гуминовых веществ дает изучение элементного состава (табл. 2). Под элементным составом понимают состав их

органической части, которую непосредственно образуют такие элементы, как С, Н, О, N.

**Таблица 2.** Элементный состав выделенного образца гуминовой кислоты

| Образец  | Элементный состав атомов, %, на беззольную навеску |     |      |      |     | Атомные отношения |      |      |
|----------|--|-----|------|------|-----|-------------------|------|------|
|          | С  | N   | O    | S    | H   | H/C               | O/C  | N/C  |
| 1-ГК ИнШ | 44,9   | 3,3 | 48,6 | 1,44 | 1,6 | 0,07              | 1,08 | 0,03 |

Элементы, представленные в табл. 2, являются обязательными в структуре гуминовых кислот. Помимо органической части в их состав входит и неорганическая часть, к которой относятся включения ионов металлов, оксидов кремния и алюминия.

По атомному соотношению Н/С, которое равно 0,07, можно сделать вывод об разветвленности боковых цепей и степени замещения в ароматических кольцах. Соотношение  $H/C < 1$ , что говорит о преобладании ароматических структур над алифатическими.

Величина соотношения О/С уменьшается при возрастании количества гидроксильных, фенольных, карбоксильных групп и зависит от степени окисленности соединения.

Для оценки действия гуминовых веществ на культурные растения было проведено фитотестирование с семенами овса ярового (*Avenasativa L.*) Эксперимент ставился согласно с ГОСТ 12038-84 в четырехкратной повторности. В течении семи дней на семена воздействовали растворами гуминового препарата с различной концентрацией. На рис. 3 представлены результаты фитотестирования.



**Рис. 3.** Размер стеблей и корней овса после обработки гуминовым биопрепаратом

На рис. 3 видно положительное влияние гуминового препарата на всхожесть семян. В литературе немало данных о стимулирующих действиях гума-

тов. Препарат способен ускорить передвижение питательных веществ, интенсивность синтеза хлорофилла, АТФ и фотосинтеза. Так же гуминовые кислоты способствуют увеличению содержания некоторых ферментов в тканях растений, что приводит к увеличению биологической продуктивности растений. Помимо этого, к свойствам гуматов относится сорбирование токсичных примесей из почвы [6—8].

Исходя из данных, представленных в табл. 3, можно сделать вывод, что применение гуминового препарата по-разному влияет на прорастание семян овса (*Avenasativa L.*), а результаты зависят от концентрации биополимера в растворе. Таким образом, наибольший показатель прорастания (25—27 %) был получен при обработке семян раствором гумата натрия с концентрацией 0,005—0,025 %. Так же, в этом диапазоне концентрации показатель всхожести был наибольшим и составил 73—85 %. Обобщая вышесказанное можно установить, что гуминовый препарат наиболее эффективен при концентрации в пределах от 0,005 до 0,025 %.

**Таблица 3.** Влияние гуминового препарата на прорастание семян

| Концентрация гуминовой кислоты в растворе, % | Энергия прорастания (на 4 сут.), % | Всхожесть (на 7 сут.), % |
|--|------------------------------------|--------------------------|
| Контроль                                     | 10                                 | 50                       |
| 1,0  | 0                                  | 13                       |
| 0,5  | 7                                  | 43                       |
| 0,25   | 15                                 | 57                       |
| 0,1  | 15                                 | 57                       |
| 0,05   | 17                                 | 63                       |
| 0,025  | 25                                 | 73                       |
| 0,015  | 25                                 | 75                       |
| 0,010  | 27                                 | 85                       |
| 0,005  | 27                                 | 83                       |

**Выводы.** В результате исследования натриевой соли гуминовой кислоты, выделенной из угольного шлама Интинской обогатительной фабрики г. Инта Республики Коми, методом ИК-спектроскопии было определено общее количество кислых групп — 10,3 %, из которых 5,3 % приходится на алифатические группы.

Так же был установлен и элементный состав препарата: доля С, Н, О, N, S составляет 44,9, 3,3, 48,6, 1,44 и 1,6 % соответственно. Таким образом, можно сделать вывод, что гуминовый препарат относится к веществам из углефицированных материалов.

При изучении биологической активности был сделан вывод, что препарат наиболее эффективен при концентрации в пределах от 0,005 до 0,025 %, а при больших концентрациях (0,05—0,1 %) биополимер оказывает ингибирующее действие.

### Библиографический список

1. Физико-химические свойства гуминовых веществ / Л. Г. Сивакова, Н. П. Лесникова, Н. М. Ким, Г. М. Ротова // Химия твердого топлива. — 2011. — № 1. — С. 88—91.
2. Шигабаева, Г. Н. Элементный состав и содержание функциональных групп гуминовых веществ почв торфов различного происхождения / Г. Н. Шигабаева // Вестник Тюменского государственного университета. — 2014. — № 12. — С. 45—53.
3. Kleinhempel, D. Ein Beitrag zur Theorie des Huminstoffzustandes / D. Kleinhempel // Albrecht-Thaer-Archiv. — 1970. — V. 14. — № 3. — P. 138.
4. Губен, В. Методы органической химии. Методы анализа / В. Губен. — Москва, 1967. — Т. 2. — 329 с.
5. Закис, Г. Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных / Г. Ф. Закис . — Рига: Зинатне, 1987. — 230 с.
6. Рябчинская, Т. А. Средства, регулирующие рост и развитие растений в агротехнологиях современного растениеводства / Т. А. Рябчинская, Т. В. Зимица // Агрехимия. — 2017. — № 12. — С. 62—92.
7. Влияние на почвенное плодородие гуминовых удобрений и препаратов / О. С. Безуглова, Е. А. Полиенко, А. В. Горюнов [и др.] // Научное электронное периодическое издание ЮФУ «Живые и биокосные системы». — 2016. — № 18. — С. 2—18.
8. Бамбалов, Н. Н. Сравнительная оценка биологической активности гуминовых веществ, полученных из торфа низинного и верховного типов / Н. Н. Бамбалов, В. В. Смирнова, А. С. Решетник // Природопользование. — 2010. — № 17. — С. 194—199.

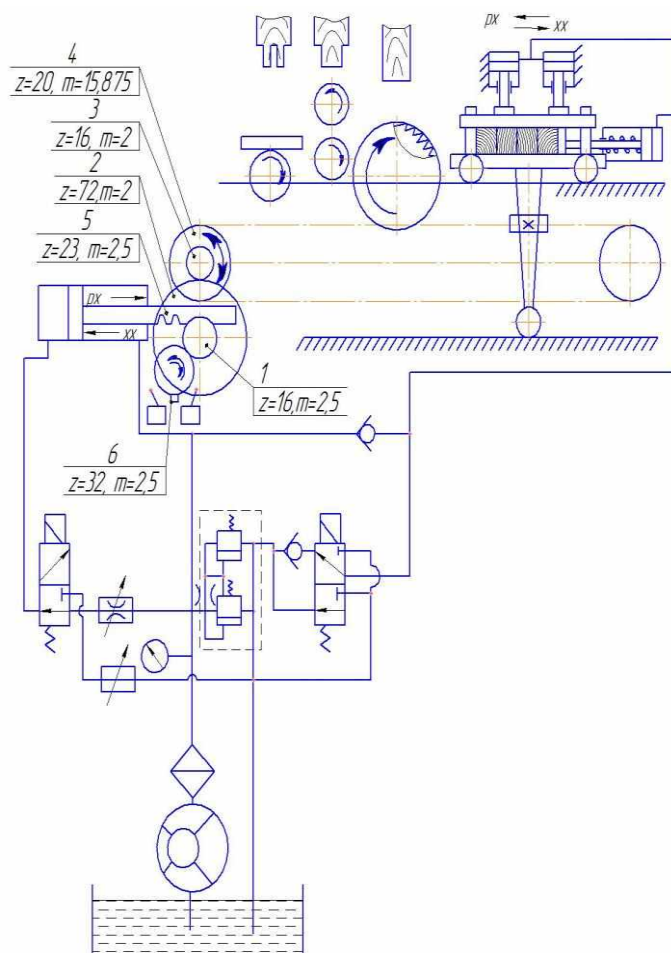
Для повышения качества заточки плоских дереворежущих ножей предложено движение продольной подачи осуществлять не кареткой с заточной головкой, а столом с закрепленным на нем ножом.

**Ключевые слова:** заточные станки, плоские дереворежущие ножи с прямолинейной кромкой, переходный процесс, амплитуда свободных колебаний, жесткость системы СПИД

**С. Г. Ганапольский,**  
кандидат технических наук, доцент;  
**М. Н. Кочева,**  
старший преподаватель  
(Сыктывкарский лесной институт)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИВОДОВ ПОДАЧИ ЦИКЛОПРОХОДНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

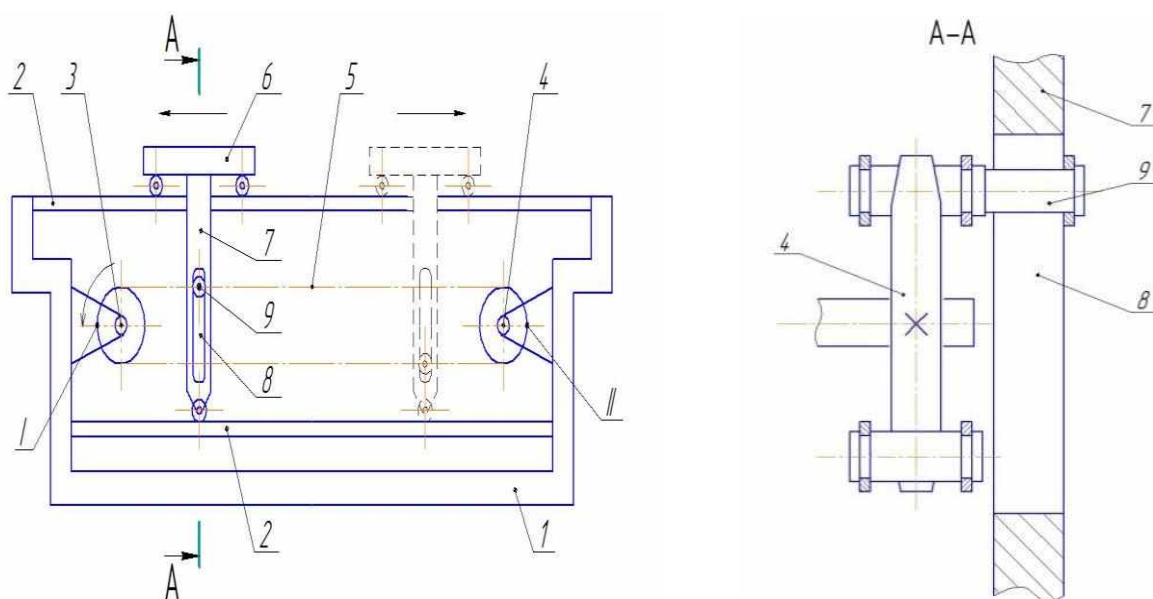
К основным направлениям развития деревообрабатывающих станков относится рационализация кинематических схем приводов, когда сложные кинематические схемы заменяются на более простые и каждый функциональный узел оборудуется независимым приводом. Также при проектировании станка стремятся минимизировать число деталей и узлов, что повышает надежность и обеспечивает наиболее технологичную конструкцию.



**Рис. 1.** Схема одностороннего шипорезно-рамного станка ШО 16-4

Реализацию подобных решений рассмотрим на примере циклопроходных деревообрабатывающих станков, в которых для реверсирования движения подающего органа применяются гидроприводы, что усложняет конструкцию станка, снижает надежность и увеличивает трудоемкость обслуживания. На рис. 1 для примера приведена комбинированная схема одностороннего шипорезно-рамного станка ШО 16-4, в котором подающая каретка жестко соединена с цепью цепной передачи. Реверсирование движения каретки осуществляется при помощи гидроцилиндра подачи посредством зубчатых передач.

Для повышения надежности привода подачи циклопроходных станков предложено его более простое конструктивное решение [1], при котором вращательное движение ведущей звездочке цепной передачи передается от электродвигателя, а одностороннее движение цепи преобразуется в возвратно-поступательное движение подающей каретки за счет ее подвижного соединения с цепью (рис. 2).



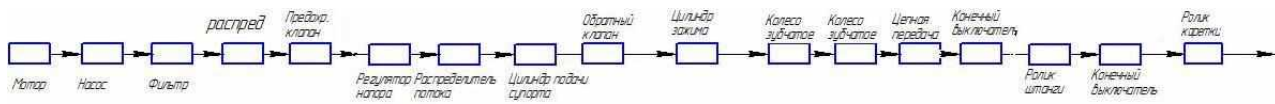
**Рис. 2.** Схема исполнительного механизма привода подачи новой конструкции

Сравнительная оценка надежности приводов двух конструкций предполагает, что они являются системами с основным последовательным соединением элементов с независимыми отказами, а вероятность безотказной работы  $P_c(t)$  систем в течении времени « $t$ » равна произведению вероятностей безотказной работы всех элементов [2]:

$$P(t) = p_1(t)p_2(t)\dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t)), \quad (1)$$

где  $P = e^{-\lambda t}$ ;  $\lambda$  — интенсивность отказов.

На рис. 3 и 4 показаны структурные схемы подачи шипорезного станка ШО 16-4 и привода новой конструкции соответственно и значения вероятностей безотказной работы систем.



$$P(t) = 0,96 \cdot 0,83 \cdot 0,79 \cdot 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,93 \cdot 0,93 \cdot 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,94 \cdot 0,99 = 0,41$$

**Рис. 3.** Структурная схема привода подачи станка ШО 16-4



$$P(t) = 0.96 \cdot 0.97 \cdot 0.95 \cdot 0.95 \cdot 0.95^3 = 0.72$$

**Рис. 4.** Структурная схема привода подачи новой конструкции

Полученные значения вероятностей безотказной работы сравниваемых систем показали, что замена гидропривода на электрический привод и применение подвижного соединения каретки с тяговым органом позволяет значительно повысить надежность приводов подачи циклопроходных деревообрабатывающих станков.

#### Библиографический список

1. Патент на полезную модель № 97178. Механизм передачи движения гибкой связью / С. Г. Ганапольский.
2. Амалицкий, В. В. Надежность машин и оборудования лесного комплекса : учебник / В. В. Амалицкий. — 2-е изд. перераб. и доп. — Москва : Изд-во МГУЛ, 2003. — 279 с.



*В статье рассмотрено применение программного пакета ANDES для получения базы данных при решении задачи по определению состояния линий электропередачи электрической сети в переходном режиме энергосистемы. Исследования проведены на модели реальной 140-узловой системы NРСС (США, Канада). Показаны примеры получения необходимых параметров для работы классификатора состояния электрической сети.*

**Ключевые слова:** электрическая сеть, переходный режим, топология электрической сети, программный пакет, база данных

**Н. Э. Готман,**  
старший преподаватель;  
**Г. П. Шумилова,**  
кандидат технических наук, доцент  
(Сыктывкарский лесной институт,  
ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

## **ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ANDES КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТАНОВИВШИХСЯ И ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПОЛОГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

### **Программный пакет ANDES.**

ANDES – это бесплатный программный пакет с открытым исходным кодом, разработанный на основе языка программирования Python для моделирования и численного анализа работы энергосистемы [1, 2]. Пакет имеет гибридную символично-числовую структуру для моделирования дифференциальных алгебраических уравнений (ДАУ). В нем также есть возможности, которые могут быть полезны при использовании нейронных сетей глубокого обучения. Основным разработчиком пакета является Хантао Цуй - доцент Школы электротехники и вычислительной техники Университета штата Оклахома.

Гибридная символично-числовая структура состоит из символического слоя для описательного моделирования и числового слоя для векторных численных расчетов. В рамках этой структуры, помимо основных элементов для быстрого моделирования, предоставляется большой набор прерывных компонентов и стандартных блоков передаточных функций. Ранее в символическом подходе каждое устройство описывалось символическими уравнениями, и для больших систем необходимо было создавать огромное количество повторяющихся уравнений. Кроме этого, любое изменение топологии энергосистемы требовало модификации уравнений, что усложняло программирование и могло привести к ошибкам. Пакет ANDES позволяет разрабатывать абстрактные модели в символическом слое независимо от тестовой схемы. При этом время вычислений для обработки уравнений зависит от количества и сложности типов моделей, а не от количества устройств в конкретном тестовом примере.

Таким образом, пакет ANDES намного проще в применении, чем другие инструменты для разработки моделей на основе ДАУ для динамического моделирования энергосистем при сохранении высокой вычислительной эффективности.

Основные особенности ANDES включают:

- гибридный символично-цифровой подход к моделированию, позволяющий выполнять описательное моделирование ДАУ и автоматическую генерацию кода;
- возможность писать модели из блок-схем, используя модульные прерывные компоненты и блоки моделирования (например, передаточные функции и пропорционально-интегральные регуляторы);
- богатую библиотеку передаточных функций, доступных для создания прототипов моделей;
- промышленные модели возобновляемых источников энергии;
- высокую производительность (ANDES может выполнить 20-секундное моделирование переходного процесса в системе с 2000 узлами за несколько секунд на обычном стационарном компьютере).

В своей работе авторы использовали пакет ANDES для получения базы данных для решения задачи определения топологии электрической сети при исследовании 140-узловой тестовой схемы.

#### **Исследуемая 140-узловая система NPCC.**

140-узловая система Северо-восточного координационного совета по энергетике (NPCC) [3, 4] представляет собой упрощенный эквивалент северо-восточного региона Восточного межсетевое объединения энергосистемы США (зона управления шести штатов региона Новой Англии: Коннектикут, Мэн, Массачусетс, Нью-Гэмпшир, Род-Айленд, Вермонт и штата Нью-Йорк) и Канады (провинции Онтарио, Квебек, Нью-Брансуик и Новой Шотландии). В частности, энергосистема шести штатов Новой Англии представляет собой известную 39-узловую тестовую систему IEEE.

140-узловая схема NPCC показана на рисунке 1. Система включает в себя 48 генераторов, 233 линии и 92 нагрузочных узла. На рисунке 1 генераторные узлы изображены в виде квадратов, а нагрузочные узлы – в виде кругов. Базовый узел (№ 78) изображен треугольником.

Расчеты на ANDES выполнялись в Google Colab. Блокнот Colab – это бесплатная интерактивная облачная среда для работы с кодом от Google. Она позволяет работать одновременно нескольким исследователям. В основе «Колаборатории» – блокнот Jupyter (Jupyter notebook) для работы на Python, только с базой на Google диске, а не на компьютере, т.е. можно программировать на языке Python и не качать кучу библиотек, не перегружать машину и не переживать, что место на жестком диске вот-вот закончится. Единственное условие – нужно иметь Google-аккаунт. Блокнот Jupyter включает в себя команды программного кода, пояснительного текста, графики и иллюстрации.

Для получения базы данных в Google Colab была написана программа на языке Julia, в которой и подключался пакет ANDES. Ниже приведен фрагмент программного кода для проведения одного расчета установившегося и переходного режима:

```
system = Andes.py.run("npcc.xlsx")
system.TDS.config.tf = 20
system.TDS.config.t0 = 0
system.TDS.config.fixt = 1
system.TDS.config.tstep = 0.020
system.TDS.run()
```

где *npcc.xlsx* – файл данных тестовой схемы NPCC. В первой строке кода выполняется запуск расчета установившегося режима. В последующих четырех строках - установка констант для расчета переходного режима: *tf = 20* – продолжительность в секундах переходного процесса; *t0 = 0* – время (с) старта аварийной ситуации; *fixt = 1* – установка фиксированного шага расчета; *tstep = 0.020* – начальное значение шага (с). В последней строке кода выполняется запуск симуляции.

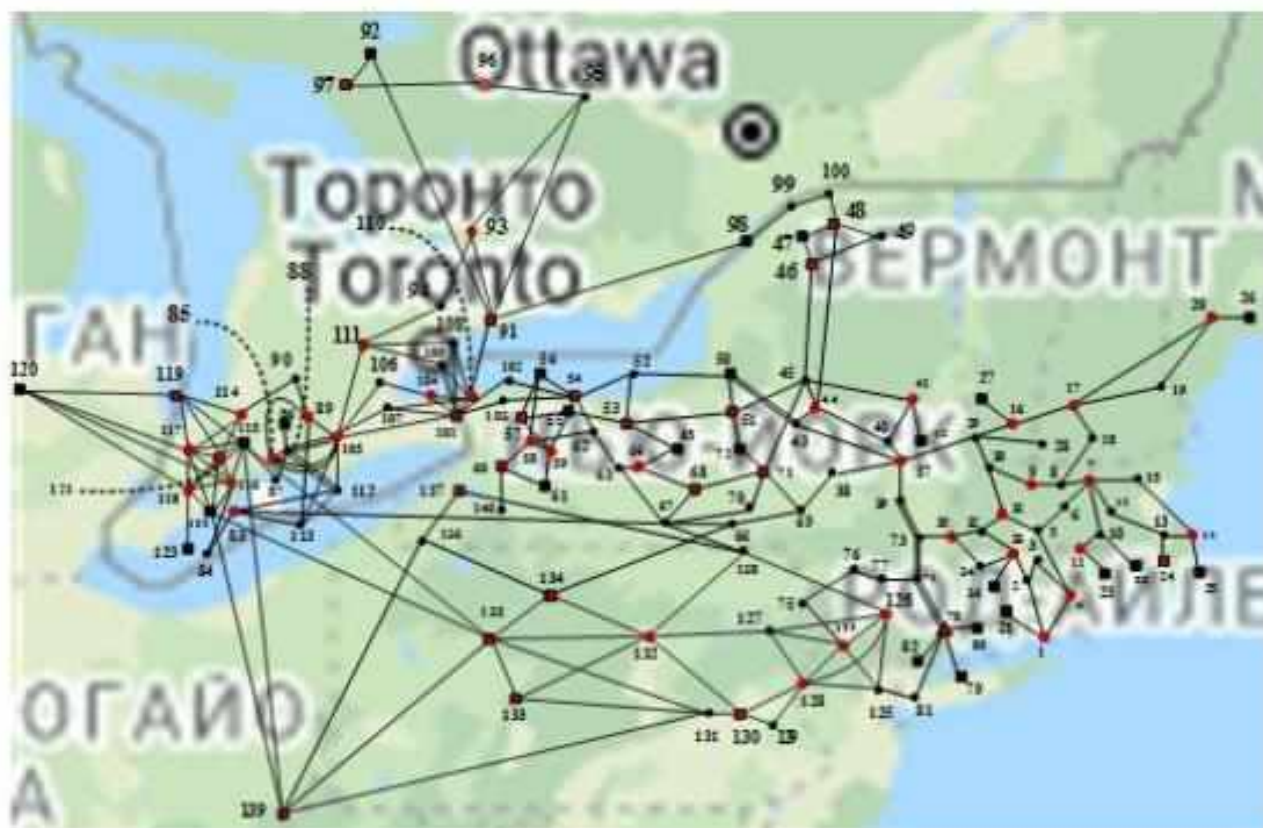


Рисунок 1 – 140-узловая энергосистема NPCC

В файле *npcc.xlsx* даны не только данные об узлах, ветвях, генераторах, турбинах и т.д. тестовой схемы, но и указывается аварийная ситуация для переходного режима. Она прописывается в файле на странице Toggler. Для примера на рисунке 2 показано отключение линии №11 в первую секунду

рассматриваемого временного периода и включение ее через три секунды, т.е. на четвертой секунде.

| O18 |     |     |   |           |       |         |   |   |   |   |
|-----|-----|-----|---|-----------|-------|---------|---|---|---|---|
|     | A   | B   | C | D         | E     | F       | G | H | I | J |
| 1   | uid | idx | u | name      | model | dev     | t |   |   |   |
| 2   | 0   | 1   | 1 | Toggler_1 | Line  | Line_11 | 1 |   |   |   |
| 3   | 1   | 2   | 1 | Toggler_2 | Line  | Line_11 | 4 |   |   |   |
| 4   |     |     |   |           |       |         |   |   |   |   |

Рисунок 2 – Отключение и включение линии №11 с помощью Toggler.

На рисунке 3 приведен пример отключения генератора с помощью Toggler на второй секунде временного периода.

| M8 |     |     |   |           |        |           |   |   |   |
|----|-----|-----|---|-----------|--------|-----------|---|---|---|
|    | A   | B   | C | D         | E      | F         | G | H | I |
| 1  | uid | idx | u | name      | model  | dev       | t |   |   |
| 2  | 0   | 1   | 1 | Toggler_1 | GENROU | GENROU_22 | 2 |   |   |
| 3  |     |     |   |           |        |           |   |   |   |
| 4  |     |     |   |           |        |           |   |   |   |

Рисунок 3 – Отключение генератора GENROU\_22 с помощью Toggler.

В пакете ANDES заложена возможность построение графиков по результатам расчетов. Ниже приведены графики, полученные для случая отключения и включения через 3 секунды линии №11, соединяющей узлы 7 и 15. На рисунке 4 представлены фрагмент тестовой схемы с отмеченной линией №11, а также графики фаз и модулей напряжения в узлах 6, 7, 8, 10, 12, 15, ближайших к линии №11, и графики углов роторов генераторов в узлах 22 (GENROU\_23), 23 (GENROU\_24 и GENROU\_25), 24 (GENROU\_26), 25 (GENROU\_27), расположенных вблизи линии №11. GENROU – это используемые в данных узлах модели генераторов.

При реализации современных алгоритмов распознавания топологии электрической сети используются данные, передаваемые устройствами синхронизированных векторных измерений (УСВИ). На схеме рисунка 1 отмечены красным цветом 57 узлов, в которых установлены УСВИ. Такое размещение УСВИ получено как результат оптимальной расстановки по критерию минимума количества устройств [5], обеспечивающих топологическую наблюдаемость энергосистемы.

Базу данных для решения задачи определения топологии сети составляют векторные измерения напряжения и тока в процессе переходного режима. Но ANDES в расчетном файле предоставляет из необходимых значений только значения модуля и фазы напряжения в узлах. Для получения недостающих векторных значений тока в ветвях использовались следующие формулы:

$$\dot{y} = 1 / (r + jx),$$

$$\dot{I}_N = (\dot{U}_N - \dot{U}_K) \cdot \dot{y} + j0,5\dot{U}_N \cdot b,$$

$$\dot{I}_K = (\dot{U}_K - \dot{U}_N) \cdot \dot{y} + j0,5\dot{U}_K \cdot b,$$

где  $\dot{U}_N$  – напряжение в узле начала линии,  $\dot{U}_K$  – напряжение в узле конца линии,  $r$  и  $x$  – соответственно, активное и реактивное сопротивления линии,  $\dot{y}$  – комплексная проводимость линии,  $b$  – емкостная проводимость линии,  $\dot{I}_N$  – ток в начале линии,  $\dot{I}_K$  – ток в конце линии.

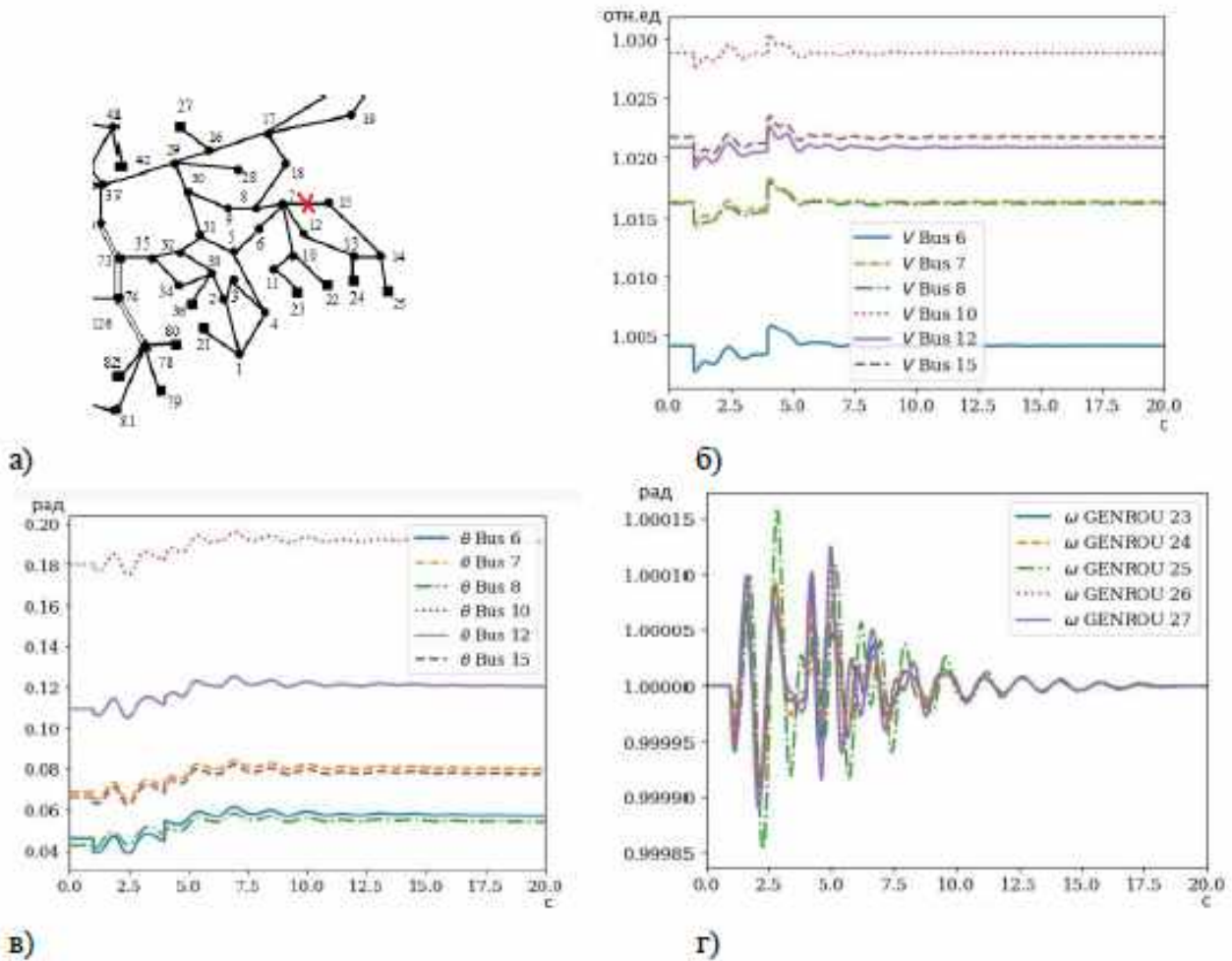


Рисунок 4 – Графики модулей напряжения (б), фаз напряжения (в) и углов роторов генераторов (г) в узлах, расположенных вблизи линии №11, (а) – фрагмент тестовой схемы с указанием линии №11.

Чтобы убедиться в допустимости применения полученных значений фазы и модуля токов, были рассчитаны значения перетоков мощности по линиям и проведено сравнение с результатами ANDES. На рисунке 5 представлены графики относительной погрешности (%) расчета мощностей в начале линий ( $P_{from}$  и  $Q_{from}$ ) и в конце линий ( $P_{to}$  и  $Q_{to}$ ). Максимальная относительная погрешность для  $P_{from}$  составляет 0,1781% (это одиночный пик графика), для  $Q_{from}$  – 0,0146%, для  $P_{to}$  – 0,00072% и для  $Q_{to}$  – 0,00101%. При таких

относительных погрешностях был сделан вывод о возможности применения рассчитанных значений фазы и модуля токов в ветвях и, следовательно, применения пакета ANDES для решения задачи по определению топологии сети.

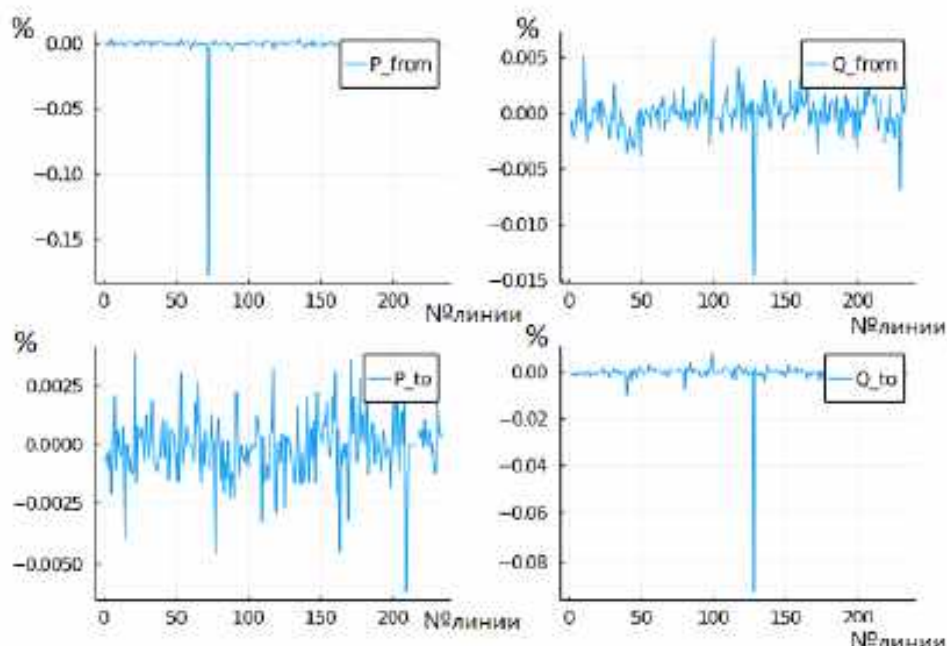


Рисунок 5 – Графики относительных погрешностей расчета перетоков мощности по линиям.

### Заключение

В данной работе рассмотрен программный пакет ANDES для моделирования установившихся и переходных режимов энергосистемы при определении топологии электрической сети. Пакет имеет ряд достоинств, в качестве основных можно выделить два из них. Первое достоинство заключается в том, что пакет имеет гибридную символьно-числовую структуру для моделирования дифференциально-алгебраических уравнений, которая объединяет преимущества символьного и численного подходов, а именно простоту моделирования и малое время вычислений. Во-вторых, в пакете имеются уже готовые модели генераторов и возобновляемых источников энергии, а также компоненты для разработки новых моделей.

Применение пакета ANDES рассмотрено для 140-узловой энергосистемы NPCC. Была подготовлена база данных для задачи определения топологии электрической сети при отключении и включении одной из линий, включающей в себя векторные измерения напряжения и тока в переходном режиме. Расчет необходимых для задачи определения топологии сети параметров, которых нет в выходном расчетном файле ANDES, в частности, модулей и фаз токов, показал высокую точность расчета этих параметров при использовании входных и выходных данных тестовой схемы. Следовательно, можно с уверенностью сказать, что пакет ANDES может применяться для решения любых задач, в которых в качестве входных данных используются измерения от УСВИ.

## Библиографический список

1. Cui, H. Hybrid Symbolic–Numeric Framework for Power System Modeling and Analysis / H. Cui, F. Li, K. Tomsovic // ar Xiv:2002.09455v2 [eess.SY]. – 2020.– 12 Aug 2020. – P. 1–13.
2. ANDES. Python software for symbolic power system modeling and numerical analysis. – URL: <https://docs.andes.app/en/stable/index.html> (дата обращения 2022–02–17)
3. Lei, Y. A Study on Wind Frequency Control under High Wind Penetration on an NPCC System Model / Y. Lei, Y. Liu, G. Kou. – URL: <https://yandex.ru/search/?clid=2261484&text=A+Study+on+Wind+Frequency+Control+under+High+Wind+Penetration+on+an+NPCC+System+Model+Yin+Lei1%2C+Yong+Liu1%2C+Geifei+Kou1%2C&lr=19> (дата обращения 2022–02–17)
4. Northeast Power Coordinating Council. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Northeast\\_Power\\_Coordinating\\_Council](https://en.wikipedia.org/wiki/Northeast_Power_Coordinating_Council) (дата обращения 2022–02–17)
5. Хохлов, М. В. Унифицированный подход к оптимизации размещения РМУ в сети для обеспечения надежности наблюдаемости ЭЭС / М. В. Хохлов, И.И. Голуб // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 65. Надежность либерализованных систем энергетики / Отв. ред. Н.И. Воропай, А.Н. Назарычев. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. – 2015. – С. 591–601.

*В статье рассмотрена возможность кулонометрического определения содержания лигнина в небеленой лиственной сульфатной целлюлозе жесткостью 16 единиц Каппа, отобранной после варки с производственного потока АО «Монди СЛПК». Проведена оценка воспроизводимости результатов определения хлорного числа целлюлозы, линейно зависящего от содержания в ней остаточного лигнина.*

**Ключевые слова:** остаточный лигнин, лиственная сульфатная целлюлоза, электролиз, кулонометрия, сила тока, время, хлорное число, соляная кислота прессованные поддоны, пеллеты, твердотопливный водогрейный котел, теплоснабжение, инвестиции, экономия

**В. А. Дёмин,**  
доктор химических наук, старший научный сотрудник;  
**А. А. Размыслова,**  
2 курс, направление подготовки «Химическая технология»  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **КУЛОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЛИГНИНА В СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЕ**

Лигнин — это сложный ароматический природный полимер, который входит в состав наземных растительных организмов. Содержание лигнина — один из важнейших показателей качества технических целлюлоз. В зависимости от содержания лигнина целлюлоза по-разному ведет себя при дальнейшей обработке, например, при отбелке, облагораживании и химической переработке. Лигнин влияет на способность целлюлозы к гидратации и отрицательно сказывается на скорости размола волокна, а также на физические свойства бумаги, полученной из этой целлюлозы.

Все методы определения лигнина в лигноцеллюлозных материалах можно разделить на прямые и косвенные. Прямые методы определения лигнина основаны на гидролизе углеводной части концентрированными кислотами, выделении и определении массы лигнина [1]. Большинство косвенных методов определения содержания лигнина в целлюлозе основаны на способности лигнина окисляться. По этой способности судят о степени провара (жесткости) целлюлозы, пересчитывая ее в содержание лигнина. Ряд лет назад был предложен метод кулонометрического определения лигнина по хлорному числу целлюлозы, однако в то время материальная база, использованная авторами, не позволила осуществить компьютерный контроль процесса, так как персональных компьютеров (ПК) тогда здесь не было. Вместе с тем электрохимический метод позволяет получать весьма точные данные или, при некоторой допустимой погрешности, провести экспресс-анализ при минимальном наборе химикатов.

К сожалению, прямые методы определения лигнина пригодны не для всех целлюлоз. Этими методами, например, невозможно точно определить остаточное содержание лигнина в беленых целлюлозах и в целлюлозах для химической переработки, так как в этих целлюлозах содержание лигнина незначительное. Кроме того, гидролитические методы определения лигнина очень длительны и



трудоемки и в производственном контроле они применяются редко, а о количестве остаточного лигнина в целлюлозе судят косвенно по степени провара или легкости отбелки целлюлозы.

Косвенные методы определения лигнина в целлюлозе основаны на способности лигнина легко окисляться при действии различных окислителей и устойчивости целлюлозы к действию реагентов, окисляющих лигнин. По расходу окислителя судят о степени провара (жесткости) целлюлозы. Применяя факторы пересчета можно перевести число жесткости на содержание остаточного лигнина в целлюлозе. Однако пользоваться ими следует с большой осторожностью, так как в каждом методе существует определенный предел, при котором нарушается прямолинейная зависимость между содержанием остаточного лигнина в целлюлозе и степенью провара. Фактор пересчета будет иметь различную величину в зависимости от метода определения жесткости целлюлозы [1, 2].

Кроме указанных выше косвенных методов определения остаточного лигнина в целлюлозах, в практике применяются фоториметрические методы, особенно для беленых целлюлоз, где обычные прямые методы, как правило, дают ошибочные результаты [3—5]. Однако эти методы менее точны, чем методы определения лигнина по степени провара.

В последнее время все большее внимание уделяют спектроскопическим методам определения лигнина, позволяющим определять малые количества лигнина по ультрафиолетовым спектрам поглощения. Этот метод особенно ценен для беленых целлюлоз [3, 4].

Данная работа посвящена разработке автоматизированного метода определения лигнина. Для определения лигнина использовали метод гальваностатической кулонометрии с индикацией точки эквивалентности по величине окислительно-восстановительного потенциала (ОВП).

Данный способ определения содержания лигнина в лигноцеллюлозном материале был предложен в 1986 г. [6].

Способ осуществляют следующим образом. Навеску лигноцеллюлозного материала (целлюлоза высокого выхода, сульфатная целлюлоза, термомеханическая, древесина) помещают в емкость и обрабатывают 0,1—0,5 н раствором гидроксида натрия в течение 5—15 минут при перемешивании. Затем осуществляют электрохимическое хлорирование в бездиафрагменном электролизере при удельной силе тока 0,08—1,25 А/г и концентрации раствора соляной кислоты 1—2 н. В процессе хлорирования непрерывно измеряют окислительно-восстановительный потенциал и при достижении его максимального значения определяют хлорное число, по которому вычисляют содержание лигнина в лигноцеллюлозном материале. Способ был реализован на основе аналогового оборудования и приборов в исследовательской практике для определения содержания лигнина в древесине (древесной муке), порошковых продуктах деструкции целлюлозных материалов, остаточного лигнина — в сульфатной целлюлозе. Современные цифровые методы измерения позволяют придать новый импульс развитию кулонометрии.

Цель данной работы заключается в оценке воспроизводимости определения хлорного числа лиственной сульфатной целлюлозы методом кулонометрии в 0,5 н растворе HCl.

Потенциометрические измерения осуществляли с помощью прибора Мультитест ИПЛ-103, оснащенного комбинированным электродом типа ЭСК-10601/7 и подключенного к персональному компьютеру. Данные измерений записывались при помощи программного обеспечения поставляемого с прибором. Программа «виртуального иономера» позволяет контролировать и вносить в память ПК ход измерения ОВП и результаты (время, температуру, значения потенциала) анализа, представляющего собой электролиз суспензии лигноцеллюлозного материала в растворе соляной кислоты определенной концентрации. Применение 0,5 н раствора соляной кислоты в качестве электролита для кулонометрии представляет интерес для определения нижней возможной концентрации кислоты и определенную сложность для получения воспроизводимого результата, поскольку ниже этой концентрации резко снижается выход активного хлора по току.

**Объект исследования.** Лиственная сульфатная целлюлоза с АО «Монди Сыктывкарский ЛПК», отобранная после варки (до кислородной делигнификации). Подготовка целлюлозы включала дополнительную промывку дистиллированной водой.

После дополнительной промывки и фотометрического определения лигнина было установлено, что его содержание составляет 2,0 %. Постоянными были следующие условия: сила тока бездиафрагменного электролиза  $I = 50,5$  мА; концентрация электролита — соляной кислоты — 0,5 М HCl. Объем кислоты равен 100 мл. Условия опытов представлены в таблице.

Условия опытов и результаты определения  $\tau_x$

| Номер опыта | g, г  | $\tau$ , с | $\tau_x/g$ (с/г) | Примечания |
|-------------|-------|------------|------------------|------------|
| 1           | 0,508 | 585        | 1152             | —          |
| 2           | 0,501 | 555        | 1108             | —          |
| 3           | 0,516 | 496        | 961*             | «костра»   |
| 4           | 0,502 | 590        | 1175             | —          |
| 5           | 0,316 | 369        | 1168             | —          |

\*) «костра» — плохо проваренные волокна целлюлозы

Расчет содержания лигнина (% поглощенного хлора) проводят по формуле:

$$X = \frac{1,32 \cdot K \cdot \tau \cdot 100 \cdot I}{g \cdot K_c \cdot 60},$$

где 1,32 — количество хлора, выделяющегося на 1 А · ч/г;  $K$  — коэффициент выхода хлора по току (0,95 — в 0,5 М HCl);  $I$  — сила тока, А;  $\tau$  — время электрохимического хлорирования (до  $\varphi = +700 \div 900$  мВ), мин;  $g$  — навеска исследуемого лигноцеллюлозного материала, г;  $K_c$  — константа сухости целлюлозного материала; 60 — коэффициент пересчета времени (мин/ч);  $X$  — хлорное число, равное проценту поглощенного хлора за время определения (% от массы абсолютно сухого целлюлозного материала).

Отношение величин  $\tau_x/g$  косвенно характеризует удельный расход количества электричества (уменьшенный на силу тока), необходимого для достижения точки эквивалентности. Отбросив результат опыта 3, как выпадающий из-за неравномерности провара целлюлозы (отобрана с производства до очистки и сортирования), проводим статистическую обработку и получаем среднее значение  $\tau_x/g = 1151 \pm 30$ . Среднее отклонение составляет 2,6 %, т. е. находится в пределах допустимых при объемных методах анализа.

Среднее значение хлорного числа 2,13 %. Отношение хлорного числа к массе лигнина  $2,13/2 \cong 1,065$ , что близко к определению хлорного числа сульфатной целлюлозы химическим методом [1].

#### **Выводы:**

1. Отработана методика кулонометрического определения остаточного лигнина в 0,3—0,5 %-й суспензии небеленой лиственной сульфатной целлюлозы, содержащей около 2,0 % остаточного лигнина, в 0,5 н растворе соляной кислоты при удельной силе тока  $\approx 0,10—0,17$  А/г (целлюлозы), при температуре 25 °С.

2. Проведена статистическая обработка результатов и рассчитаны значения хлорного числа целлюлозы. Погрешность определения  $\pm 2,6$  % (в разных сериях опытов) может быть связано с неоднородностью промышленного образца и непроваром.

#### **Библиографический список**

1. Оболенская А. В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А. В. Оболенская, З. П. Ельницкая, А. А. Леонович. — Москва : Экология, 1991. — 320 с.
2. Хабаров Ю. Г. Методы определения лигнинов / Ю. Г. Хабаров // Известия вузов. Лесной журнал. — 2004. — № 3. — С. 86—102.
3. Базарнова Н. Г. Химия древесины и ее основных компонентов / Н. Г. Базарнова. — Барнаул : Изд-во Алтайского государственного университета, 2002. — 50 с.
4. Власова Т. Е., Определение содержания лигнина в целлюлозе фотометрическими методами / Т. Е. Власова, А. Д. Нехайчук // Целлюлоза, бумага и картон. — 1974. — Вып. 9. — С. 9.
5. Удоратина Е. В. Сравнение методов фотометрического и перманганатометрического определения содержания лигнина в лиственной сульфатной целлюлозе / Е. В. Удоратина, Т. П. Щербакова, В. А. Дёмин // Труды Сыктывкарского лесного института. Т. 3. — Сыктывкар : СЛИ, 2002. — С. 207—209.
6. Авторское свидетельство на изобретение № 1366570 СССР, МКИ4 D21C 9/12, 3/18; G01N 27/46. Способ определения содержания лигнина в лигноцеллюлозном материале / В. А. Дёмин, А. П. Карманов, Е. У. Ипатова, В. Н. Сюткин // Открытия. Изобретения. — 1988. — № 2. — С. 104.

*Получены углеродные квантовые точки (УКТ) из двух типов нанокристаллов целлюлозы методом гидротермального синтеза. Продукты были охарактеризованы с помощью УФ-видимой, ИК и флуоресцентной спектроскопии. Было обнаружено, что оба типа УКТ демонстрируют синее излучение при воздействии ультрафиолетового излучения, что свидетельствует о наличии сопряженных связей, необходимых для проявления свойств флуоресценции. УКТ содержат гидрофильные группы, что объясняет их хорошую растворимость в воде. Также показано необычное для УКТ поведение в спектрах излучения, не зависящее от длины волны возбуждения.*

**Ключевые слова:** углеродные квантовые точки, нанокристаллическая целлюлоза

**Ю. И. Друзь,**

младший научный сотрудник лаборатории ультрадисперсных систем  
(Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН);

**М. А. Торлопов,**

кандидат химических наук, старший научный сотрудник  
лаборатории химии растительных полимеров  
(Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН);

**О. Г. Шевченко,**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник  
(Институт биологии Коми ФИЦ Коми НЦ УрО РАН);

**П. А. Ситников,**

кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник  
лаборатории ультрадисперсных систем  
(Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

## **УГЛЕРОДНЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ ИЗ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

### **Введение**

Углеродные квантовые точки (УКТ) являются углеродными наночастицами с характерными размерами в диапазоне от 1 до 10 нм с различными формами пассивации поверхности. Широкий спектр прекурсоров для получения квантовых точек, простота синтеза, экологичность делают данный материал весьма перспективным для применения в качестве флуоресцентных зондов для биологической визуализации клеток, перспективных веществ для адресной доставки лекарств и генов, в сельском хозяйстве и экологии в качестве флуоресцентных датчиков для обнаружения промышленных отходов (например, тяжелых металлов, пестицидов и др.); также они обладают антиоксидантной и антибактериальной активностью [1].

Основной научной проблемой в области УКТ являются механизмы и структурные взаимосвязи, которые лежат в основе их наиболее интересного свойства — фотолюминесценции. Известно, что разнообразные свойства УКТ можно регулировать типом и количеством функциональных групп на их поверхности. Для получения УКТ ранее применяли сульфатированную НКЦ [2,

3]. Использование нанокристаллической целлюлозы (НКЦ) с химической модификацией поверхности в качестве источника углерода является перспективным способом получения УКТ. Модификация поверхности наноцеллюлозы как прекурсора интересна с точки зрения смещения области излучения в сторону красного спектра, что дает перспективу использования УКТ в биомедицине.

Цель работы заключается в возможности использования нанокристаллической целлюлозы с поверхностью, близкой к природной целлюлозе, для получения УКТ.

### **Материалы и методы**

Сульфатированную НКЦ (sCNC) получали кислотным гидролизом микрокристаллической целлюлозы согласно методике, описанной Болук с соавторами [4]. Кратко: 10,0 г МКЦ гидролизовали в растворе 64 % серной кислоты при 50°C в течение 40 мин. Затем реакционную смесь разбавляли водой, дисперсию полисахаридов отделяли центрифугированием, нейтрализовали NaOH и затем очищали диализом. Частицы с составом поверхности, близким к природной целлюлозе (natCNC), получали методом контролируемого сольволиза целлюлозы в уксусно-фосфовольфрамовой кислоте с одновременным ацилированием поверхности [5].

Для синтеза углеродных квантовых точек суспензии НКЦ с массовой долей 1,5 % добавляли в тефлоновый вкладыш автоклава из нержавеющей стали, объем заполнения 80 %, затем помещали в муфельную печь при 200 °C на 5 ч. После обработки в печи продукт остывал в естественных условиях до комнатной температуры, после чего был центрифугирован дважды при 12000 об./мин в течение 20 мин для удаления твердых частиц. Надосадочную жидкость отбিরали и хранили при температуре 4 °C для дальнейшего использования.

Спектры поглощения получены на спектрофотометре Solar PB2201 в диапазоне длин волн 200—700 нм в кварцевой кювете с длиной оптического пути 1 см при комнатной температуре.

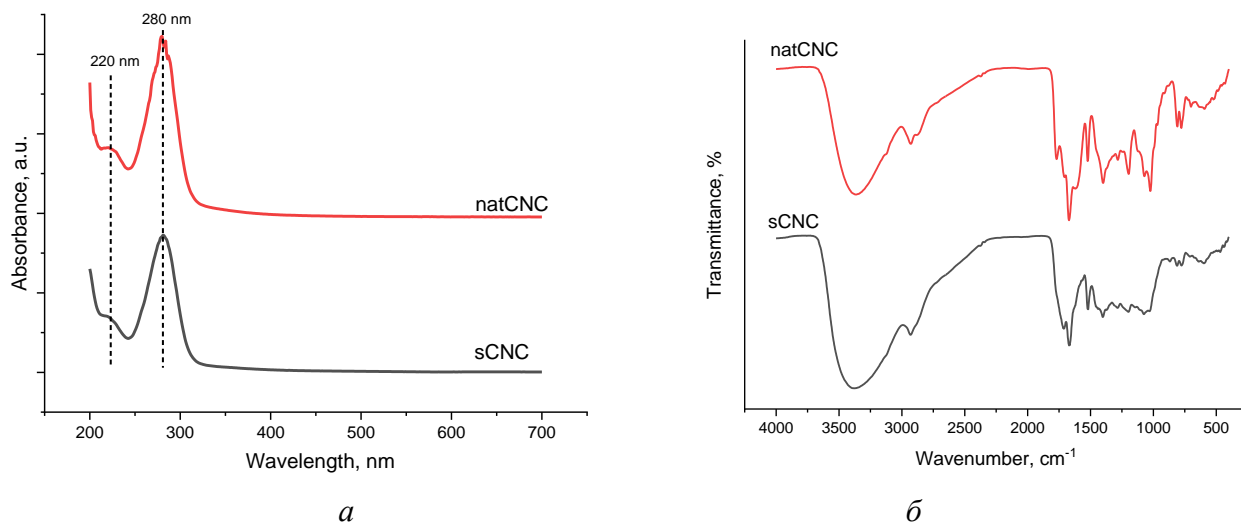
ИК-спектры получали на ИК-Фурье-спектрометре Prestige 21 (Shimadzu, Япония) в диапазоне частот 4000—400 см<sup>-1</sup>.

Спектры флуоресценции получены на флуоресцентном спектрофотометре «Флюорат-02 Панорама» (Россия).

### **Обсуждение результатов**

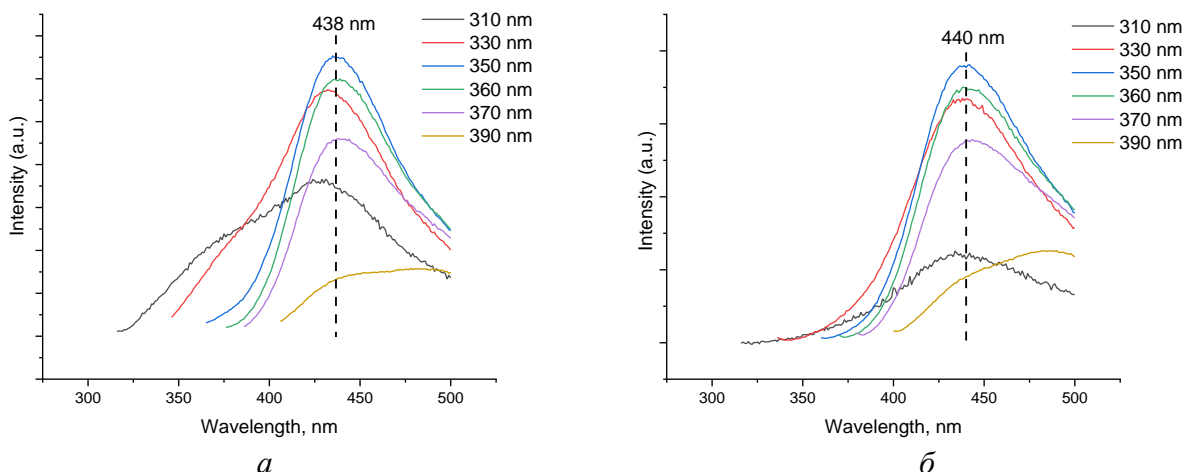
Для исследования оптического поведения УКТ была проведена УФ-видимая спектроскопия образцов. Оптические спектры УКТ представлены на рис. 1а. Поглощение в УФ-видимой области раствора УКТ показало пики поглощения в диапазоне 220—300 нм, что говорит о наличии  $\pi$ — $\pi^*$  переходов связей C=C, свидетельствующих о наличии сопряженных связей, необходимых для проявления свойств флуоресценции. Это согласуется с другими работами, где источником получения УКТ являлись целлюлозные материалы [6].

В ИК-спектрах (рис. 1б) всех полученных углеродных материалов наблюдаются полосы поглощения связей C—O и O—H, C=O, C=C. УКТ содержат гидрофильные группы, что объясняет их хорошую растворимость в воде. Это согласуется с другими исследованиями, где для получения УКТ из целлюлозы использовали гидротермальный синтез [7].



**Рис. 1.** Спектры УКТ:  
*a* — УФ-видимые спектры, *б* — ИК-спектры

Спектры флуоресценции представлены на рис. 2. Основным отличием УКТ является то, что их золи демонстрируют свойства излучения, зависящие от длины волны возбуждения [6,8]. В нашем случае такой зависимости не наблюдается, спектры излучения всех образцов при изменении длины волны возбуждения от 310 до 390 нм имеют пик, приходящийся на 440 нм. Но такие данные также встречаются в литературе [9,10], это объясняется равномерным распределением частиц по размерам или тем, что геометрии молекул близки в основном и возбужденном состояниях.



**Рис. 2.** Спектры флуоресценции УКТ при различных длинах волн возбуждения в диапазоне от 310 до 390 нм:  
*a* — sCNC; *б* — natCNC

### Выводы

В результате исследования была показана возможность получения УКТ из нанокристаллов целлюлозы. Полученные УКТ обладают поверхностью, богатой функциональными группами, что показано в ИК-спектрах. УФ-видимая спектроскопия также показала наличие сопряженных связей, необходимых для проявления свойств флуоресценции. Спектры эмиссии при различных длинах волн возбуждения показали проявление пика при 440 нм независимо от длины волны возбуждения.

Нанокристаллическая целлюлоза является распространенным источником углерода, также ее состав изучен достаточно хорошо, чтобы предположить способы ее трансформации в процессе получения УКТ. Такая возможность даст право предсказать, каким образом осуществить пассивацию поверхности УКТ с помощью модификации поверхности наноцеллюлозы как прекурсора для увеличения их квантового выхода, а также для смещения эмиссии из УФ области в сторону красного спектра, что крайне важно при использовании таких веществ в биомедицине.

### **Благодарности**

Спектры флуоресценции получены с использованием ресурсов Центра коллективного пользования «Молекулярная биология» ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

### **Библиографический список**

1. Choi, Y. Bioinspired carbon dots (biodots): Emerging fluorophores with tailored multiple functionalities for biomedical, agricultural and environmental applications / Y. Choi, X. T. Zheng, Y. N. Tan // *Mol. Syst. Des. Eng. Royal Society of Chemistry*. — 2020. — Vol. 5, № 1. — P. 67—90.
2. Cellulose nanocrystals: A versatile precursor for the preparation of different carbon structures and luminescent carbon dots / D. R. da S. Souza [et al.] // *Ind. Crops Prod. Elsevier B. V.* — 2016. — Vol. 93. — P. 121—128.
3. One-step hydrothermal synthesis of fluorescent nanocrystalline cellulose/carbon dot hydrogels / W. Li [et al.] // *Carbohydr. Polym. Elsevier Ltd.* — 2017. — Vol. 175. — P. 7—17.
4. Suspension viscosities and shape parameter of cellulose nanocrystals (CNC) / Y. Boluk, [et al.] // *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp. Elsevier B.V.* — 2011. — Vol. 377, № 1—3. — P. 297—303.
5. Cellulose nanocrystals prepared in H3PW12O40-acetic acid system / M. A. Torlopov [et al.] // *Cellulose*. — 2017. — Vol. 24, № 5. — P. 2153—2162.
6. Luminescent carbon dots obtained from cellulose / D. R. da S. Souza [et al.] // *Mater. Chem. Phys.* — 2018. — Vol. 203. — P. 148—155.
7. Hill, S. Fluorescent carbon dots from mono- and polysaccharides: Synthesis, properties and applications / S. Hill, M. C. Galan // *Beilstein J. Org. Chem.* — 2017. — Vol. 13. — P. 675—693.
8. Preparation of carbon dots from waste cellulose diacetate as a sensor for tetracycline detection and fluorescence ink / Z. Zhao [et al.] // *Int. J. Biol. Macromol. Elsevier B. V.* — 2020. — Vol. 164. — P. 4289—4298.
9. Graphene quantum dots for cancer targeted drug delivery / D. Iannazzo [et al.] // *Int. J. Pharm.* — 2017. — Vol. 518, № 1. — P. 185—192.
10. Carbon Dots for Single-Molecule Imaging of the Nucleolus / S. Khan [et al.] // *ACS Appl. Nano Mater. American Chemical Society*. — 2018. — Vol. 1, № 2. — P. 483—487.

*Рассмотрена модель поддержки жизненного цикла программ, используемых при отводе и таксации лесосек. Модель включает в себя процессы инсталляции, функционирования, сопровождения и прекращения применения программных средств. Предложенная модель прошла апробацию на примере включения программы «Лесокартограф» в реестр российского программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** информационные системы, лесозаготовка, таксация

**Н. Г. Евстафьев,**  
кандидат технических наук  
(Сыктывкарский лесной институт)

**В. В. Королев,**  
(ООО «Клариго»)

**С. А. Артамошин,**  
кандидат физико-математических наук  
(Университет Массачусетса, Дортмунд, США)

## **К ВОПРОСУ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОТВОДЕ И ТАКСАЦИИ ЛЕСОСЕК**

При поставке программ обработки материалов отвода и таксации лесосек в лесничества нормативными документами Федерального агентства лесного хозяйства не предусмотрено проведения обязательной сертификация этих программ. Однако, с учетом проведения работ по импорт замещению программного обеспечения, необходимо зарегистрировать эти программы в реестре российского программного обеспечения при Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

При подаче заявления для включения сведений о программном обеспечении в единый реестр российских программ в составе требуемых документов должен быть представлен документ, содержащий описание технических процессов, обеспечивающих поддержку жизненного цикла программного обеспечения [1, с. 14]. В том числе должны быть описаны процессы устранения неисправностей, выявленных в ходе эксплуатации программного обеспечения, совершенствования программного обеспечения.

В соответствие с [1, с. 14] описание модели жизненного цикла программного обеспечения, используемого при обработке материалов отвода и таксации лесосек, должна осуществляться согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств [2].

В данной статье на основании [2, п. 2.1] предложено при описании модели жизненного цикла программ использовать способ адаптированного соответствия, который позволяет:

– во-первых, выбрать наиболее важные технические процессы жизненного цикла для программы, используемой при обработке материалов отвода и таксации лесосек;



– во-вторых, сформировать требование использования web-технологий при реализации выбранных технических процессов жизненного цикла программного обеспечения.

Рассмотрим применение адаптированного соответствия для программ, используемых при отводе и таксации лесосек, на примере программного обеспечения «Лесокартограф» [3], прошедшего государственную регистрацию программ для ЭВМ (рис. 1), при подаче заявления о его включении в реестр российского программного обеспечения.

В соответствие с рекомендациями [1, с. 14] необходимо на основе модели жизненного цикла подготовить документ «Поддержка жизненного цикла программного обеспечения "Лесокартограф"», который включается в состав документов при подаче заявления о включении программы в реестр российского программного обеспечения.

Согласно п. 2.3 [2], адаптированное соответствие позволяет выбрать технические процессы, которые существенны для рассматриваемого программного обеспечения «Лесокартограф»:

- а) инсталляция программных средств (п. 6.4.7 [2]);
- б) функционирование программных средств (п. 6.4.9 [2]);
- в) сопровождение программных средств (п. 6.4.10 [2]);
- г) прекращение применения программных средств (п. 6.4.11 [2]).

Рассмотрим реализацию выбранных технических процессов модели жизненного цикла с использованием web-технологий.

При инсталляции программного обеспечения «Лесокартограф» предусмотрена следующая последовательность действий. Пользователь заходит на сайт исполнителя <https://clarigo.ru> и отправляет заявку на установку программного обеспечения «Лесокартограф». Эта заявка попадает на e-mail правообладателя [clarigo@mail.ru](mailto:clarigo@mail.ru), который отправляет на e-mail пользователя информационное письмо. В отправляемом письме указывается ссылка для скачивания инсталлятора программного обеспечения «Лесокартограф» и пароль для регистрации программного обеспечения и загрузки информационных баз данных.

На основании полученной информации пользователь производит на своем компьютере установку и регистрацию программы, а также загрузку информационной базы данных программного обеспечения «Лесокартограф».

Далее пользователь производит в течение месяца бесплатное опробование программы посредством обработки материалов отвода и таксации лесосек. После опробования программы пользователь принимает решение о дальнейшем возмездном использовании программного обеспечения «Лесокартограф» и уведомляет об этом правообладателя, который устанавливает период доступного использования программы «Лесокартограф», после которого производятся взаиморасчеты пользователя с правообладателем в соответствии с тарифным планом, указанным на сайте <https://clarigo.ru>.

Для поддержки процесса функционирования программы пользователю используется обучающее видео, с которым можно ознакомиться по ссылке <https://www.youtube.com/watch?v=GHTHnt3W1EM>.

Также предоставляется руководство пользователя [4], которое можно использовать, переходя по ссылке <https://clarigo.ru/manual>. Иницируя указан-

ную ссылку, можно скачать и распечатать руководство пользователя в формате pdf как в высоком, так и в низком разрешении графики.

Процесс функционирования программы позволяет выявить ошибки и желательные доработки программного обеспечения «Лесокартограф». Сообщения об ошибках и необходимых доработках программы пользователь может сообщить по телефону либо отправить на почту разработчика **clarigo@mail.ru**. Пользователь также может установить связь с разработчиком непосредственно из программы, используя кнопку «Отправить сообщение», расположенную в главном окне приложения. Подробное описание последовательности действий приведено в руководстве пользователя [4, с. 15]. При этом должен быть обеспечен доступ компьютера к интернету.

Технический процесс сопровождения программного обеспечения «Лесокартограф» предполагает регулярное обновление программы. Для этого правообладатель выкладывает на сервер обновленную версию программы. В процессе работы пользователь получает уведомление о появлении обновленной версии программы, которое отображается в заголовке главного окна приложения.

Для загрузки обновления в программе предусмотрена соответствующая вкладка «Обновление», работа с которой подробно описана в руководстве пользователя [Там же, с. 22].

Технический процесс прекращения использования программного обеспечения «Лесокартограф» реализован для следующих случаев.

Если пользователь принимает решение прекратить использование программного обеспечения «Лесокартограф», то он вправе удалить программу со своего компьютера.

Если пользователь не выполняет соответствующие пункты договора публичной оферты, который выложен на странице сайта **<http://clarigo.ru/content/docs/offer.pdf>**, тогда правообладатель блокирует на своем сервере доступ пользователя к функционалу программного обеспечения «Лесокартограф» для вывода отчетов на печать, который выполняется во взаимодействии с сервером правообладателя.

Описание вышеуказанных технических процессов было включено в документ «Поддержка жизненного цикла программного обеспечения "Лесокартограф"». Данный документ был включен в состав сведений, документов и материалов при подаче заявления о включении в реестр российского программного обеспечения, которое было зарегистрировано в реестре под № 245879 от 30.09.2021.

Далее после проведенной экспертизы (рис. 2) программное обеспечение «Лесокартограф» было включено в реестр под записью № 12249 от 09.12.2021 на основании поручения Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 09.12.2021 по протоколу заседания экспертного совета от 29.11.2021 № 1515пр. С указанной записью в реестре можно ознакомиться по ссылке **<https://reestr.digital.gov.ru/request/418206/>**.

Следует отметить, что вышеуказанный перечень технических процессов поддержки жизненного цикла программного обеспечения «Лесокартограф» сформировался в процессе нескольких лет использования программы лесозаготовителями Республики Коми и других регионов Российской Федерации, перечень которых приведен в разделе «Субъекты Федерации» сайта **<https://clarigo.ru>**.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018661930

Программное обеспечение «Лесокартограф».

Правообладатель: *Общество с ограниченной ответственностью «Клариго» (RU)*

Авторы: *Королев Василий Владимирович (RU), Потапов Андрей Валентинович (RU), Евстафьев Николай Григорьевич (RU)*

Заявка № 2018618948

Дата поступления 21 августа 2018 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 21 сентября 2018 г.

Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



Рис. 1. Свидетельство о государственной регистрации программы



## МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДЕНО  
протоколом заседания  
экспертного совета  
по программному обеспечению  
при Минцифры России  
от «29» ноября 2021 г. № 1515пр

### Экспертное заключение

экспертного совета по программному обеспечению при Министерстве цифрового  
развития, связи и массовых коммуникаций  
Российской Федерации

1. Уникальный номер заявления: 245879
2. Правообладатель программы для ЭВМ или базы данных (далее - программное обеспечение): Общество с ограниченной ответственностью "Клариго"
3. Наименование программного обеспечения: Программное обеспечение "Лесокартограф"
4. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным пунктом 5 правил формирования и ведения единого российского программного обеспечения и единого реестра программного обеспечения из государств - членов Евразийского экономического союза, за исключением Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 16 ноября 2015 г. № 1236 (далее - Правила).
  - 4.1. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «а» пункта 5 Правил.
  - 4.2. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «б» пункта 5 Правил.
  - 4.3. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «в» пункта 5 Правил.
  - 4.4. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «г» пункта 5 Правил.
  - 4.5. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «д» пункта 5 Правил.
  - 4.6. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «е» пункта 5 Правил.
  - 4.7. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «ж» пункта 5 Правил.
  - 4.8. Программное обеспечение **соответствует** требованиям, установленным подпунктом «з» пункта 5 Правил.
5. Программное обеспечение **соответствует** классу (классам) программного обеспечения, указанному (указанным) в заявлении о включении сведений о программном обеспечении в реестр российского программного обеспечения.

**Рис. 2.** Экспертное заключение экспертного совета по программному обеспечению при Министерстве цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ

### Библиографический список

1. Рекомендации по работе с ИС «Реестры программ для электронных вычислительных машин и баз данных». — Москва, 2021. — URL: <https://reestr.digital.gov.ru/help/> (дата обращения: 04.12.2021).
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств : дата введения 2012-03-01 (дата обращения: 04.12.2021).
3. Королев, В. В. Программное обеспечение «Лесокартограф : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661930 : от 21 сент. 2018 г. / В. В. Королев, А. В. Потапов, Н. Г. Евстафьев.
4. Евстафьев, Н. Г. Программное обеспечение «Лесокартограф». Руководство пользователя. Версия 2.46 : метод. пособие для специалистов лесного хозяйства / Н. Г. Евстафьев, В. В. Королев. — Сыктывкар, 2021. — 448 с. — URL: <https://clarigo/manual/> (дата обращения: 04.12.2021).

*Рассмотрено применение web-технологии для реализации технической поддержки руководства пользователя программ, используемых для обработки материалов отвода и таксации лесосек. Предложенная технология апробирована на программе «Лесокартограф», включенной в реестр российского программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** информационные системы, лесозаготовка, таксация

**Н. Г. Евстафьев,**  
кандидат технических наук  
(Сыктывкарский лесной институт)

**В. В. Королев,**  
(ООО «Клариго»)

**С. А. Артамошин,**  
кандидат физико-математических наук  
(Университет Массачусетса, Дортмунд, США)

## **О ПРИМЕНЕНИИ WEB-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ РУКОВОДСТВА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПРОГРАММ ДЛЯ ОТВОДА И ТАКСАЦИИ ЛЕСОСЕК**

Для поддержки функционирования программ обработки материалов отвода и таксации лесосек необходима соответствующая техническая документация, состав которой и ее содержание определяется ГОСТ [1—4].

Однако в настоящее время в условиях рыночной экономики и с учетом существенного сокращения жизненного цикла программного обеспечения, состав технической документации ограничивается, как правило, только одним документом — руководством пользователя, в котором описываются все вопросы функционирования программного обеспечения. Другой важной особенностью является также доступность технической документации для работы с использованием современных мобильных устройств. Это требует применение web-технологии для реализации технической поддержки руководства пользователя программ.

На примере программного обеспечения «Лесокартограф» [5], написанного на языке C#, рассмотрим одну из моделей реализации web-технологии в среде программирования Visual Studio, используемой для технической поддержки руководства пользователя этого программного обеспечения [6].

Руководство пользователя на 442 страницах содержит титульный лист, оглавление, введение, 13 глав, заключение и 802 рисунка. Для создания web-приложения в среде Visual Studio создается проект Clarigo Server, в котором добавляется папка Manual. В папку Manual включается файл для титульного листа и оглавления, а также файлы для соответствующих глав руководства пользователя.

Далее, используя язык разметки, набирается содержимое соответствующих разделов руководства пользователя. При этом на странице оглавления указываются связи названий глав с соответствующими страницами, на которых размещено содержимое глав, а также связи для скачивания руководства пользова-

теля в формате .pdf с высоким и низким разрешением графического отображения рисунков, включенных в руководство пользователя.

На страницах разметки глав руководства пользователя указываются связи с рисунками скриншотов, которые хранятся в соответствующих папках. Например, для главы 1 рисунки хранятся в папке с путями доступа Clarigo Server/Image/Manual/Chapter1/.

Далее в файле Site.css описываются стили, используемые при разметке разделов руководства пользователя. Файл стилей располагается в папке с путем доступа Clarigo Server/ Content/themes/.

Учитывая ограничение на объем статьи приведем разметку только страниц оглавления, введения и установки программы. Также в данной статье не будем приводить описание файла стилей, поскольку его содержимое занимает более десятка страниц текста.

Приведем результат разметки страницы оглавления руководства пользователя.

```
@{
  ViewBag.Title = "Руководство пользователя";
  ViewBag.ShowScrollbar = "True";
}
```

```
<div class="manual">
```

```
<div id="start-page">
```

```
<div>
```

```
<a id="go-to-home" href="/">На главную</a>
```

```
<h1>Программное обеспечения "Лесокартограф"</h1>
```

```
<p>Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2018661930</p>
```

```
<h2>Руководство пользователя, версия 2.46</h2>
```

```
<div id="guide-container">
```

```

```

```
<p>Методическое пособие для специалистов лесного хозяйства</p>
```

```
</div>
```

```
@if (!Html.IsDebug())
```

```
{
```

```
@Html.Partial("_PartialCounter")
```

```
}
```

```
<div class="list-of-contents">
```

```
<ul>
```

```
<li> <a href="/Manual/Introduction">Введение</a> </li>
```

```
<li> <a href="/Manual/Chapter_1">Глава 1. Установка программы</a> </li>
```

```
<li> <a href="/Manual/Chapter_2">Глава 2. О работе с программой</a>
```

```
</li>
```





При переходе на ссылку <https://clarigo.ru/manual> на экране монитора компьютера высветится изображение страницы оглавления (рис. 1). С учетом стилей на мобильном устройстве данное изображение страницы оглавления будет подобрано под размер экрана устройства.

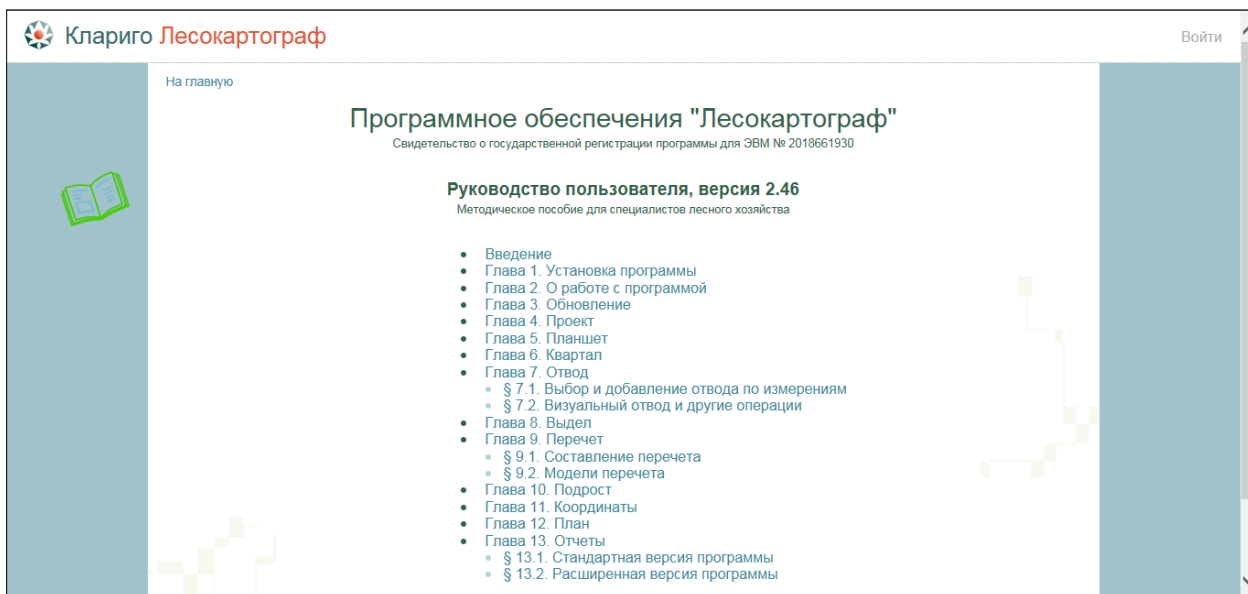


Рис. 1. Изображение начала страницы оглавления на компьютере

Используя прокрутку страницы, расположенную на правом крае экрана монитора компьютера, переместим оглавление до конца страницы (рис. 2).

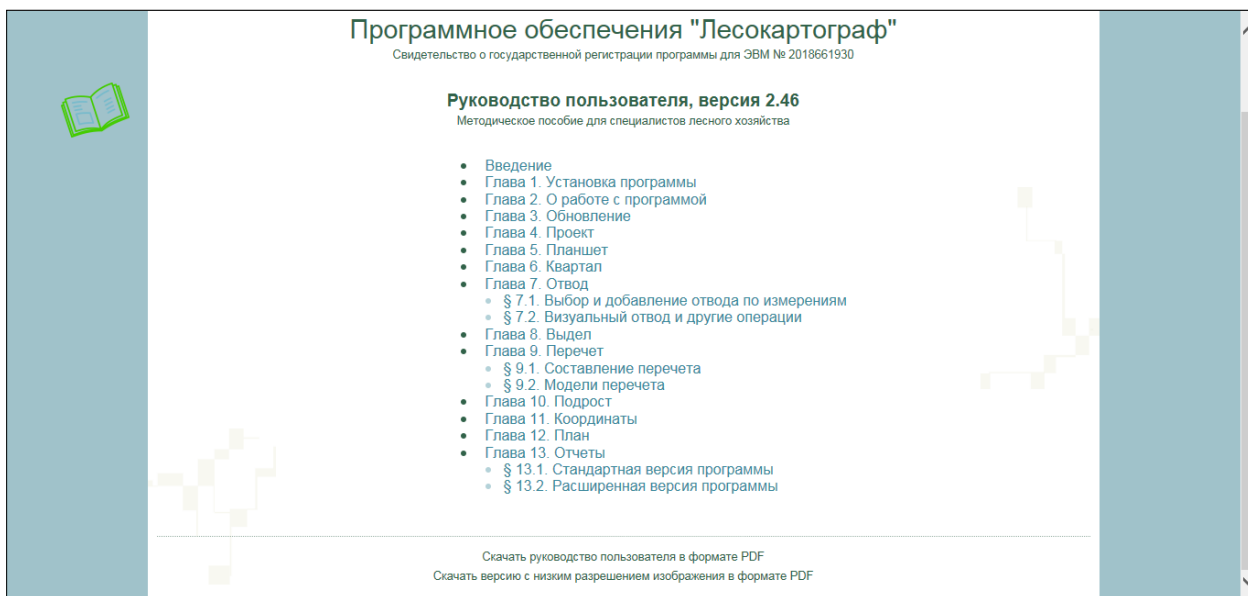


Рис. 2. Изображение конца страницы оглавления на компьютере

Разметка страницы введения руководства пользователя:

```
{
  ViewBag.Title = "Введение";
  ViewBag.ShowScrollbar = "True";
}
<div class="manual">
  <div>
    <a href="/" id="go-to-home">На главную</a>
    <div class="adjacent-chapters">
      <span>предыдущее</span>
      <a href="/Manual">оглавление</a>
      <a href="/Manual/Chapter_1">следующее</a>
    </div>
    <h1>Введение</h1>
    @if (!Html.IsDebug())
    {
      @Html.Partial("_PartialCounter")
    }
    <p class="manual-text">
```

Программное обеспечение «Лесокартограф» используется для картографирования отвода и таксации лесосек.

При отводе лесосеки приложение «Лесокартограф» предоставляет пользователю (специалисту) картографические материалы предыдущих отводов, пространственно связанных друг с другом:

```
</p>
<p class="manual-text">
```

Для таксации лесосек программы «Лесокартограф» содержит нормативную базу — сортиментные, товарные и таксовые таблицы всех лесотаксационных и таксовых районов России:

```
</p>
<p class="manual-text">
```

В программе «Лесокартограф» для лесосек разных арендаторов и договоров создаются отдельные проекты, которые формируют пользовательскую базу данных. В пользовательских базах данных хранятся первичные данные и результаты отвода и таксации лесосек, а также загружаются и хранятся лесотаксационные описания выделов:

```
</p>
<p class="manual-text">
```

Для картографирования отвода и таксации лесосек программа позволяет выбрать и загрузить сканы квартальных планшетов. Для работы с планшетами используется инструментарий — поворот изображения, улучшения вида планшета, исправления размеров сканов планшетов, изменение порядка слоев и прозрачности изображений, удаление планшетов:

</p>  
<p class="manual-text">

На основе сканов квартальных планшетов пользователь выбирает и создает квартал, для которого определяет участковое лесничество и разряд такс. Для работы с кварталами предоставляется инструментарий — добавление вершин квартала, редактирование вершин, отсечение изображения планшета по границам квартала, поворот квартала, поиск квартала, удаление квартала:

</p>  
<p class="manual-text">

Для определения отвода в квартале и работы с отводом пользователь использует инструменты — выбор отвода, добавление отвода по измерениям, визуальный отвод, совмещение отвода с кварталом, редактирование вершин, создание копии отвода, создание лесосеки, определение области печати, удаление отвода:

</p>  
<p class="manual-text">

Программа «Лесокартограф» в пределах отвода определяет выдела, для работы с которыми имеется инструментарий — выбор выдела, добавление границ выдела, редактирование вершин, перестроение выделов, удаление выделов:

</p>  
<p class="manual-text">

Для выделов пользователь формирует перечетные ведомости, составляя ведомости на основе данных натуральных измерений, либо моделируя ведомости на основе лесотаксационного описания выдела с учетом удельного запаса пород или густоты древостоя. Перечетные ведомости можно сформировать для всех способов таксации — сплошной и ленточный пересчет, круговые площадки постоянного радиуса, реласкопические площадки. Пользователь составляет бланки биотопов выделов, формирует ведомости подроста — составляет по данным натуральных измерений либо моделирует на основе лесотаксационного описания выдела:

</p>  
<p class="manual-text">

Программа предоставляет пользователю инструментарий для ввода и редактирования координат отвода, визуального выставления координат, изменения координат при совмещении границ отвода с кварталом и произвольном повороте отвода. А также инструмент коррекции положения квартала относительно другого квартала и добавление отвода по координатам:

</p>  
<p class="manual-text">

Для составления ситуационного плана лесосеки пользователь использует инструментарий для отображения особенностей деланки:

- гидрология (ручей или временный водоток), рельеф (уклон рельефа, небольшой склон рельефа, карстовая воронка, овраг, низина),
- особенности древостоя (ветровал и бурелом, крупный валеж, сухостой, остолопы, вырубка, многовершинные деревья), единичные деревья (единично стоящая сосна, единично стоящая осина, единично стоящий кедр), линейные объекты (лесная дорога, линия электропередач):

</p>  
<p class="manual-text">

На ситуационном плане пользователь определяет области заливки линиями и примечания, поворачивает элементы плана, отображает планшет, определяет область печати, удаляет объекты плана:

</p>  
<p class="manual-text">

В программе «Лесокартограф» составляется исчерпывающий перечень отчетов по отводу и таксации лесосек в соответствии с нормативными материалами Российской Федерации. Пользователю предоставлен инструментарий для создания, просмотра, редактирования, печати, локального сохранения, закрытия и удаления отчетов. При просмотре отчетов предоставляются опции для пролистывания отчетов вперед и назад, а также для уменьшения, увеличения и масштабирования изображений отчетов:

</p>  
<p class="manual-text">

Для расширенной версии программы «Лесокартограф+» предусмотрена возможность составления лесных деклараций:

</p>  
<p class="manual-text">

Программа имеет клиент-серверную архитектуру, что позволяет поддерживать работу одновременно на двух компьютерах — один в офисе, а другой в лесу. При этом общая база данных расположена на сервере. Программа позволяет через Интернет передать данные на сервер, обновлять сортиментные, товарные, таксовые таблицы, моделировать распределения деревьев и подроста перечетных ведомостей, создавать резервные копии базы картографических материалов пользователя:

```
</p>
<p class="manual-text">
```

Минимальные системные требования для работы программы «Лесокартограф»: операционная система — Windows 7; оперативная память — 2Gb; процессор — 1,8GHz; видеокарта — 256Mb VRAM; свободное место на жестком диске — 2Gb:

```
</p>
<p class="manual-text">
```

Рекомендуемые системные требования для работы программы «Лесокартограф»: операционная система — Windows 7 и выше; оперативная память — 6Gb и выше; процессор — 2GHz и выше; видеокарта — 1,5Gb VRAM и выше; свободное место на жестком диске — 4Gb и выше:

```
</p>
<p class="manual-text">
```

Использование программы «Лесокартограф» позволяет снизить себестоимость и сократить время отвода и таксации лесосек:

```
</p>
<hr class="header-line">
<div class="manual-footer">
<span>предыдущее</span>
<a href="/Manual">оглавление</a>
<a href="/Manual/Chapter_1">следующее</a>
</div>
</div>
</div>
```

```
@if (!Html.IsDebug())
{
  @Html.Partial("_PartialCounter")
}
```

При щелчке левой кнопкой мыши по строке «Введение» на странице оглавления на экране монитора компьютера высветиться изображение страницы введения (рис. 3). На мобильном устройстве данное изображение страницы введения будет подобрано под размер экрана устройства.

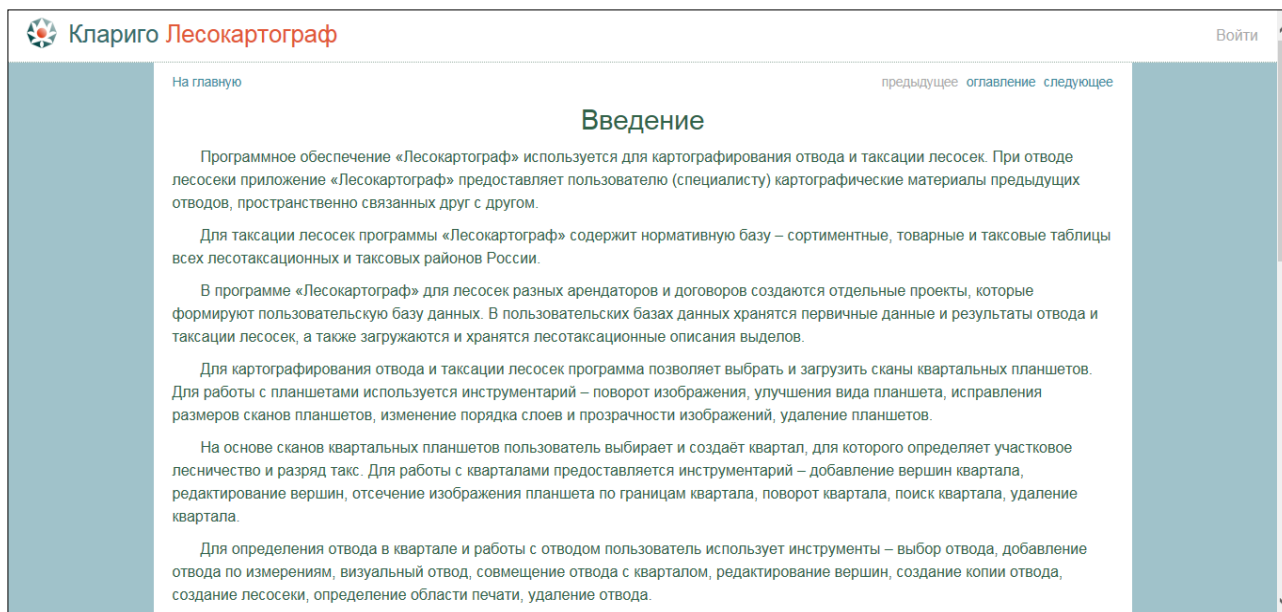


Рис. 3. Изображение начала страницы введение на компьютере

Используя прокрутку страницы, расположенную на правом крае экрана монитора компьютера, можно перемещаться по странице введения и знакомиться с ее содержанием. Переместим содержимое введения до конца страницы (рис. 4). На экране компьютера высветиться следующее изображение страницы введения. С учетом стилей на мобильном устройстве данное изображение страницы введения будет подобрано под размер экрана устройства.

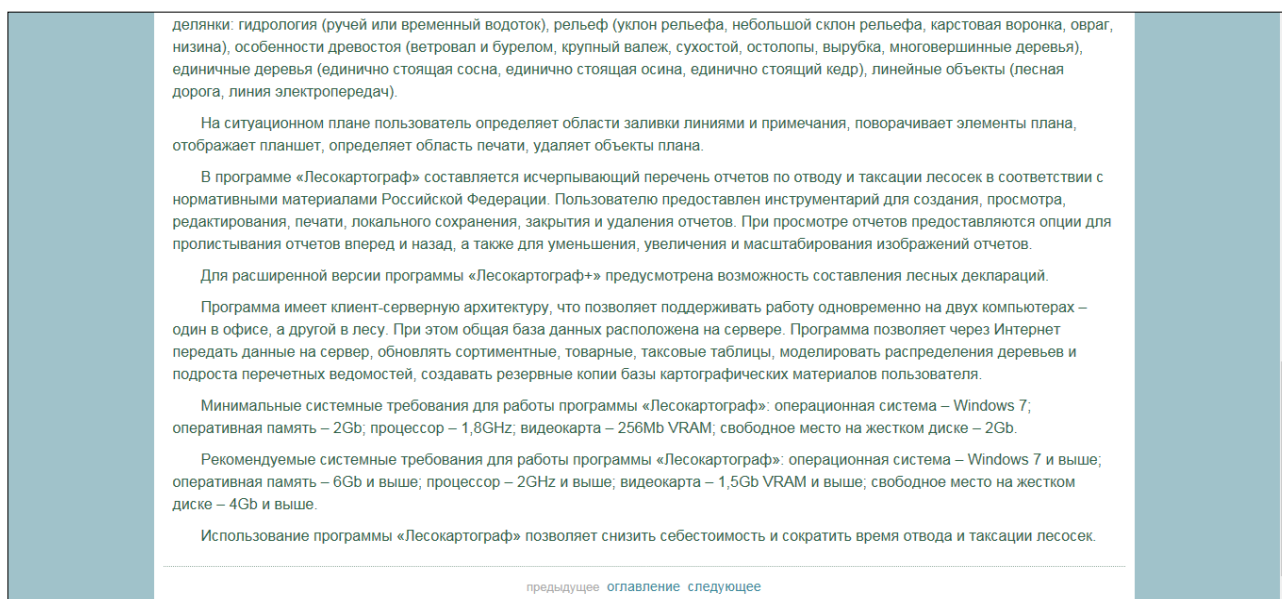


Рис. 4. Изображение конца страницы введение на компьютере

Разметка страницы установка программы руководства пользователя.

```
@{
  ViewBag.Title = "Глава 1. Установка программы";
  ViewBag.ShowScrollbar = "True";
}
```

```
<div class="manual">
```

```
<div id="install-page">
```

```
<a href="/" id="go-to-home">На главную</a>
```

```
<div class="adjacent-chapters">
```

```
<a href="/Manual/Introduction">предыдущее</a>
```

```
<a href="/Manual">оглавление</a>
```

```
<a href="/Manual/Chapter_2">следующее</a>
```

```
</div>
```

```
<h1>Глава 1. Установка программы</h1>
```

```
@if (!Html.IsDebug())
```

```
{
```

```
@Html.Partial("_PartialCounter")
```

```
}
```

```
<p>Для установки программы запустите инсталлятор. В окне приветствия инсталлятора нажмите на кнопку «Далее».</p>
```

```
<div class="screenshot">
```

```

```

```
<div><span>Рисунок 1.1.</span>Окно приветствия инсталлятора.</div>
```

```
</div>
```

```
<p>В окне установки нажмите на кнопку «Далее».</p>
```

```
<div class="screenshot">
```

```

```

```
<div><span>Рисунок 1.2.</span>Окно выбора компонентов программы.</div>
```

```
</div>
```

```
<p>Нажмите на кнопку «Далее», чтобы появилось окно выбора папки установки программы.</p>
```

```
<div class="screenshot">
```

```

```

```
<div><span>Рисунок 1.3.</span>Окно выбора папки установки.</div>
</div>
```

```
<p>Нажмите на кнопку «Далее» для выбора папки размещения ярлы-
ка.</p>
```

```
<div class="screenshot">

<div><span>Рисунок 1.4.</span>Окно выбора папки в меню «Пуск».</div>
</div>
```

```
<p>Нажмите на кнопку «Установить» для запуска установки програм-
мы.</p>
```

```
<div class="screenshot">

<div><span>Рисунок 1.5.</span>Окно процесса установки.</div>
</div>
```

```
<p>Дождитесь завершения установки и нажмите на кнопку «Далее», а за-
тем кнопку «Готово» для завершения установки приложения.</p>
```

```
<div class="screenshot">

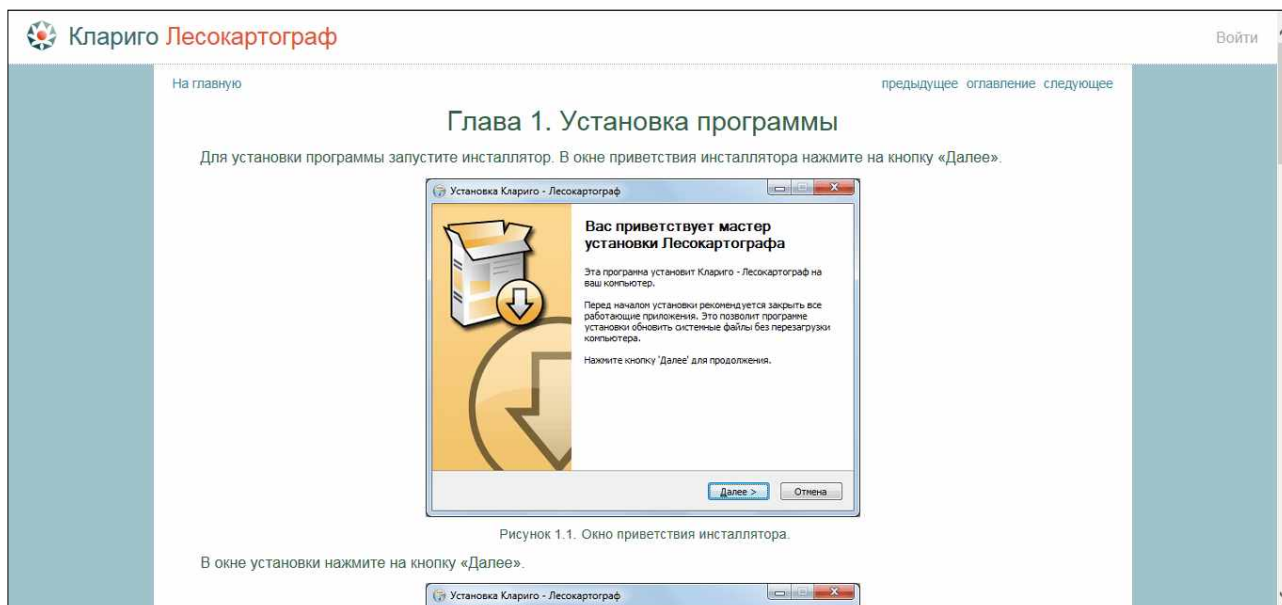
<div><span>Рисунок 1.6.</span>Окно завершения работы установки.</div>
</div>
```

```
<hr class="header-line">
<div class="manual-footer">
<a href="/Manual/Introduction">предыдущее</a>
<a href="/Manual">оглавление</a>
<a href="/Manual/Chapter_2">следующее</a>
</div>
</div>
</div>
```

```
@if (!Html.IsDebug())
{
  @Html.Partial("_PartialCounter")
}
```

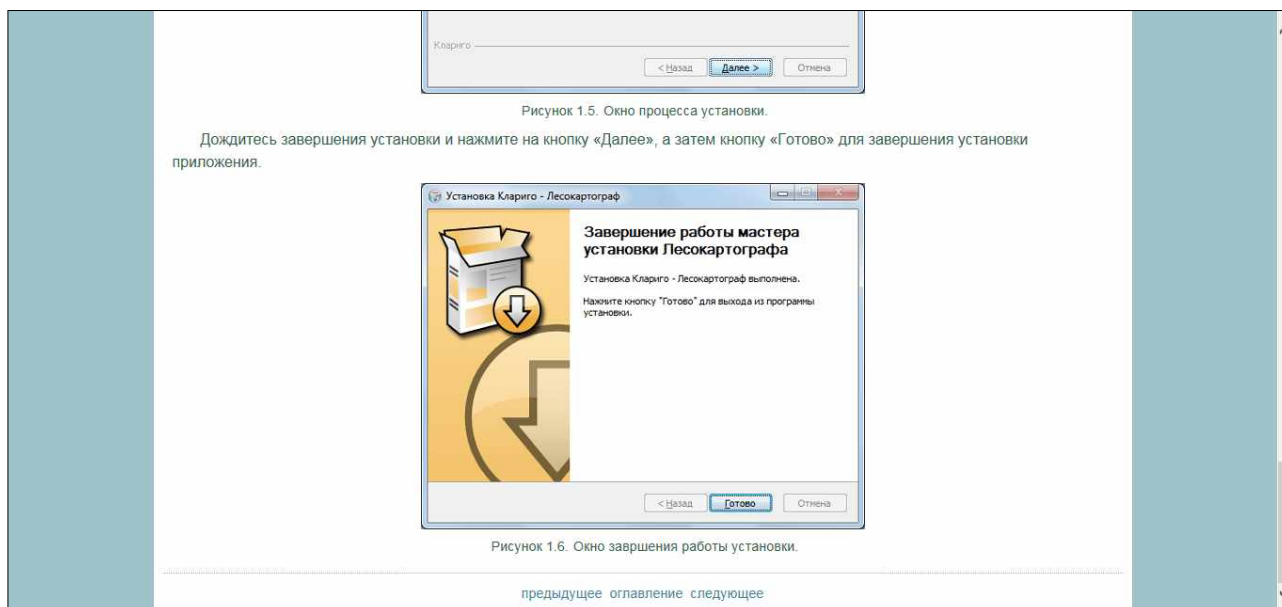
При щелчке левой кнопкой мыши по строке «Установка программы» на странице оглавления либо по кнопке «Следующее» на нижнем или верхнем колонтитуле страницы «Введение» на экране монитора компьютера высветится изображение страницы установка программы. С учетом стилей на мобильном устройстве данное изображение страницы установка программы будет подобрано под размер экрана устройства (рис. 5).





**Рис. 5.** Изображение начала страницы установка программы на компьютере

Используя прокрутку страницы, расположенную на правом крае экрана монитора компьютера, можно перемещаться по странице установка программы и знакомиться с ее содержанием. Переместим содержимое установка программы до конца страницы (рис. 6). На экране высветиться нижеследующее изображение. С учетом стилей для мобильного устройства изображение страницы будет подобрано под размер его экрана.



**Рис. 6.** Изображение конца страницы установка программы на компьютере

В заключение следует отметить, что предложенная технология технической поддержки руководства пользователя программного обеспечения «Лесокартограф», используемого для обработки материалов отвода и таксации лесосек, прошла экспертизу при включении программы «Лесокартограф» в реестр российского программного обеспечения (протокол заседания экспертного сове-

та от 29.11.2021 № 1515пр Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации). С записью № 12249 от 09.12.2021 о включении программного обеспечения «Лесокартограф» в реестр можно ознакомиться по ссылке <https://reestr.digital.gov.ru/request/418206/>.

#### **Библиографический список**

1. ГОСТ 19.503-79 Единая система программной документации. Руководство системного программиста. Требования к содержанию и оформлению : дата введения 1980-01-01 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.01.2022).

2. ГОСТ 19.504-79 Единая система программной документации. Руководство программиста. Требования к содержанию и оформлению : дата введения 1980-01-01 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.01.2022).

3. ГОСТ 19.505-79 Единая система программной документации. Руководство оператора. Требования к содержанию и оформлению : дата введения 1980-01-01 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.01.2022).

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15910-2002 Процесс создания документации пользователя программного средства : дата введения 2003-07-01 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.01.2022).

5. Королев, В. В. Программное обеспечение «Лесокартограф : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018661930 : от 21 сент. 2018 г. / В. В. Королев, А. В. Потапов, Н. Г. Евстафьев.

6. Евстафьев, Н. Г. Программное обеспечение «Лесокартограф». Руководство пользователя. Версия 2.46 : метод. пособие для специалистов лесного хозяйства / Н. Г. Евстафьев, В. В. Королев. — Сыктывкар, 2021. — 448 с. — URL: <https://clarigo/manual/> (дата обращения: 04.12.2021).

*Ежегодно в Республике Коми образуется около 540 тыс. т твердых коммунальных отходов (ТКО), в том числе в МО ГО «Сыктывкар» 91 тыс. т. Эти отходы не перерабатываются в электроэнергию, не используются в качестве вторичных ресурсов, а складываются на свалках и полигонах и загрязняют объекты окружающей среды. Предлагается бизнес-проект по строительству мусоросжигательного завода и его инженерное обеспечение в рамках реализации региональной программы по обращению с отходами. При сжигании ТКО завод будет производить до 173 млн кВт/ч электроэнергии в год и перерабатывать золошлаковые отходы в объеме 83 тыс. т/год. Для реализации бизнес-проекта потребуются инвестиции в размере 1,6 млрд руб. На МСЗ предлагается смешанный способ газоочистки с высокой эффективностью нейтрализации и улавливания токсичных загрязняющих веществ.*

**Ключевые слова:** бизнес-проект, мусоросжигательный завод, отходы, газоочистка

**О. А. Конык,**  
кандидат технических наук, доцент  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **РАЗРАБОТКА БИЗНЕС-ПРОЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА МУСОСЖИГАТЕЛЬНОГО ЗАВОДА В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ И ЕГО ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Одна из основных современных экологических проблем, которая несет в себе потенциальную опасность для здоровья людей, а также опасность для окружающей природной среды это — отходы. Уничтожение и переработка твердых коммунальных отходов (ТКО) в промышленно развитых странах сегодня рассматриваются в числе важнейших экологических, санитарно-эпидемиологических и социально-экономических задач [1].

Анализ динамики образования отходов в РФ показывает, что за последние 5 лет количество образующихся отходов увеличилось с 5 млрд т до 8 млрд т, или на 60 %. По статистике Минприроды, ежегодно в России образуется около 70 млн т ТКО.

По образованию ТКО в городах Республики Коми доминирует МО ГО «Сыктывкар» — 92 тыс. т. Общее количество ТКО, образующееся в Республике Коми, находится на уровне 540 тыс. т/год [6, 7].

ТКО являются отходами, образующимися в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также это товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования. Все ТКО классифицируют: по агрегатному состоянию — твердые, жидкие, газообразные; по происхождению — отходы производства (промышленные) и отходы потребления (коммунально-бытовые); по классам опасности — отходы I—IV классов. Структура ТКО имеет неоднородный состав, большую часть составляют пищевые и бумажно-картонные отходы. В последние годы стремительно возрастает процент пластиковой упаковки.

Полномочия по сбору коммунальных отходов в субъектах Федерации на данный момент выполняют региональные операторы. С 20 декабря 2021 г. эти

функции в Республике Коми возложены на ООО «Региональный оператор Севера».

В Республике Коми есть ряд организаций, которые принимают отходы на переработку или транспортируют на перерабатывающие предприятия. Однако основная масса отходов без сортировки и извлечения полезных компонентов размещается на полигонах твердых коммунальных отходов и свалках.

Согласно Постановлению Правительства Республики Коми от 16.02.2018 № 95, Минприроды РК подготовила Региональную программу по обращению с отходами на 2018—2028 гг. [6]. Целью программы является реализация экологически безопасной системы обращения с отходами и вторичными ресурсами на территории Республики Коми. Кроме того, была принята территориальная схема обращения с отходами в Республике Коми, характеризующая современное состояние с ними и перспективы их сбора, подготовки и переработки (рис. 1) [6].



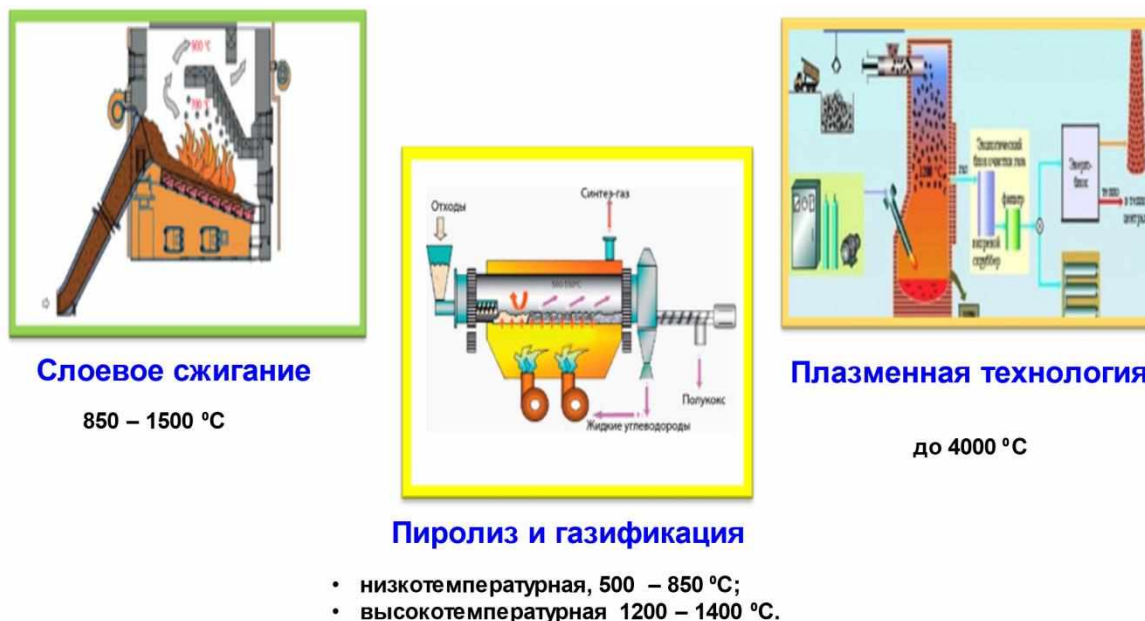
Рис. 1. Перспективы обращения с отходами в Республике Коми

По региональной программе и территориальной схеме планируется ввести в эксплуатацию 19 новых полигонов в городах и муниципальных районах РК, построить 4 экотехнопарка в городах Сыктывкар, Сосногорск, Печора и Воркута и 10 мусоросортировочных заводов и линий. Мусоросжигательные заводы строить не планируется.

Для строительства объектов обращения с отходами необходимо разработать проекты, провести экологическую и техническую экспертизы, получить комплексные экологические разрешения. На сегодняшний день с огромной массой ТКО может справиться только термическое обезвреживание или сжигание, которые можно реализовать в рамках мусоросжигательных заводов.

Цель данной работы: разработка бизнес-проекта строительства мусоросжигательного завода в Республике Коми и инженерная защита объектов окружающей среды при его реализации.

Существуют три распространенных метода утилизации и термического обезвреживания ТКО, к которым относятся: слоевое сжигание; пиролиз и газификация, плазменная технология (рис. 2) [2].



**Рис. 2.** Технологии термической переработки твердых коммунальных отходов

При *слоевом сжигании* используются камеры сгорания с колосниковыми решетками.

Путем переработки мусора можно получить топливо, для этого используют *пиролиз* в процессе которого происходит разложение отходов под действием высоких температур без доступа кислорода.

*Плазменная технология* утилизации ТКО представляет собой их разложение в электродуговых печах при температуре до 4000 °C, получаемой за счет энергии электрической дуги в присутствии водяного пара в качестве плазмообразующего газа.

Отходы, образующиеся в Республике Коми, не перерабатываются в электроэнергию, не используются в качестве вторичных ресурсов, они складываются на свалках и полигонах и загрязняют объекты окружающей среды. В связи с этим разработка бизнес-проекта по строительству мусоросжигательного завода, его инженерное обеспечение, являются перспективными решениями в отношении утилизации ТКО. Предлагаемый бизнес-проект включает следующие структурные элементы: резюме проекта, описание сущности проекта, планируемую продукцию, информация об основных участниках проекта, проектные риски, финансовый план (рис. 3) [5].

Для реализации стратегии чистого производства на МСЗ обозначены этапы развития будущего производства, подобраны методы оценки для выявления основных экологических проблем на действующих МСЗ, обозначен пункт генерации различных идей для решения выявленных проблем.

## ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ БИЗНЕС-ПРОЕКТА



Рис. 3. Структура бизнес-проекта создания МСЗ-Коми

Мусоросжигательный завод в Республике Коми (МСЗ-Коми) предлагается расположить по адресу: местечко Койты Эжвинского района МО ГО «Сыктывкар». Основное назначение МСЗ-Коми заключается в утилизации ТКО и получении электроэнергии. На предприятии предусматривается использовать высокотемпературную технологию, которая позволит сократить в 10 раз первоначальный объем ТКО. Производственный процесс на МЗС-Коми будет включать 6 стадий, которые будут выполняться в соответствии с технологическим регламентом: прием ТКО, сортировка отходов, измельчение, сжигание ТКО, получение электроэнергии, очистка дымовых газов. Технологический процесс будет основан на методе слоевого сжигания

Для осуществления технологических и административных функций завода предусматриваются следующие здания и сооружения, представленные на рис. 4.

МСЗ будет работать 365 дней в году, 24 часа в сутки. В течение суток предусматривается работа в 3 смены по 8 часов. ТКО будут приниматься ежедневно с 08:00 до 24:00. На МСЗ предусмотрены две технологические линии по сжиганию ТКО. Проектная мощность завода — 200 тыс. т ТКО/год. Выработка электроэнергии — 173 млн кВт · ч/год.

Для реализации бизнес-проекта потребуются инвестиции в размере 1,6 млрд руб. Окупаемость проекта составит 4,3 года. Выручка в результате работы МСЗ-Коми составит 570 млн руб./год.

Региональный оператор в Республике Коми ООО «Региональный оператор Севера», обслуживающий жилой сектор в населенных пунктах, будет осуществлять сбор и доставку ТКО на завод.

При въезде на завод каждый мусоровоз проходит традиционные этапы процесса приема на МСЗ — весовой и радиационный контроль.

## ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ МСЗ



**Рис. 4.** Здания и сооружения мусоросжигательного завода в Республике Коми:  
1 — главный корпус; 2 — дымовая труба; 3 — цех по переработке шлака; 4 — автовесы;  
5 — административно-бытовой корпус; 6 — переходная галерея;  
7 — очистные сооружения дождевой канализации; 8 — компрессорная;  
9 — центральный тепловой пункт; 10 — аэроконденсаторы;  
11 — тепло утилизационная электростанция; 12 — трансформаторная подстанция;  
13 — механическая мастерская; 14 — цех карбонизации золы

Разгрузка ТКО производится в бункер-накопитель, из бункера ТКО поступают на ленточный конвейер, где организованы посты ручного отбора вторичного сырья. Накопленное вторсырье подается в пресс-конвейер, где формируются брикеты весом до 500 кг. Остальные отходы, которые не пригодны для переработки отправляются на сжигание.

На МСЗ предусматриваются две технологические линии каждая из которых имеет паровой котел фирмы «КНИМ». В комплект каждого котлоагрегата входит: топочное устройство с обратно переталкивающей колосниковой решеткой системы «Мартин»; паровой котел со свободной конвенцией; питатель ТКО с гидравлическим управлением; шлакоудалитель; газовые горелки.

Инженерная защита атмосферного воздуха на МСЗ будет осуществляться в соответствии с Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха» № 96 от 4.05.99 [8].

На МСЗ-Коми предусматривается разработка нормативной документации по охране атмосферного воздуха.

За состоянием атмосферного воздуха на МСЗ-Коми будет следить лаборатория охраны окружающей среды МСЗ и Коми ЦГМС. Мониторинг атмосфер-

ного воздуха будет проводиться на источниках загрязнения, на границе СЗЗ и в жилой зоне.

Ежегодно МСЗ-Коми будет заполнять отчет 2-ТП (воздух) и сдавать его в Росприроднадзор.

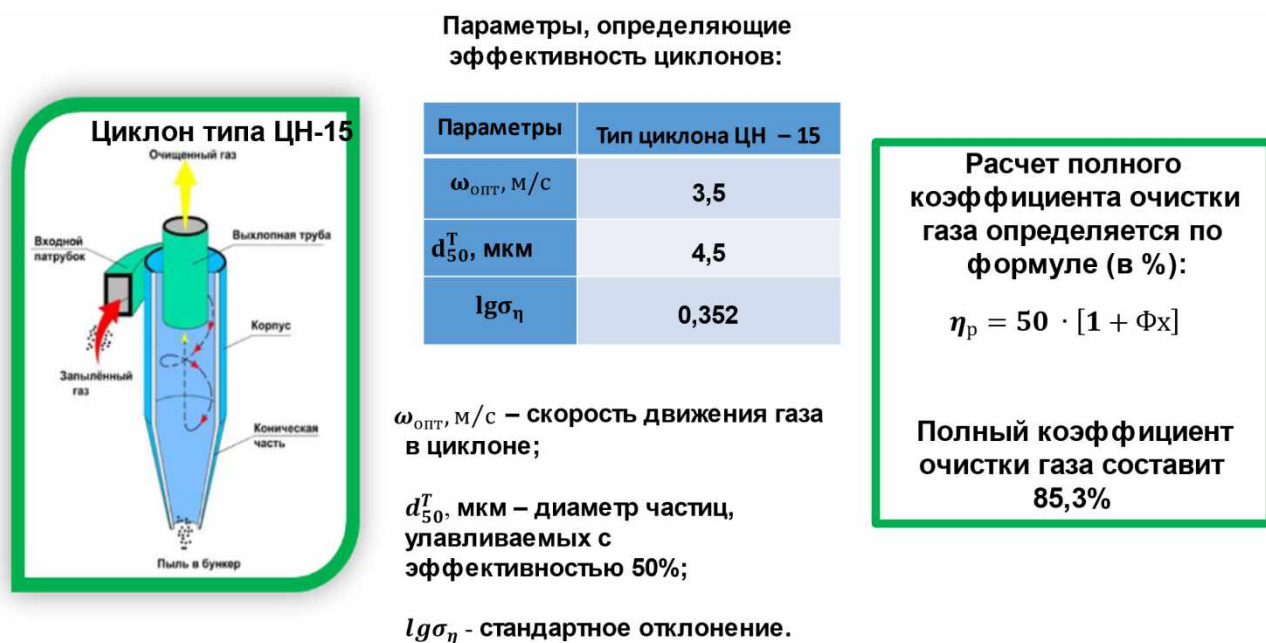
Инженерная защита земельных ресурсов будет осуществляться в соответствии с «Земельным кодексом РФ» от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 30.12.2021.) [9].

Основное воздействие на почвенный покров в районе МСЗ-Коми будет оказываться во время строительно-монтажных работ: передвижение строительной техники, складирование стройматериалов, снятие плодородного слоя и пр., а также в период эксплуатации.

На МСЗ-Коми предлагается использовать смешанный способ газоочистки из-за высокой эффективности нейтрализации и улавливания токсичных загрязняющих веществ.

Управление технологическими процессами сжигания отходов и очистки дымовых газов будет полностью автоматизировано.

Инженерная защита атмосферного воздуха предусматривает установку на МСЗ циклона, распылительного абсорбера и рукавного фильтра [2]. Циклоны служат для предварительного осаждения твердых частиц из дымовых газов, в результате спиралеобразного движения. В результате расчетов был подобран циклон ЦН-15, обеспечивающий эффективность очистки газа 85 % (рис. 5).



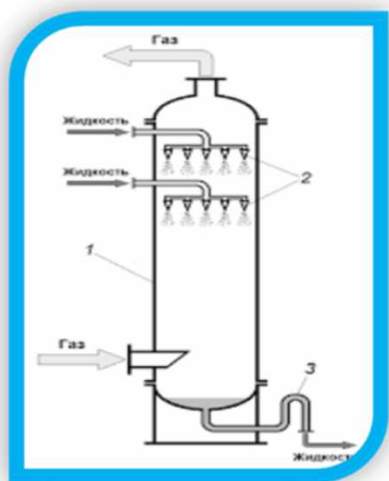
**Рис. 5.** Расчет параметров циклона для очистки дымовых газов на мусоросжигательном заводе

Кроме того, предлагается установить распылительный абсорбер, в котором производится распыление абсорбента (известковое молоко) на мельчайшие капельки с большой удельной поверхностью и приведение его в интенсивный контакт с горячими дымовыми газами. Задачей расчета являлось определение



расхода суспензии, необходимой для нейтрализации кислых компонентов дымовых газов и охлаждения дымовых газов до температуры 150 °С (рис. 6).

### Распылительный абсорбер



1. Расчет минимального количества гидроксида кальция в реакции вычисляется по формуле:

$$G_{Ca(OH)_2,i} = \frac{M_{Ca(OH)_2} \cdot G_i}{m \cdot M_i}$$

Общее минимальное количество гидроксида кальция:

$$G_{Ca(OH)_2,i} = 8,4 + 32,9 + 0,1 = 41,3 \text{ кг/ч.}$$

2. Расчет радиуса факела определяется по формуле Долинского А. А.:

$$R_\phi = 0,33 \cdot d_{2,3} \cdot \left( \frac{\omega_{окр} \cdot d_{2,3}}{v_2} \right)^{0,35} \cdot \left( \frac{T - T_M}{T} \right)^{-0,4} \cdot \left( \frac{c_r \cdot T \cdot d_{эф}}{W \cdot r} \right)^{-0,2} \cdot \frac{\rho_{ж}}{\rho_r}$$

Рис. 6. Расчет параметров распылительного абсорбера для очистки дымовых газов на мусоросжигательном заводе

Рукавный фильтр предназначен для улавливания летучей золы и остаточных веществ после распылительного абсорбера и реактора. Подобранные параметры рукавного фильтра позволят достичь эффективность его работы — 99,9 % (рис. 7).

### Рукавный фильтр



Расчет эффективности работы рукавного фильтра.

1. Эффективность осаждения частиц на одиночном волокне длиной 1 м рассчитывается по формуле:

$$L_B = \frac{4 \cdot \alpha \cdot H_\phi}{\pi \cdot d_B},$$

$H_\phi$  - толщина слоя фильтра, 0,02 м;

$d_B$  - диаметр волокна,  $20 \cdot 10^{-6}$  м;

$\alpha$  - плотность упаковки цилиндрических волокон в фильтре, которая равна 1380 кг/м<sup>3</sup>.

2. Эффективность очистки газа:

$$\eta = 1 - 0,0005 = 99,95\%$$

Рис. 7. Расчет параметров рукавного фильтра для очистки дымовых газов на мусоросжигательном заводе

Предлагаемое оборудование позволит очистить газы от различных веществ в достаточной степени, например, концентрация летучей золы (взвешенные вещества) изменится от 4000 мг/нм<sup>3</sup> до 21 мг/нм<sup>3</sup> оксида серы SO<sub>2</sub> от 300 мг/нм<sup>3</sup> до 48 мг/нм<sup>3</sup>; гидрохлорида HCl от 1500 мг/нм<sup>3</sup> до 9,0 мг/нм<sup>3</sup>.

Отходами собственного производства на МСЗ являются летучая зола после очистки отходящих газов 3 класса опасности и шлам 4 класса опасности от сжигания ТКО. Для того чтобы летучая зола стала полезным сырьем, предлагается использовать технологию ускоренной карбонизации.

Предлагаемый бизнес-проект свидетельствует, что работа МСЗ-Коми будет осуществляться в соответствии с нормативно-правовыми актами, стандартами, нормами экологического законодательства Российской Федерации. В случае их нарушения предприятие должно возместить ущерб за негативное воздействие на окружающую среду.

Для обеспечения экологической безопасности на МСЗ-Коми предусматривается разработать экологическую политику предприятия, которая предполагает регулярное проведение инвентаризации производства, производственный контроль, получение комплексного экологического разрешения, ведение учета и отчетности [4].

В связи с тем, что будущее предприятие будет относиться к предприятиям I категории по степени воздействия на окружающую среду, обеспечение экологической безопасности будет осуществляться по схеме, предложенной на рис. 8 [3, 4].



**Рис. 8.** Обеспечение экологической безопасности на предприятии I категории

Таким образом, ежегодно в Республике Коми образуется около 540 тыс. т твердых коммунальных отходов (ТКО), в том числе в МО ГО «Сыктывкар» — 91 тыс. т. Эти отходы не перерабатываются в электроэнергию, не используются

в качестве вторичных ресурсов, а складываются на свалках и полигонах и загрязняют объекты окружающей среды.

Предлагается бизнес-проект по строительству мусоросжигательного завода и его инженерное обеспечение в рамках реализации региональной программы по обращению с отходами.

Для реализации бизнес-проекта потребуются инвестиции в размере 1,6 млрд руб. Окупаемость проекта составит 4,3 года.

При сжигании 250 тыс. т ТКО завод будет производить до 173 млн кВт/ч электроэнергии в год и перерабатывать золошлаковые отходы в объеме 83 тыс. т/год.

На МСЗ предлагается смешанный способ газоочистки с высокой эффективностью нейтрализации и улавливания токсичных загрязняющих веществ.

### **Библиографический список**

1. Алимкулов, С. О. Отходы — глобальная экологическая проблема. Современные методы утилизации отходов / С. О. Алимкулов, У. И. Алматова, И. Б. Эгамбердиев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2014. — № 21 (80). — С. 66—70. — URL: <https://moluch.ru/archive/80/14470/> (дата обращения: 20.05.2022).

2. Коньк, О. А. Технологии переработки твердых отходов : учебное пособие / О. А. Коньк, А. В. Кузванова ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2018 — URL: <http://lib.sfi.komi.com>.

3. Коньк, О. А. Экологическая безопасность при обращении с опасными отходами : учебное пособие / О. А. Коньк ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2019 — URL: <http://lib.sfi.komi.com>.

4. Коньк, О. А. Экологическая безопасность промышленных предприятий : учебное пособие / О. А. Коньк ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2018 — URL: <http://lib.sfi.komi.com>.

5. Методология и практика чистого производства : учебное пособие / О. А. Коньк, В. В. Жиделева, В. С. Пунгина. — Сыктывкар : СЛИ, 2015. — 64 с.

6. О региональной программе Республики Коми в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами, на 2018—2028 годы : постановление Правительства Республики Коми от 16.02.2018 № 95 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.05.2022).

7. Об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Республики Коми : приказ Минприроды РК от 30.12.2021 г. № 2175 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.05.2022)

8. Об охране атмосферного воздуха : фед. закон от 04.05.1999 г. № 96 (в ред. от 11.06.2021) // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.05.2022).

9. Земельный Кодекс РФ: федер. закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (в ред. от 30.12.2021) // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 20.05.2022).

*Анализ результатов СОУТ на 6 рабочих местах в литейном цехе ООО «ИлимСеверРМП» и на 7 рабочих местах в котельно-сварочном цехе свидетельствует, что условия труда на рабочих местах земледела, плавильщика и формовщиков 4—6 разрядов по факторам производственной среды шум, АПФД, химический фактор являются самыми вредными и им присвоен класс условий труда 3.2. Сокращение полноценной продолжительности жизни (СППЖ) для земледела по расчетам с использованием уравнения регрессии составляет 38 суток в год. По результатам СОУТ предлагаются средства индивидуальной защиты работников.*

**Ключевые слова:** специальная оценка условий труда, вредные и опасные производственные факторы, формовщик, время сокращения продолжительности жизни за год

**О. А. Конык,**

кандидат технических наук, доцент;

**Н. О. Быковская,**

выпускница направления бакалавриата «Техносферная безопасность»

(Сыктывкарский лесной институт)

## **СПЕЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОЧИХ МЕСТ В ООО «ИЛИМСЕВЕР РМП»**

ООО «ИлимСеверРМП» (ремонтно-механическое предприятие) — одно из подразделений филиала АО «Группа «ИЛИМ» в г. Коряжма, снабжающее весь целлюлозно-бумажный комбинат продукцией машиностроения, нестандартными металлоконструкциями, комплектующими для ремонта и обслуживания целлюлозно-бумажного оборудования. В состав ООО «ИлимСеверРМП» входит 4 основных структурных подразделения: литейный цех, механический цех, цех котельно-сварочных и специальных работ, ремонтная служба.

Основное оборудование литейного цеха — это печи различных марок и мощностей. Работа в горячих цехах несомненно оказывает большое влияние на здоровье работников.

В соответствии со ст. 212 Трудового кодекса Российской Федерации работодатель обязан обеспечить на рабочих местах безопасные условия труда, подтвержденные результатами специальной оценки условий труда [5].

Цель, задачи и функции работодателя в области СОУТ показаны на рис. 1. В связи с этим целью предлагаемой работы является проведение СОУТ рабочих мест на ООО «ИлимСеверРМП» и анализ ее результатов.

Исследования и измерения вредных и (или) опасных производственных факторов были проведены во всех подразделениях предприятия, т.е. на 185 рабочих местах, для 173 работников, из которых 50 — женщины.

На примере 13 рабочих мест профильных производств, а именно, литейного цеха и цеха котельно-сварочных работ, была проведена СОУТ и проанализированы ее результаты. Порядок проведения СОУТ прописан в [1, 2].

Для определения вредных и опасных факторов, действующих на работников, использовали средства измерений, представленные на рис. 2 [4].

## СОУТ, ЕЕ ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ, ФУНКЦИИ РУКОВОДИТЕЛЯ



Рис. 1. Цель, задачи и функции руководителя предприятия при проведении специальной оценки условий труда рабочих мест



Рис. 2. Средства измерений, используемые при проведении СОУТ рабочих мест ООО «ИлимСеверРМП»

В литейном цехе провели СОУТ на 6 рабочих местах по химическому фактору, 4 физическим факторам и тяжести трудового процесса. В цехе котельно-сварочных и специальных работ проведены измерения по 4 факторам.

Одним из наиболее распространенных неблагоприятных физических факторов на рабочем месте является шум (рис. 3) [3]. Шум губительно влияет на человеческий организм.



Рис. 3. Анализ показателей шума и вибрации на рабочих местах работников литейного цеха

Для рабочего места земледела превышение шума составляет 6 дБа, что соответствует вредному классу условий труда — 3.2. Для рабочих мест электросварщика ручной сварки и плавильщика металла наблюдается превышение норматива по шуму на 3дБа, что соответствует вредному классу условий труда 3.1. Для рабочих мест формовщиков 4, 5, 6 разряда превышения норматива по шуму не выявлено, что соответствует классу условий труда 2.

Для рабочего места земледела вибрация превышает норму на 4дБ по оси У, что соответствует вредному классу условий труда — 3.1.

**ТНС-индекс** — это эмпирический показатель, характеризующий сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения).

Для рабочего места плавильщика металла ТНС-индекс превышает норму на 0,9 °С, что соответствует вредному классу условий труда — 3.2. Для рабочих мест формовщиков 4, 5, 6 разряда ТНС-индекс превышает норму на 0,1 °С, что соответствует вредному классу условий труда — 3.1 (рис. 4).

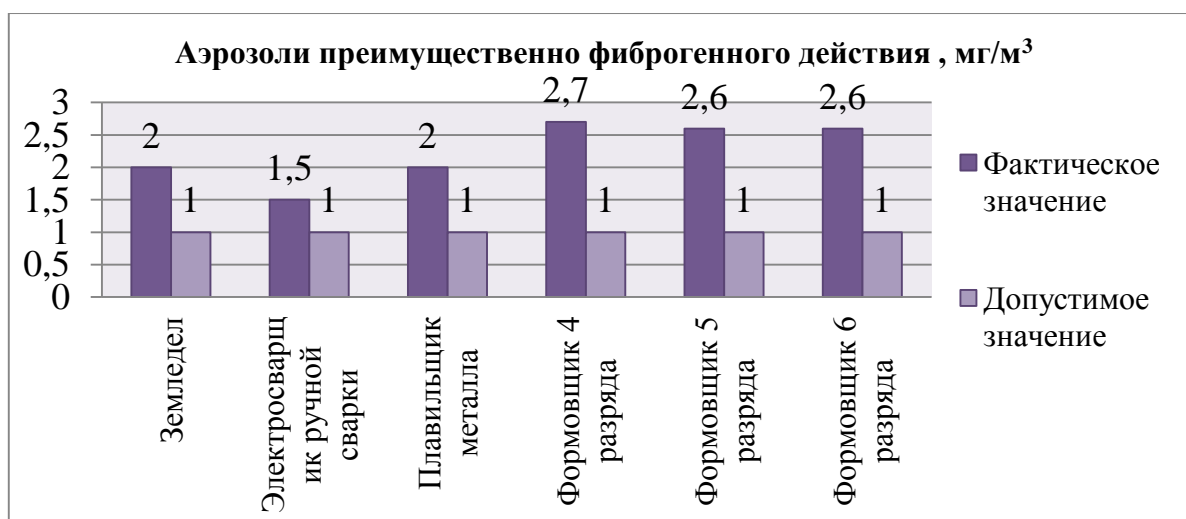
**Производственная пыль** является одним из широко распространенных неблагоприятных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье работающих. В литейном цехе содержание свободного диоксида кремния в антраците на всех рабочих местах не соответствует гигиеническим нормативам.

Для рабочих мест земледела, плавильщика металла, электросварщика показатель АПФД превышает норму на 0,5—1 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует вредному классу условий труда — 3.1. Для рабочих мест формовщиков 4—6 разрядов показатель АПФД превышает норму на 1,6—1,7 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует вредному классу условий труда — 3.2 (рис. 5).

## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИКРОКЛИМАТА



**Рис. 4.** Анализ показателей микроклимата на рабочих местах работников литейного цеха



**Рис. 5.** Анализ результатов СОУТ по измерению аэрозолей преимущественно фиброгенного действия на рабочих местах литейного цеха

**В воздухе рабочей зоны были выявлены вредные вещества:** сера диоксид, углерода оксид, которые соответствует гигиеническим нормативам.

Для рабочего места земледела превышение содержания диоксида азота в воздухе составляет 0,1 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует вредному классу условий труда — 3.1. Для рабочих мест электросварщика, плавильщика металла и формовщиков 4, 5, 6 разрядов превышения содержания диоксида азота в воздухе не выявлено, что соответствует классу условий труда 2.

Для рабочего места электросварщика ручной сварки и плавильщика металла содержание марганца в сварочных аэрозолях превышает норму на 0,1—0,15 мг/м<sup>3</sup>, что соответствует вредному классу условий труда — 3.1.

**Показатель тяжести трудового процесса** отражает нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма, обеспечивающие его деятельность.

Для рабочих мест земледела, электросварщика ручной сварки и плавильщика металла показатель неудобное или фиксированное положение превышает норму на 25 %, что соответствует вредному классу условий труда — 3.1. Для рабочих мест формовщика 4, 5, 6 разряда показатель неудобное или фиксированное положение превышает норму на 20 %, что соответствует также вредному классу условий труда — 3.1 (рис. 6).



**Рис. 6.** Анализ показателей тяжести трудового процесса на рабочих местах литейного цеха

Анализ **показателей шума** в цехе котельно-сварочных работ свидетельствует, что для рабочих мест электросварщика 4 и 5 разрядов, газорезчика и гуммировщика 5 разрядов наблюдается превышение норматива по шуму на 2 дБа, что соответствует вредному классу условий труда 3.1. Для остальных рабочих мест превышения норматива по шуму не выявлено, что соответствует классу условий труда 2.

Для рабочих мест электросварщика 4 и 5 разряда и газорезчика 5 разряда **показатель АПФД** превышает норму на  $0,3 \text{ мг/м}^3$ , что соответствует вредному классу условий труда — 3.1.

**Анализ показателя ультрафиолетового излучения** свидетельствует, что для рабочих мест электросварщиков 4 и 5 разрядов показатель УФ-излучения превышает норму на  $8,3 \text{ Вт/м}^2$ , что соответствует вредному классу условий труда — 3.1 (рис. 7).

Для рабочих мест электросварщика 4 и 5 разрядов и газорезчика 5 разряда содержание марганца в сварочных аэрозолях превышает норму на  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , что соответствует вредному классу условий труда — 3.1.

Сводный анализ специальной оценки факторов производственной среды и трудового процесса свидетельствует, что в литейном цехе рабочим местам земледела, плавильщика металла и формовщиков 4—5 разрядов присвоен класс условий труда 3.2.

В цехе котельно-сварочных и специальных работ всем исследуемым рабочим местам присвоен класс условий труда 3.1.



## АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ



**Рис. 7.** Анализ показателей ультрафиолетового излучения на рабочих местах цеха котельно-сварочных работ

Согласно статьям Трудового кодекса РФ по результатам СОУТ для рабочих мест электрогазосварщиков, гуммировщиков, газорезчиков, занятых на работах с вредными условиями труда — класс 3.1 — устанавливаются такие гарантии и компенсации, как повышенный размер оплаты труда, проведение медицинских осмотров, досрочная трудовая пенсия по старости.

Для рабочих мест земледела, плавильщика металла и формовщиков 4—6 разрядов, кроме вышеперечисленных льгот, добавляется выдача молока и дополнительный оплачиваемый отпуск.

По результатам СОУТ для улучшения качества работы работников в литейном цехе ООО «ИлимСеверРМП» разработан ряд мероприятий. Это, например, организация рационального режима труда и отдыха для снижения тяжести трудового процесса и воздействия шума; усовершенствование системы вентиляции для снижения концентрации вредных веществ в рабочей зоне и другие [5].

Для защиты формовщиков от пыли антрацита в литейном цехе предприятия ООО «ИлимСеверРМП» предлагается закупить респираторы JETSAFETY 6500. Технические характеристики респиратора показаны на рис. 8.

Для оценки скрытого ущерба, наносимого здоровью, вредными факторами производственной среды, в данной работе воспользовались методикой количественной оценки ущерба [6]. Величина ущерба измеряется временем сокращения продолжительности жизни за год (в сутках). Наибольший ущерб наносится здоровью земледела при воздействии шума, АПФД и химического фактора — 38 суток.

Таким образом, анализ результатов СОУТ на 6 рабочих местах в литейном цехе и на 7 рабочих местах в котельно-сварочном цехе свидетельствует, что условия труда на рабочих местах земледела, плавильщика и формовщиков 4—6 разрядов по факторам производственной среды шум, АПФД, химический фактор являются самыми вредными и им присвоен класс условий труда 3.2. Сокращение полноценной продолжительности жизни (СППЖ) для земледела по расчетам с использованием уравнения регрессии составляет 38 суток в год.

Для защиты формовщиков от АПФД предлагается закупить 4 респиратора JETSAFETY 6500 на сумму 7000 руб.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА  
ФОРМОВЩИКОВ В ЛИТЕЙНОМ ЦЕХЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО  
«ИЛИМСЕВЕРМП»**



**Рис. 8.** Техническое предложение по улучшению условий труда  
формовщиков в литейном цехе

**Библиографический список**

1. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению : утв. приказом Минтруда России от 24.01.2014 № 33н : ред. от 14.11.2016 г. // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.04.2022).
2. О специальной оценке условий труда : федер. закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ : ред. от 01.05.2016 г. // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.04.2022).
3. Карты специальной оценки условий труда работников: [док. внутреннего пользования] / ООО «ИлимСеверМП». — Коряжма, 2021. — 149 с.
4. Конык, О. А. Специальная оценка условий труда : учеб. пособие : самостоятельное учебное электронное издание / О. А. Конык ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2018. — URL: <http://lib.sfi.komi.com> (дата обращения 05.05.2022).
5. Трудовой кодекс Российской Федерации : федер. закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ : ред. от 05.02.2018 г. // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.04.2022).
6. Хрупачев, А. Г. Методологическая концепция профессионального риска и его количественная оценка / А. Г. Хрупачев, А.А. Хадарцев, Л. И. Каменев // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. — 2010. — № 35. — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskaya-kontseptsiya-professionalnogo-riska-i-ego-kolichestvennaya-otsenka> (дата обращения: 24.05.2022).

*Инженерная защита окружающей среды при производстве любых химикатов для целлюлозно-бумажной промышленности остается достаточно серьезной проблемой.*

*ООО «ОМИА УРАЛ» — предприятие, производящее химически осажденный карбонат кальция и водные дисперсии карбоната кальция, которое в процессе своей деятельности выбрасывает в атмосферный воздух 7 загрязняющих веществ суммарной массой 22,5 т/год.*

*Для инженерной защиты на предприятии функционирует скруббер и демистер, однако в настоящее время, они обеспечивают лишь 50 % очистку атмосферного воздуха от пылегазовых веществ. По результатам расчетов для уменьшения негативного воздействия на атмосферный воздух предлагается пылеулавливающая установка циклон ЦН-11. Для реализации предложения потребуются инвестиции в размере 136 тыс. руб. Окупаемость проекта составит 1 год.*

**Ключевые слова:** карбонат кальция, технология, оборудование, выбросы, отходы, инженерная защита

**О. А. Конык,**  
кандидат технических наук;  
**А. В. Кузиванова,**  
заведующая лабораторией  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ НУЖД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Основными производителями товарного мела являются пять стран — Китай, Франция, Англия, Бельгия и Россия, суммарная добыча которых в 2021 г. составила 24,6 млрд т. В РФ с 2015 по 2021 г. объемы добычи мела увеличились в 2,4 раза и составили 25 млн т. Суммарная мощность осажденного карбоната кальция на порядок ниже — около 3 млн т/год [2].

Корпорация ОМИА является мировым производителем наполнителей на основе карбоната кальция. История создания предприятия начинается с 1884 года. На данный момент открыто более 180 заводов в 50 странах мира [1]. На территории РФ запущены 6 заводов по производству осажденного карбоната кальция и его водных дисперсий. Населенные пункты: г. Коряжма (2 завода), г. Полевской, пос. Ворсино, пос. Субутак, г. Сыктывкар (рис. 1).

ООО «ОМИА УРАЛ», Коряжма находится на юге Архангельской области, в городе Коряжма, на территории Филиала АО Группа «ИЛИМ».

Структурными подразделениями ООО «ОМИА УРАЛ», Коряжма являются офис, карьер по добыче мрамора, завод по производству химически осажденного карбоната кальция, завод по производству суспензии измельченного карбоната кальция.

Целью предлагаемой работы является обеспечение инженерной защиты объектов окружающей среды при производстве осажденного карбоната кальция в ООО «ОМИА УРАЛ» (г. Коряжма).

## КОРПОРАЦИЯ ОМИА, ЕЕ СТРУКТУРНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ



Рис. 1. Корпорация ОМИА и ее структурные подразделения

Основными видами деятельности предприятия являются производство химически осажденного карбоната кальция и производство водных растворов карбоната кальция.

Продукт под внутренним названием Н 260, полученный путем осаждения карбоната кальция, используется как наполнитель для создания бумаги. Продукт Н 60, полученный вторым путем служит наполнителем для создания белизны бумаги, а Н 95, полученный тем же способом, является наполнителем для придания глянца.

Технологическая схема производства GCC (Ground Calcium Carbonate) — суспензии измельченного карбоната кальция (СИКК) представлена на рис. 2 [1].



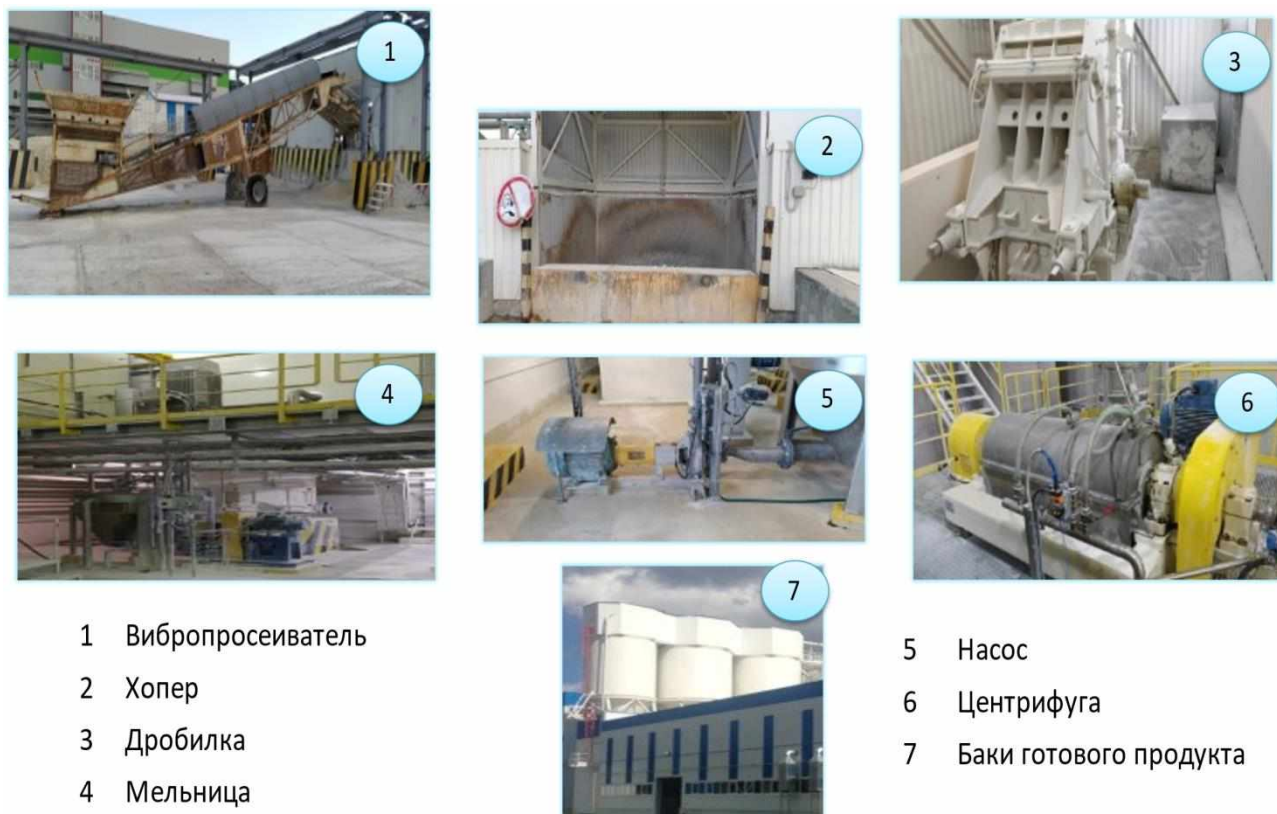
Рис. 2. Технологическая схема производства суспензии измельченного карбоната кальция

Технология производства суспензии измельченного карбоната кальция состоит из следующих этапов:

- 1) подготовка мрамора (доставка и отсев);
- 2) дробление (до консистенции порошка, с заданным размером частиц);
- 3) процесс размола и смешивания исходного материала с водой и разжижающей присадкой в мельницах, наполненных керамическими шарами;
- 4) очистка с помощью центрифуги (центробежный фильтр);
- 5) очистка с помощью вибросита;
- 6) накопление продукта в бак готовой продукции;
- 7) подача конечного продукта в цех беления целлюлозы.

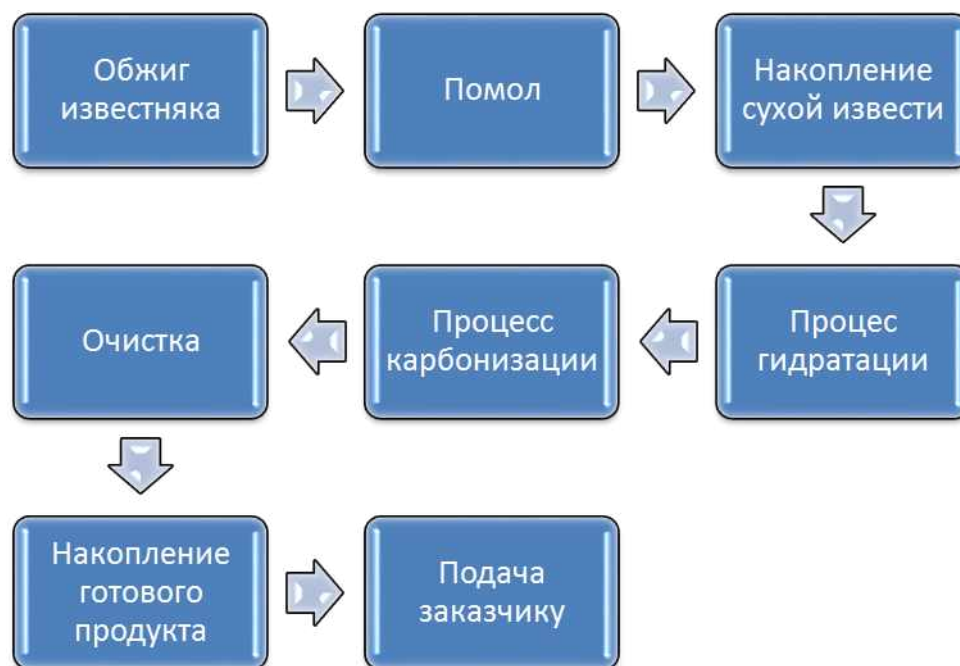
На первом этапе производства происходит добыча мрамора на карьере. Затем идет его дробление и доставка к месту производства. Далее следует его отсев через виброгрохот, для отделения песка и мусора. Следующим этапом является помол сырья в дробилке и прохождение его через магнитный уловитель. Измельченный мраморный порошок подается в шаровые мельницы, наполненные керамическими шарами и водой. Так же для изменения параметров продукта добавляется диспергант (химический наполнитель для уменьшения вязкости). При достижении сырьем определенных параметров оно подается на центробежный фильтр для более тонкой очистки. После очистки продукт закачивается в емкость для хранения и по мере необходимости поставляется заказчику.

Для производства суспензии измельченного карбоната кальция используют оборудование, представленное на рис. 3.



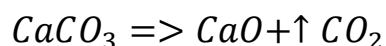
**Рис. 3.** Оборудование для производства суспензии измельченного карбоната кальция

Технологическая схема производства (PCC) Precipitated Calcium Carbonate — химически осажденного карбоната кальция (ХОКК) представлена на рис. 4 [1].

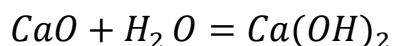


**Рис. 4.** Технологическая схема производства химически осажденного карбоната кальция

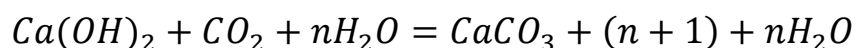
Первичным сырьем для производства осажденного карбоната кальция является природный известняк (карбонат кальция с примесями). На первом этапе известняк обжигают при температуре не менее 825 °С (температура разложения карбоната кальция). В результате температурного воздействия на карбонат кальция происходит реакция декарбонизации с образованием оксида кальция (негашеная известь) и диоксида углерода (углекислый газ):



Оба полученных компонента используются на последующих стадиях получения осажденного карбоната кальция. Далее проходит процесс гидратации (взаимодействия с водой) с получением гашеной извести в избыточном количестве воды (известковое молоко):



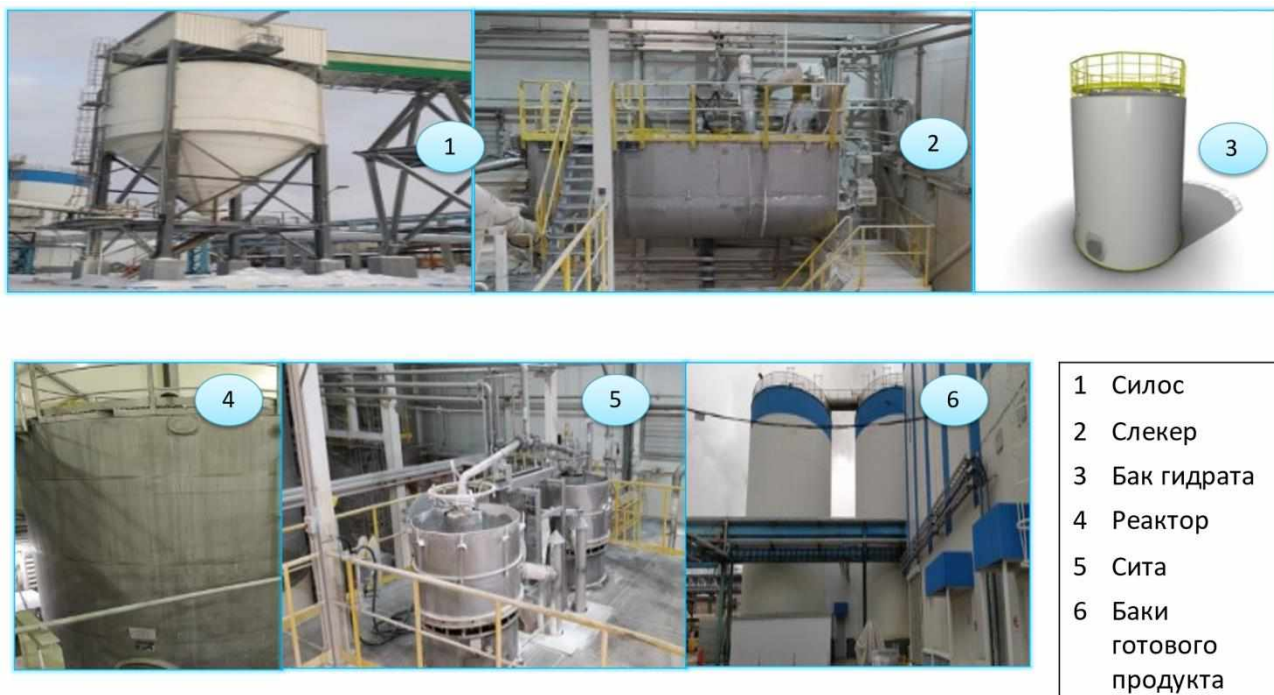
После этого известковое молоко проходит процесс карбонизации, обработки ранее полученным углекислым газом. В результате реакции углекислого газа с гашеной известью получается суспензия, содержащая чистые кристаллы химически полученного карбоната кальция:



Далее полученный карбонат кальция фильтруется и подается в резервуар для хранения, на котором установлена мешалка, препятствующая осаждению готового продукта. Таким образом, производство осажденного карбоната каль-

ция в какой-то степени можно признать производством замкнутого цикла, где используются практически все основные компоненты исходного сырья. Использование углекислого газа, полученного на первой стадии производства, является экономически выгодным фактором и процессом, так как вступает в реакцию карбонизации до 80 % объема подаваемого углекислого газа, способствующего сохранению стабильной экологической обстановки.

Для производства химически осажденного карбоната кальция используют оборудование, представленное на рис. 5.



**Рис. 5.** Оборудование для производства химически осажденного карбоната кальция

Источниками образования ЗВ на предприятии являются гаситель извести, карбонизаторы, бункер извести, погрузчик и стоянка автотранспорта.

Анализ состояния атмосферного воздуха при производстве осажденного карбоната кальция свидетельствует, что выделяется 7 загрязняющих веществ в количестве 22 т/год. Доминируют оксид азота — 14,7 т/год и оксид углерода — 6,9 т/год (рис. 6).

Для охраны атмосферного воздуха на предприятии предусмотрена инвентаризация источников выбросов, установление классов опасности ЗВ, разработка проекта ПДВ, получение разрешения на выброс и прочие операции в соответствии с нормативными требованиями. В перспективе предусматривается получение комплексного экологического разрешения.

На предприятии есть все документы, обеспечивающие охрану атмосферного воздуха. Это приказ о назначении ответственных лиц, отчет по инвентаризации, разрешение на выбросы, проект ПДВ, отчет 2-ТП (воздух).

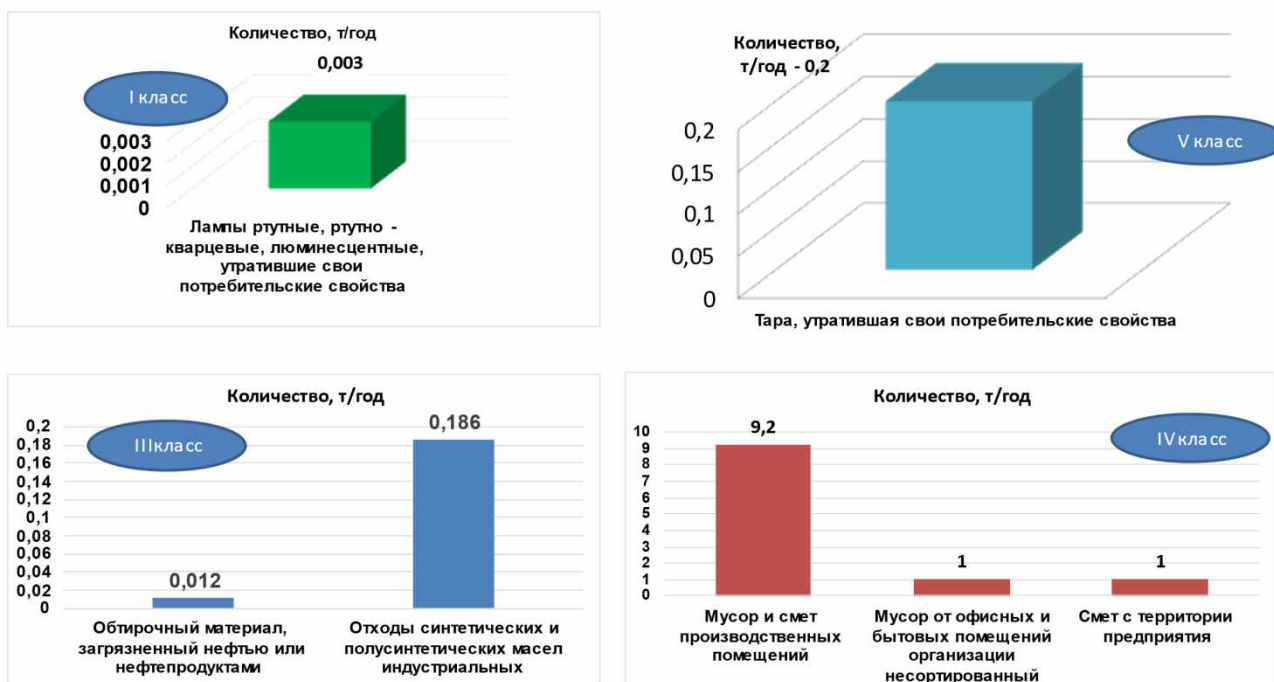
Источниками образования отходов на предприятии являются административное здание, основное производство, обслуживание технологического оборудования, эксплуатация осветительных приборов, хозяйственно-бытовое помещение.

**Образуется 7 ЗВ общим объемом 22,472 т. год**



**Рис. 6.** Анализ состояния атмосферного воздуха при производстве осажденного карбоната кальция

При производстве карбоната кальция образуется 8 наименований отходов, распределение по классам опасности неравномерное — по 3 отхода 3 и 4 классов опасности и по одному 1 и 5 классов (рис. 7).



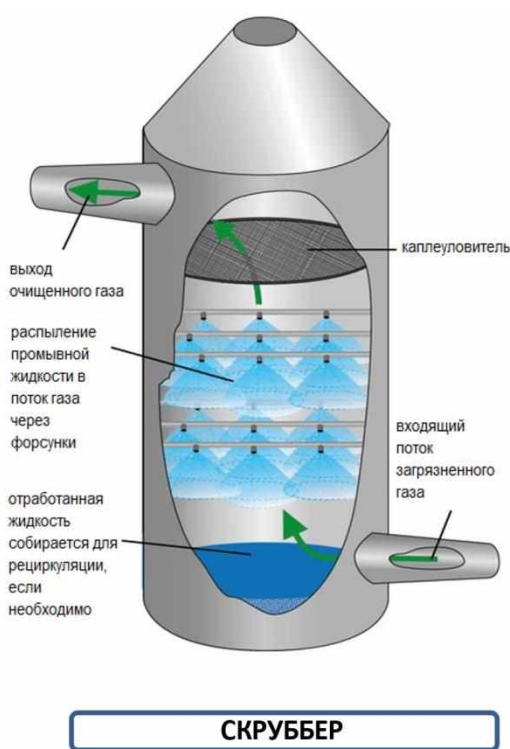
**Рис. 7.** Объемы образования отходов по классам опасности



На предприятии доминируют отходы IV класса опасности в количестве 11 т/год. Это мусор и смет. Все отходы направляются в ООО «Илим» и лишь некоторые в ООО «Геракл» (отработанные лампы и масла).

Для обеспечения ООС и ЭБ при обращении с отходами предусматривается на предприятии назначение ответственного лица, определение класса опасности отходов, разработка паспортов отходов, разработка ПНООЛР, получение лимита на их размещение, получение лицензии, внесение платы за негативное воздействие на ОС, производственный контроль, отчет по форме 2-ТП (отходы) [3, 4].

Для обеспечения инженерной защиты атмосферного воздуха при производстве карбоната кальция на предприятии функционирует скруббер, который сегодня недостаточно очищает воздух от пыли (на 50 %). Кроме того, установлен демистер (туманоуловитель), который предназначен для выделения из газовых потоков, с взвешенными в них жидкими частицами капель, которые образуются вследствие термической конденсации паров, химического взаимодействия газов при эмульгировании жидкостей (рис. 8).



**Рис. 8.** Инженерная защита воздуха на предприятии

Для улучшения ситуации с очисткой газов от пылей предлагается установить новое оборудование — циклон ЦН-11.

Расчеты параметров, определяющих эффективность циклонов включают [5]:

1. Определение расхода воздушного потока при рабочих условиях  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  по формуле:

$$V_p = V_{см} \cdot \frac{\rho_{см}}{\rho_p}, \quad (1)$$

где  $V_{см}$  — объем, занимаемый всем воздушным потоком ( $19,81 \text{ м}^3/\text{с}$ );  $\rho_{см}$  — плотность смеси газов при н. у. ( $1,253 \text{ кг}/\text{м}^3$ );  $\rho_p$  — плотность воздушного потока при рабочих условиях  $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $0,5955 \text{ кг}/\text{м}^3$ ):

$$V_p = 19,81 \cdot \frac{1,253}{0,5955} = 41,67 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Расчет вязкости смеси газов при рабочих условиях по формуле:

$$\mu_p = \sum_{n=1}^5 \frac{\mu_n \cdot x_n}{100\%}, \quad (2)$$

где  $\mu_n$  — вязкость  $n$ -го ( $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_2$ ) компонента дымового газа при рабочих условиях:

$$\begin{aligned} \mu_p = & \frac{24,22 \cdot 10^{-6} \cdot 66,35}{100} + \frac{22,18 \cdot 10^{-6} \cdot 8,92}{100} + \frac{28,54 \cdot 10^{-6} \cdot 7,91}{100} \\ & + \frac{15,72 \cdot 10^{-6} \cdot 16,81}{100} + \frac{19,61 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01}{100} = 22,95 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с} \end{aligned}$$

3. Определение необходимой площади сечения циклонов  $F$ ,  $\text{м}^2$ :

$$F = \frac{V_p}{\omega_{\text{опт}}}, \quad (3)$$

где  $V_p$  — расход воздуха при рабочих условиях  $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\omega_{\text{опт}}$  — оптимальная скорость воздуха в аппарате ( $3,5 \text{ м}/\text{с}$ ):

$$F = \frac{41,67}{3,5} = 11,91 \text{ м}^2.$$

4. Определение диаметра циклона, задаваясь числом циклонов (в м):

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785 \cdot N}} \quad (4)$$

где  $N$  — число циклонов, шт.

$$D = \sqrt{\frac{11,91}{0,785 \cdot 2}} = 2,75 \text{ м.}$$

$$2,75 \text{ м} \approx 3000 \text{ мм.}$$

5. Расчет диаметра частиц, улавливаемых на 50 % осуществляем по формуле:

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D_u \cdot \rho_u^T \cdot \mu_p}{D_u^T \cdot \rho_u \cdot \mu_p^T} \cdot \frac{\omega^T}{\omega}} \quad (5)$$

где индекс «Т» означает стандартные условия работы циклона;  $d_{50}^T$  — диаметр частиц, улавливаемых на 50 % в стандартных условиях;  $\omega^T$  — скорость воздуха в циклоне — 3,5 м/с;  $\rho_{ч}^T$  — плотность частиц — 1930 кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{г}$  — плотность частиц — 2000 кг/м<sup>3</sup>;  $\omega$  — действительная скорость в циклоне — 2,95 м/с;  $\mu_p^T$  — динамическая вязкость газа —  $22,95 \cdot 10^{-6}$  Па · с.

$$d_{50} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1930 \cdot 22,95 \cdot 10^{-6} \cdot 3,5}{0,6 \cdot 2000 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,95}} = 10,95 \cdot 10^{-6}.$$

6. Расчет полного коэффициента очистки газа определяется по формуле (в %):

$$\eta_p = 50 \cdot [1 + \Phi_x], \quad (6)$$

где 50 — процент улавливаемых частиц;  $\Phi_x$  — полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях.

$$\eta_p = 50 \cdot [1 + 0,9055] = 95,5 \%$$

Полный коэффициент очистки газа составит 95,5 %.

Технические характеристики предлагаемого циклона показаны на рис. 9.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕДЛАГАЕМОГО ЦИКЛОНА



| Параметр   | Значение                       |
|--|--------------------------------|
| Размеры фильтруемых частиц                             | От 5 мм до 1мкм (и ниже)       |
| Потери давления в ЦКО                                  | От 400 до 2000 Па              |
| Скорость газового потока на входе в ЦКО                | 11-19 м/с                      |
| Скорость газового потока на выходе из винтовой вставки | 50-70м/с                       |
| Максимальная концентрация частиц пыли в газовом потоке | 1000 г/м <sup>3</sup>          |
| Эффективность отделения частиц пыли                    | До 99,9%                       |
| Температура эксплуатации ЦКО                           | От -50 °С до + 50 °С           |
| Температура газового потока на входе в ЦКО             | От -50 °С до + 700 °С          |
| Номинальная производительность по газовому потоку      | От 250 до 20 000м <sup>3</sup> |

Рис. 9. Технические характеристики циклона ЦН-11

Технико-экономическое обоснование установки циклона ЦН-11 свидетельствует, что для реализации проекта потребуются инвестиции — 136 тыс. руб. Срок окупаемости проекта 1 год. Эффект экологический — уменьшение негативного воздействия на ОС [6].

Таким образом, Коряжемский филиал ООО «ОМИА УРАЛ» — предприятие, производящее химически осажденный карбонат кальция и водные дисперсии карбоната кальция.

В процессе своей деятельности предприятие в атмосферный воздух выбрасывает 7 ЗВ суммарной массой 22,5 т/год, доминируют выбросы III класса опасности в количестве 14 т/год.

Кроме того, на предприятии образуются отходы производства и потребления I—V классов опасности в количестве 11 т/год, преобладают отходы IV класса опасности: мусор и смет производственных помещений, в количестве 9,2 т/год.

Для обеспечения охраны окружающей среды и экологической безопасности на предприятии разработаны все документы согласно природоохранному законодательству

Для инженерной защиты на предприятии функционирует скруббер и демистер. Для уменьшения негативного воздействия на атмосферный воздух предлагается пылеулавливающая установка циклон ЦН-11. Для реализации предложения потребуются инвестиции в размере 136 тыс. руб. Окупаемость проекта составит 1 год.

В целом деятельность предприятия отвечает природоохранным требованиям.

#### **Библиографический список**

1. ОМИА УРАЛ [сайт]. — URL: <https://www.omya.com/ru-ru> (дата обращения: 25.04.2022).
2. Исследование рынка осажденного карбоната кальция в России. — Москва : Науки о земле, 2021. — 38 с.
3. Конык, О. А. Экологическая безопасность при обращении с опасными отходами (управление отходами на промышленных предприятиях) : учеб. пособие / О. А. Конык. — Сыктывкар : СЛИ, 2018. — URL: <http://lib.sfi.komi.com>. (дата обращения: 25.04.2022).
4. Конык, О. А. Экологическая безопасность промышленных предприятий : учеб. пособие / О. А. Конык, Т. В. Шахова, П. В. Мусихин ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2018. — URL: <http://lib.sfi.komi.com>. (дата обращения: 25.04.2022).
5. Ветошкин А. Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов : учеб.-практич. пособие. — 2-е изд. доп. и перераб. — Москва : Инфра Инженерия, 2016. — 316 с.
6. Оборудование MULLER [сайт.] — URL: <https://muller/ru>. (дата обращения 25.04.2022).

*Для восстановления земель, загрязненных нефтепродуктами в результате аварии на конденсатопроводе «Ямбург — Уренгой», предлагается проект, предусматривающий подготовительные, технические, физико-химические и биологические мероприятия с использованием сорбента «Экосорб» и биопрепарата «БАК-Верад». Реализация проекта рассчитана на 5 лет, однако уже при однократной обработке биопрепаратом «БАК-Верад» содержание нефти можно снизить в 72 раза, а после трехкратной обработки — в 149 раз. Требуемые инвестиции, необходимые для рекультивации аварийных земель, составляют 1,47 млн руб.*

**Ключевые слова:** авария, конденсатопровод, загрязнение, почва, нефть, рекультивация земель, сорбенты, биопрепараты

**О. А. Конык,**

кандидат технических наук, доцент

**Р. О. Севбо,**

выпускница направления бакалавриата «Техносферная безопасность»

(Сыктывкарский лесной институт)

## **РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОСЛЕ АВАРИИ НА КОНДЕНСАТОПРОВОДЕ «ЯМБУРГ — УРЕНГОЙ»**

Рекультивация земель — комплекс инженерно-технических, мелиоративных, агротехнических и иных мероприятий, направленных на восстановление биологической продуктивности, хозяйственной ценности нарушенных земель и улучшение условий окружающей среды [1].

Анализ аварийности на нефтяных, газоконденсатных месторождениях в Ямало-Ненецком автономном округе РФ свидетельствует о снижении количества аварий в последние 5 лет, однако площадь загрязненных земель еще достаточно существенна, она находится на уровне более 3000 га, а площадь рекультивируемых земель в 5 раз меньше. В последние годы выросли объемы финансирования работ по рекультивации загрязненных земель, которые находятся в пределах 1—1,5 млрд руб.

Цель данной работы: предложить проект рекультивации земель после аварии на конденсатопроводе «Ямбург — Уренгой».

Конденсатопровод «Ямбург — Уренгой» находится в Ямало-Ненецком автономном округе и его эксплуатирует ООО «СЕВЕРдорспецстрой» с 1985 г. Местонахождение аварийного участка показано на рис. 1 [2].

Рекультивация участка проводится для очистки и восстановления загрязненных земель, предотвращения их деградации.

Для рекультивации земель после аварии был разработан проект, состав которого показан на рис. 2.

Оценка деградации почв проводилась на нарушенном и ненарушенном участках на двух глубинах. Оказалось, что на глубине 0—30 см на нарушенном участке содержание фосфора в 2,45 раза меньше, азота — в 1,39, а калия — в 1,97. На глубине 30—50 см показатели выше — только фосфора в 1,37 раза

меньше. В целом на нарушенных участках произошло снижение содержания фосфора в среднем до 79,8 % (рис. 3).



Рис. 1. Местонахождение аварийного участка



Рис. 2. Состав проекта рекультивации аварийного участка

ННУ – ненарушенный участок,  
АНУ – антропогенно нарушенный участок

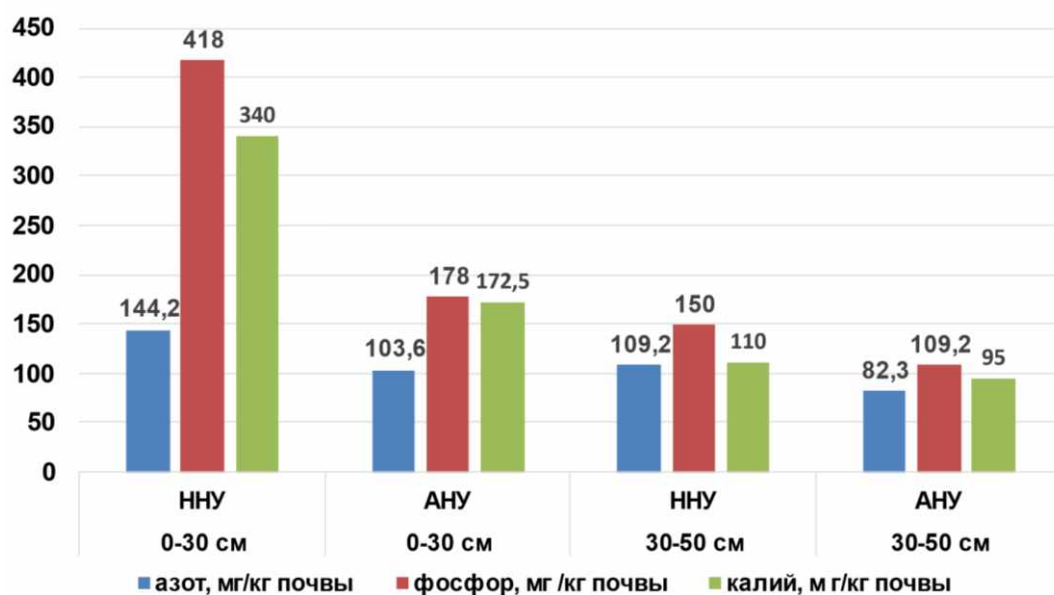


Рис. 3. Оценка деградации почв на аварийном участке

Содержание нефти на загрязненном участке высокое, оно колеблется от 4450 до 6812 мг/кг почвы, особенно загрязнен слой от 10 до 30 см (рис. 4). В почве на нарушенном участке обнаружено высокое содержание тяжелых металлов, среди которых доминирует марганец — 87 г/кг почвы.

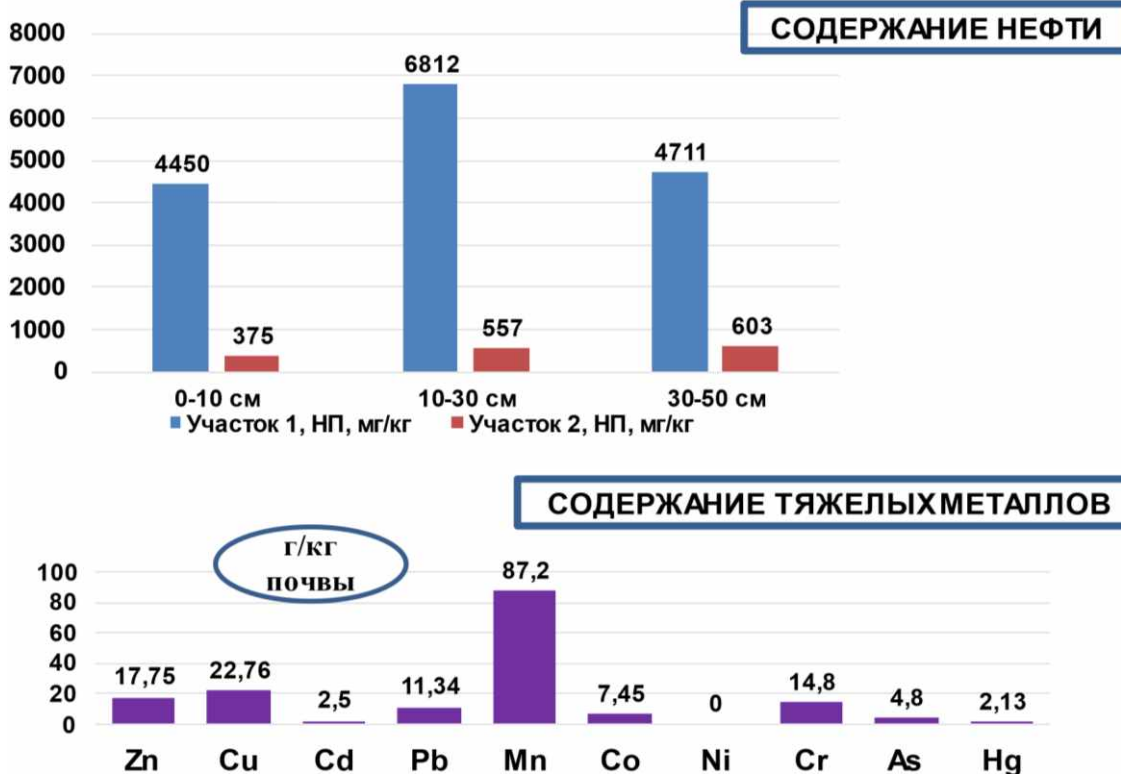


Рис. 4. Содержание нефти и тяжелых металлов на аварийном участке

По проекту рекультивации на аварийном участке предусмотрены 4 группы мероприятий: подготовительные, технические, физико-химические и биологические (рис. 5).

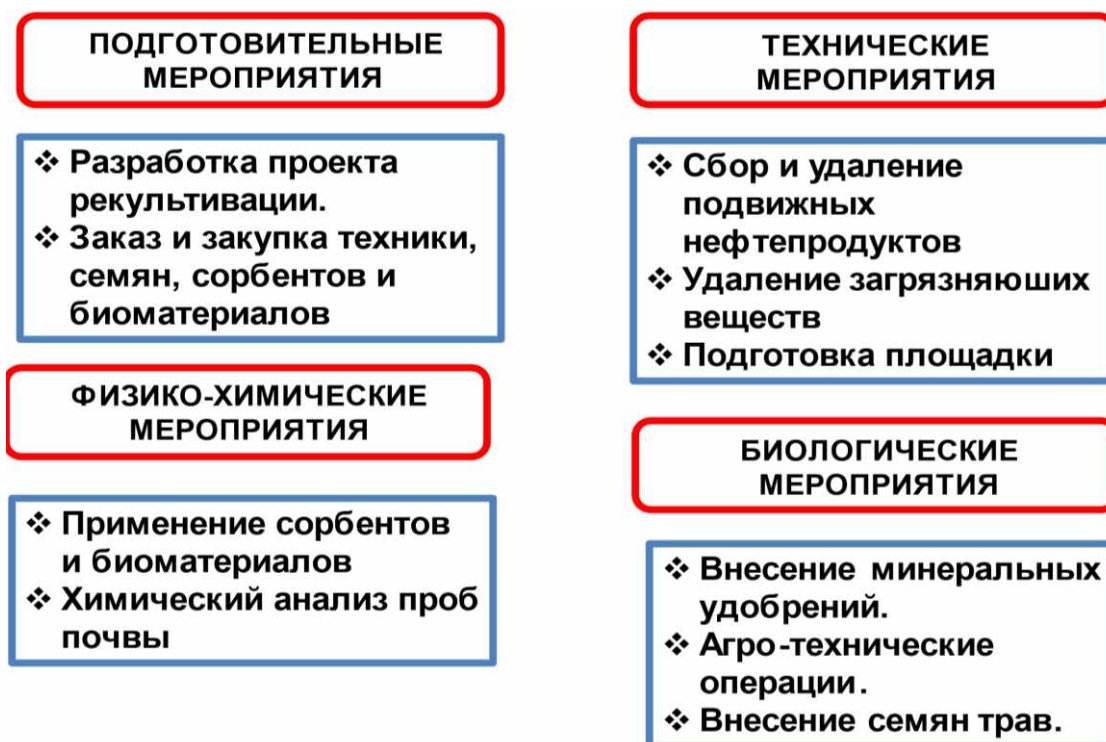


Рис. 5. Рекультивационные мероприятия, проводимые на аварийном участке

Алгоритм работы на аварийном участке показывает основные операции, которые необходимо реализовать (рис. 6).

Потребность в технике на аварийном участке составляет 20 ед. Основная техника — это экскаваторы, бульдозеры, погрузчики, автогрейдеры, краны.

Рекультивационные работы предусматривается проводить на участке площадью 1,019 га. Продолжительность работ — 5 лет, причем техническая рекультивация предусмотрена в 2021 г. (рис. 7).

Для технической рекультивации необходимо приобрести свыше 3000 м<sup>2</sup> сорбента «Экосорб», 22 м<sup>3</sup> песка [3]. Для проведения биологической рекультивации потребуется внести в почву препарат «БАК-Верд», минеральные удобрения, песок, торф и до 160 кг семян различных трав (см. рис. 7).

Материал «Экосорб» является волокнистым сорбентом в форме полотна с сорбирующей способностью — 22 кг/кг почвы (рис. 8).

В ходе исследований установлено, что «Экосорб» лучше поглощает нефть при температуре 20 °С (рис. 9).

Препарат «БАК-Верд» предназначен для экологически безопасной очистки почвенных покровов и водных объектов от загрязнения нефтяными углеводородами [4]. Биоценоз биопрепарата представлен отделами микрофлоры: *Bacillus*, *Atherobacter*, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*. Эффективность биопрепарата «БАК-Верд» рассчитана на 5 лет, за которые содержание нефти в почве при однократной обработке можно снизить в 72 раза, а после трехкратной обработки — в 149 раз (рис. 10).





Рис. 6. Алгоритм работы на аварийном участке



Рис. 7. Сроки проведения рекультивационных работ. Объемы необходимых материалов для проведения рекультивации

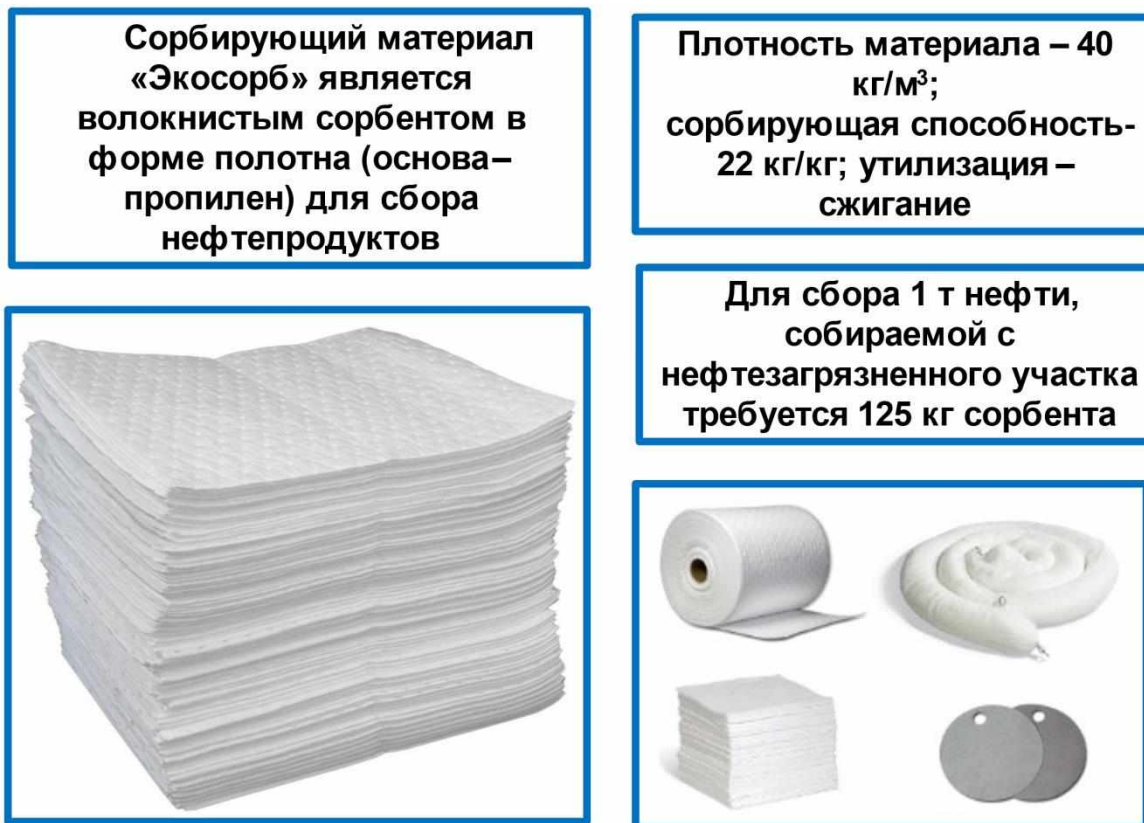


Рис. 8. Характеристика сорбирующего материала «Экосорб», примененного на аварийном участке



Рис. 9. Поглощение нефти на аварийном участке материалом «Экосорб» при различных температурах окружающей среды

| Периоды обработки | Концентрация нефтепродуктов в почве после обработки препаратом «БАК-Верад», мг/кг |                            |                             |
|-------------------|---|----------------------------|-----------------------------|
|                   | После однократной обработки   | После двукратной обработки | После трехкратной обработки |
| 1 год             | 4768  | 3338                       | 2337                        |
| 2 год             | 1636  | 1145                       | 801                         |
| 3 год             | 561   | 393                        | 275                         |
| 4 год             | 192   | 135                        | 94                          |
| 5 год             | 66  | 46                         | 32                          |

**Рис. 10.** Эффективность работы биопрепарата «БАК-Верад» на аварийном участке

При содержании нефти в почве до 5 % при однократной обработке можно через неделю достичь 30 % степени очистки, а через 100 суток — 98 % степени очистки.

Расчет инвестиций, необходимых для рекультивации аварийных земель, свидетельствует, что наиболее затратны статьи расходов на оборудование (600 тыс. руб.), автотранспорт (500 тыс. руб.), закупку материалов (200 тыс. руб.). Общая сумма затрат составляет 1,47 млн руб.

Таким образом, предлагается проект рекультивации земель аварийного участка на 52 км конденсатопровода «Ямбург — Уренгой».

Высокая степень деградации земель позволяет предложить алгоритм работы на аварийном участке, предусматривающий, кроме технической и биологической рекультивации, использование сорбента «Экосорб» в количестве 3057 м<sup>2</sup> и биопрепарата «БАК-Верад» в количестве 2293 кг.

Расчетные инвестиции для реализации проекта — 1,47 млн руб.

Реализация проекта рекультивации предусматривается в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ и рассчитана на 5 лет.

#### Библиографический список

1. О проведении рекультивации и консервации земель : постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800 : [сайт]. — URL: <http://base.garant.ru/71985800/#ixzz6tb3nfGyg> (дата обращения: 01.05.2021).
2. Муниципальный округ Пуровский район : [сайт] — URL: <https://puradm.ru/deyatelnost/ekonomika-rayona/investitsii-mo-purovskiy-rayon/obshchie-svedeniya-o-purovskom-rayone/raspolozhenie.php> (дата обращения: 01.05.2022).
3. Гудыма В. Я. Сорбенты при очистке нефтяного загрязнения на участке моделируемой аварии на 995 км перегона ст. Дельбичинда — ст. Дабан ВСЖД / В. Я. Гудыма, Д. И. Майоренко // Молодой ученый. — 2019. — № 15 (253). — С. 166—170.
4. Черных, М. С. Нефтедеструкция и биоремедиация / М. С. Черных, А. В. Садчиков. — URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_27181932\\_93420236.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_27181932_93420236.pdf) (дата обращения: 01.05.2022).

*В статье предложены варианты разработки лесосеки системами машин «харвестер Volvo + форвардер Ponse Buffalo» и «харвестер Caterpillar + форвардер John Deer» на примере предприятия ООО «СевЛесПил» Республики Коми.*

**Ключевые слова:** лесозаготовка, пиловочник, лесосфонд, лесосечные работы, лесозаготовительные машины

**М. Н. Кочева,**  
старший преподаватель;  
**Н. Г. Кокшарова,**  
ведущий инженер кафедры «Экономика и управление»  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ВЫБОРА СИСТЕМ МАШИН В ООО «СЕВЛЕСПИЛ» РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

Территория Российской Федерации богата лесными ресурсами. Примерно 45,5 % территории — это лесные массивы.

Лесные ресурсы являются возобновляемыми. Следовательно, при грамотном использовании эти ресурсы являются крупным источником получения прибыли [1].

На предприятии ООО «СевЛесПил» промышленный выпуск продукции начался в 2002 г. За этот период, увеличив объем производства в четыре раза, предприятие заняло одно из лидирующих мест в Республике Коми по выпуску пиломатериалов хвойных пород. Обеспечение предприятия сырьем осуществляется собственной лесозаготовкой, а также в сотрудничестве с крупнейшими лесозаготовителями региона [2].

На предприятии для лесозаготовки имеется две системы машин «харвестер Caterpillar + форвардер John Deere», а также «харвестер VolvoEC220 + форвардер Ponse Buffalo 8W».

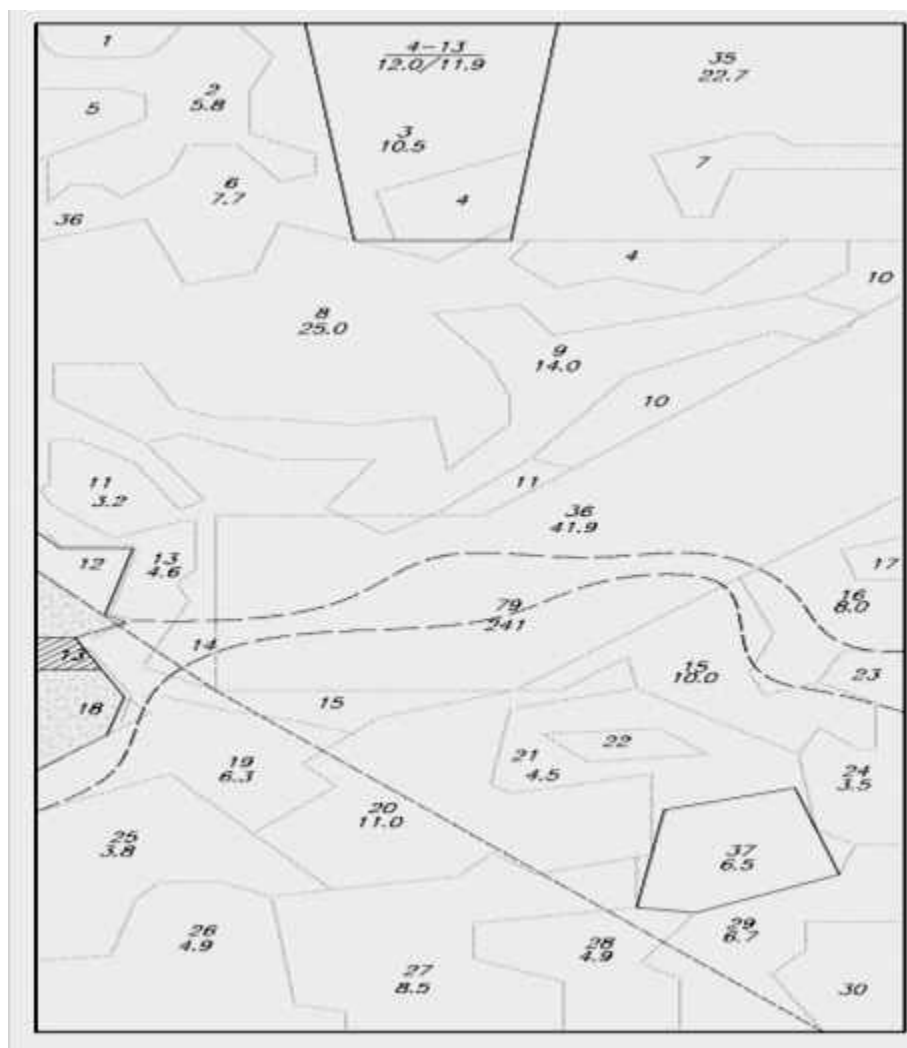
Предложив предприятию и выяснить, какая из приведенных систем машин работает экономичнее, принимая во внимание, что время работы, объем заготовки древесины и остальные показатели схожи.

Технологический процесс производства при системе машин «харвестер + форвардер» и разработка делянки начинается с наметок осей волоков.

На рис. 1 показана технологическая карта лесосеки предприятия ООО «СевЛесПил».

Оси волоков намечают через 18—20 м из расчета, чтобы харвестер обработал все деревья, подлежащие рубке на волоке и примыкающих к нему полупасаках за 1—2 прохода по волоку. При ширине пасеки 18—20 м харвестер обрабатывает все деревья одновременно с волока, а затем с полупасек за 1—2 прохода отдельно с волока. Харвестер начинает валку деревьев, одновременно прорубает волока, убирает зависшие деревья. На полупасаках в соответствии с расчетной интенсивностью рубке подлежат деревья, отмеченные затесками

или лентами, определяемому оператором харвестера перед валкой визуальным и по показаниям компьютера харвестера.



**Рис. 1.** Технологическая карта лесосеки предприятия ООО «СевЛесПил»

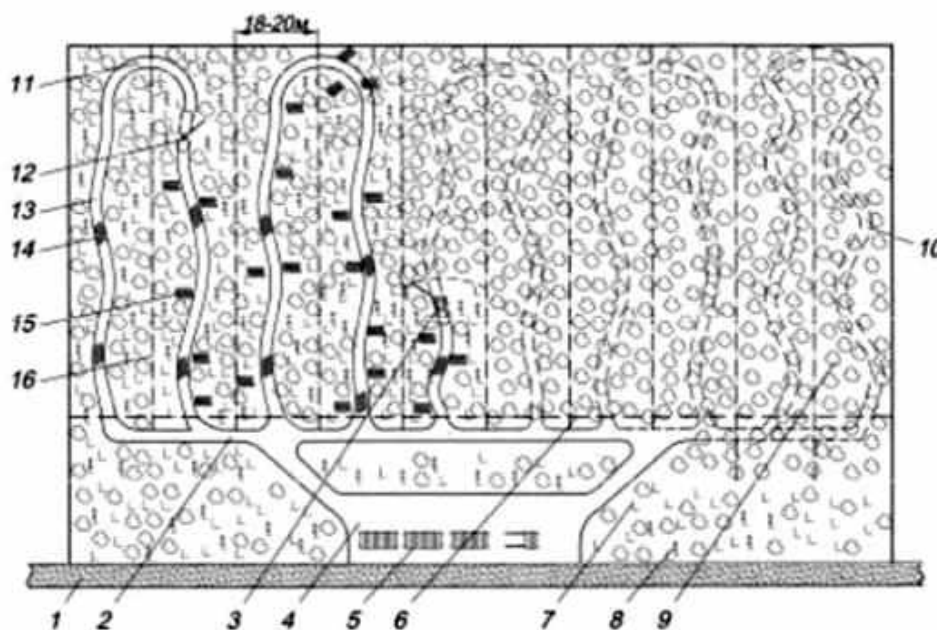
Валка деревьев на полупасеках ведется в направлении перпендикулярному к оси волока.

Харвестером на полупасеках обрабатываются все сухостойные, ветровальные, сломанные и другие поврежденные деревья, а также валежины с твердой (деловой) древесиной. Волока устраиваются по возможности ровными, горизонтальными, с низкими пнями и без препятствий, для свободного последующего движения форвардера. Продвигаясь в глубь пасеки, харвестер продолжает рубку волока и производить валку деревьев. На поворотном участке харвестер переезжает на соседний волок и продолжает заготовку древесины.

Обрезка сучьев с деревьев харвестером осуществляется в основном перед волоком, с целью укрепления почвенного покрова волока хворостинным настилом и повышения проходимости форвардера.

Форвардер производит трелевку сортиментов на расстоянии от харвестера 70—90 м. Форвардер по пасечному волоку заезжает в конец делянки задним ходом и при выезде машинист манипулятором производит сбор сортиментов. После набора пачки сортиментов производится трелевка до погрузочного пункта.

На рис. 2 изображена схема валки древесины с использованием системы машин «харвестер — форвардер» [3].



**Рис. 2.** Схема разработки лесосеки

с использованием системы машин «харвестер + форвардер»:

- 1 — лесовозный ус; 2 — магистральный волок; 3 — харвестер; 4 — верхний склад;  
 5 — штабель сортиментов; 6 — зона безопасности; 7 — пни; 8 — сохраненный подрост;  
 9 — насаждение до рубки; 10 — насаждение с подростом до рубки;  
 11 — разворотное кольцо; 12 — форвардер; 13 — пасечный технологический коридор;  
 14 — порубочные остатки; 15 — пачки сортимента; 16 — граница пасеки

На погрузочном пункте штабелевка сортиментов производится на подготовленные вдоль уса места, в плотные однотипные штабеля высотой до 4 м. На погрузке сортиментов используется форвардер.

Вывозка сортиментов на промежуточный склад осуществляют лесовозные автомобили сортиментовозы МАЗ-5434 + прицеп-ропуск ГКБ-9362.

Результаты экономической эффективности внедрения систем машин представлены в таблице [4].

Результаты экономической эффективности

| Показатели                                | Харвестер CAT,<br>форвардер JOHN DEER | Харвестер Volvo,<br>форвардер Ponsse Buffalo |
|---|---------------------------------------|--|
| Капитальные вложение, тыс. руб.           | 40000                                 | 36000  |
| Объем товарной продукции в год, тыс. руб. | 86400                                 | 51840  |
| Коммерческий эффект за 5 лет, тыс. руб.   | 194333,93                             | 89988,66                                     |
| Индекс доходности, руб. / руб.            | 5,86                                  | 3,50   |
| Дисконтированный срок окупаемости, лет    | 0,74                                  | 1,25   |

**Выводы.** Несмотря на более высокий показатель капитальных вложений, система машин «харвестер Caterpillar + форвадер John Deere» имеет наибольший коммерческий эффект и индекс доходности за наименьший срок окупаемости, чем у системы машин «харвестера Volvo + форвардер PonselBuffalo».

Таким образом, система машин «харвестер Caterpillar + форвадер John Deere» является более рентабельной, в связи с чем предлагается ее дальнейшее использование в лесозаготовительных работах на предприятии ООО «СевЛесПил».

#### **Библиографический список**

1. Ширнин, Ю. А. Технология и оборудование лесопромышленных производств: учеб. пособие. Ч. 1. Лесосечные работы / Ю. А. Ширнин. — Москва : МГУЛ, 2004. — 446 с.

2. Лесной кодекс Российской Федерации : от 04.12.2006 № 200-ФЗ : ред. от 03.08.2018 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.10.2019). Об утверждении Правил заготовки древесины и особенностей заготовки древесины в лесничествах, лесопарках, указанных в статье 23 Лесного кодекса Российской Федерации : приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 13.09.2016 г. № 474 // СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.10.2019).

3. Рябухин, П. Б. Технологические схемы разработки элементов лесосек : метод. указания к выполнению курсового и дипломного проектирования / П. Б. Рябухин. — Хабаровск, 1992. — 43 с.

4. Любушин, Н. П. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия: учеб. пособие для вузов / Н. П. Любушин, В. Б. Лещева, В. Г. Дьякова. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — 471 с.

5. Куклин, О. С. Методы (анализ) оценки инвестиций / О. С. Куклин // Инновации в инвестиции. — 2020. — № 11. — С. 18—20.

*В работе исследуются особенности детектирования амплитудно-модулированного сигнала на анизотропном магнестрикционном преобразователе при ориентации кристаллографической ячейки [011]. Были рассмотрены режимы колебаний упругой подсистемы пленки железиттриевого граната при различных условиях возбуждения. Определены параметры переменного амплитудно-модулированного поля, таких как напряженность, поляризация и глубина модуляции, при которых возможно эффективное детектирование сигнала на частоте модуляции.*

**Ключевые слова:** магнитоакустика, нелинейные колебания, упругие колебания, колебания намагниченности

**Д. К. Лыткин,**

студент, 2 курс, направление подготовки УТС

**М. А. Филитов,**

студент, 1 курс, направление подготовки ИСиТ

**Д. А. Плешев,**

кандидат физико-математических наук,

**Ф. Ф. Асадуллин,**

доктор физико-математических наук, профессор

(Сыктывкарский лесной институт);

**В. С. Власов,**

кандидат физико-математических наук

**Л. Н. Котов,**

доктор физико-математических наук, профессор

(Сыктывкарский государственный университет

имени Питирима Сорокина);

**В. И. Щеглов,**

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник

(Институт радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН)

## **ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА НА АНИЗОТРОПНОМ МАГНЕСТРИКЦИОННОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ ПРИ ОРИЕНТАЦИИ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЯЧЕЙКИ [011]**

**Введение.** История применения магнестрикционных преобразователей на основе монокристаллических и составных тонкопленочных ферритовых структур насчитывает несколько десятилетий. Широкое распространение такие материалы получили после открытия железиттриевого граната (ЖИГ), обладающим высокой добротностью [1].

Новым витком развития интереса исследователей к подобным структурам стал вопрос приема и регистрации на магнестрикционных ультракоротких акустических, магнитных и лазерных импульсов. Подобные детекторы могут использоваться для приема и обработки сигналов в СВЧ диапазоне, где эффективность полупроводниковых устройств ограничена высокой междуэлектродной емкостью.



Ограничение мощности для магнитострикционных преобразователей накладываемое параметрическим возбуждением обменных волн можно избежать при использовании геометрии нормально намагниченной тонкой пластины.

В работах [3, 4, 5] показана возможность реализации регистрации амплитудно-модулированного переменного магнитного поля на основе резонансных магнитоакустических свойств тонкой пленки. Однако, несмотря на глубокую проработку темы, ряд вопросов не был рассмотрен, в том числе влияние анизотропии при ориентации кристаллографической ячейки [011].

Настоящая работа посвящена исследованию возможности использования магнитострикционного преобразователя для обнаружения СВЧ-сигнала с амплитудной модуляцией. В работе рассматриваются колебания вектора намагниченности и упругих перемещений в нормально намагниченной ферритовой пленке с ориентацией кристаллографической ячейки [011]. Проведен анализ влияния ориентации кристаллографической ячейки на характер динамики намагниченности и колебаний упругого смещения, установление различных мод колебаний и процесс обнаружения.

**Постановка задачи.** Рассмотрим геометрию задачи, представленную на рис. 1. Задача решается в декартовой системе координат. Пусть центр плоскопараллельной пленки ферромагнетика толщиной  $d$  совпадает с центром системы координат  $Oxyz$ , а плоскость пленки параллельна плоскости  $Oxy$ . Постоянное магнитное поле  $\vec{H}_0$  ориентировано в положительном направлении оси  $Oz$ , а переменное магнитное поле  $\vec{h}_0$  лежит в плоскости пленки.

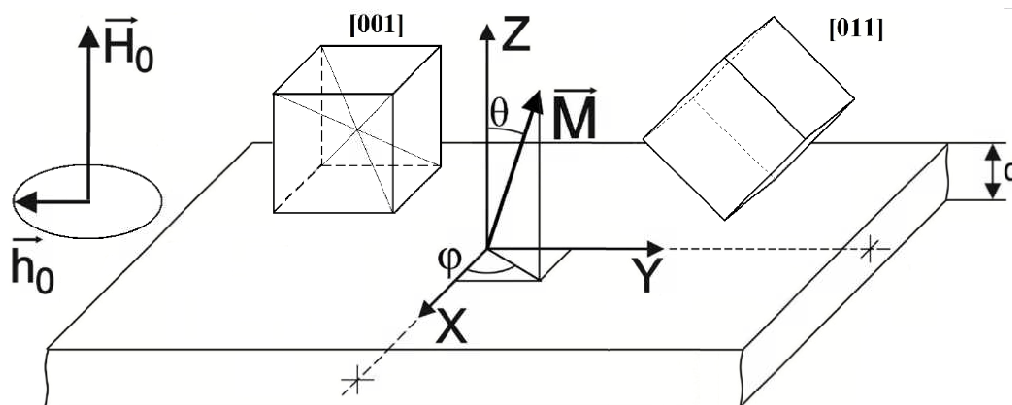


Рис. 1. Геометрия задачи

Полная плотность энергии пленки  $U$  в магнитном поле  $\vec{H}$  при принятых условиях равна сумме энергий диполь-дипольного взаимодействия, зеемановской энергии, энергии кубической анизотропии, магнитоупругой и упругой энергий:

$$U = U_{dd} + U_{ze} + U_{an} + U_{me} + U_e \quad (1)$$

Исходными уравнениями системы являются уравнение Ландау — Лифшица — Гильберта и уравнение движения для упругих смещений:

$$\frac{\partial \vec{m}}{\partial t} = -\gamma \cdot [\vec{m} \times \vec{H}_e] + \alpha \cdot \left[ \vec{m} \times \frac{\partial \vec{m}}{\partial t} \right], \quad (2)$$

$$\rho \cdot \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} + 2\beta\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k}, \quad (3)$$

где  $\gamma$  — гиромагнитная постоянная,  $\alpha$  — параметр магнитного затухания,  $\rho$  — плотность материала пластины,  $\beta$  — параметр упругого затухания, а  $\sigma_{ik}$  — тензор напряжений имеет вид:

$$\sigma_{ik} = \frac{1+\delta_{ik}}{2} \cdot \frac{\partial U}{\partial u_{ik}}, \quad (4)$$

где  $\delta_{ik}$  — символ Кронекера.

Для упрощения задачи использованы следующие допущения, аналогичные представленным в работе [6]:

– прецессия намагниченности однородна в объеме пленки и не зависит от координат;

– продольные колебания упругого смещения вдоль оси  $Oz$  не связаны с колебаниями намагниченности, т. е.  $uz = 0$ .

Тогда уравнение для компонентов упругого смещения имеет вид:

$$\frac{\partial^2 u_{x,y}}{\partial t^2} = -\beta \frac{\partial u_{x,y}}{\partial t} + c_{44} \frac{\partial^2 u_{x,y}}{\partial z^2} \quad (5)$$

Граничные условия выглядят следующим образом:

$$c_{44} \left. \frac{\partial u_{x,y}}{\partial z} \right|_{z=\pm d/2} = -B_2 m_{x,y} m_z \quad (6)$$

Амплитудная модуляция для возмущающего переменного магнитного поля вводится в классическом виде:

$$h_x = h_{0x} [1 + A_m \sin(2\pi f_m t)] \sin(2\pi f_0 t), \quad (7)$$

где  $A_m$  — коэффициент (глубина) модуляции;  $f_m$  — частота модуляции;  $f_0$  — несущая частота амплитудно-модулированного переменного поля. Для неискаженной передачи сигнала  $A_m \leq 1$ .

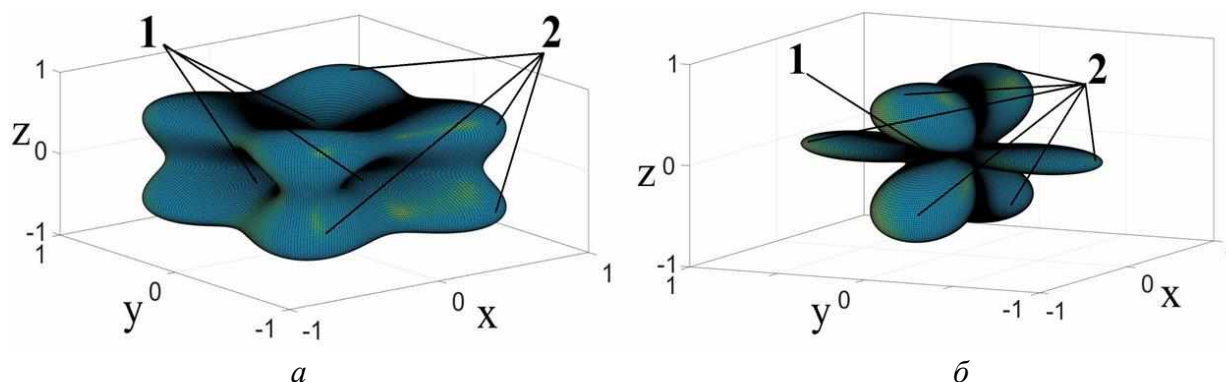
Представленная система обыкновенных дифференциальных уравнений решалась численно методом Рунге-Кутты 7—8 порядков с контролем интегрирования на каждом шаге.

При численном решении брались следующие параметры материала слоя ЖИГ: намагниченность насыщения пленки  $M_0 = 139.26$  Гс; магнитоупругая константа  $B_2 = 6.96 \cdot 10^6$  эрг·см<sup>-3</sup>; модуль упругости  $c_{44} = 7.64 \cdot 10^{11}$  эрг·см<sup>-3</sup>; плотность  $\rho = 5.17$  г·см<sup>-3</sup>. Значение констант магнитной и упругой диссипации взяты равными:  $\alpha = 0.02$  и  $\beta = 2 \cdot 10^8$  с<sup>-1</sup>. Эти значения больше реальных, но позволяют процессам релаксации колебаний магнитной и упругой подсистем завершиться за более короткое время. Напряженность постоянного магнитного поля  $H_0 = 2750$  Э, а переменного амплитудно-модулированного магнитного поля была  $h_{0x} = (0 \div 2) \cdot 10^3$  Э. Частота ФМР пленки ЖИГ в постоянном поле

$H$  равна несущей частоте амплитудно-модулированного переменного поля  $f_0 = 2.8 \cdot 10^9$  Гц, а частота модуляции равна частоте акустического резонанса для пленки толщиной  $d = 6.865$  мкм и составляет  $f_m = 2.8 \cdot 10^8$  Гц.

**Результаты.** Рассмотрим динамику колебаний вектора намагниченности и упругих колебаний ферритовой пленки при возбуждении переменным магнитным полем в зависимости от параметра (глубины) модуляции, поляризации и амплитуды переменного амплитудно-модулированного магнитного поля.

Кристаллографическая анизотропия вносит существенные возмущения в распределение плотности энергии и обуславливает уникальную для каждого вида ориентации кристаллографической ячейки динамику вектора намагниченности и упругих колебаний. Для примера на рис. 2 представлены зависимости энергии кристаллографической анизотропии для ориентаций кристаллографической ячейки  $[001]$  и  $[011]$  от направления в кубической решетке. Из рисунка видно, что в случае, представленном на рис. 2а, легкими являются оси декартовой системы координат, то в случае, представленном на рис. 2б, можно говорить о легких плоскостях.



**Рис. 2.** Зависимость энергии кристаллографической анизотропии для ориентации кристаллографической ячейки (а)  $[001]$  и (б)  $[011]$ : (1) — потенциальная яма; (2) — потенциальный барьер

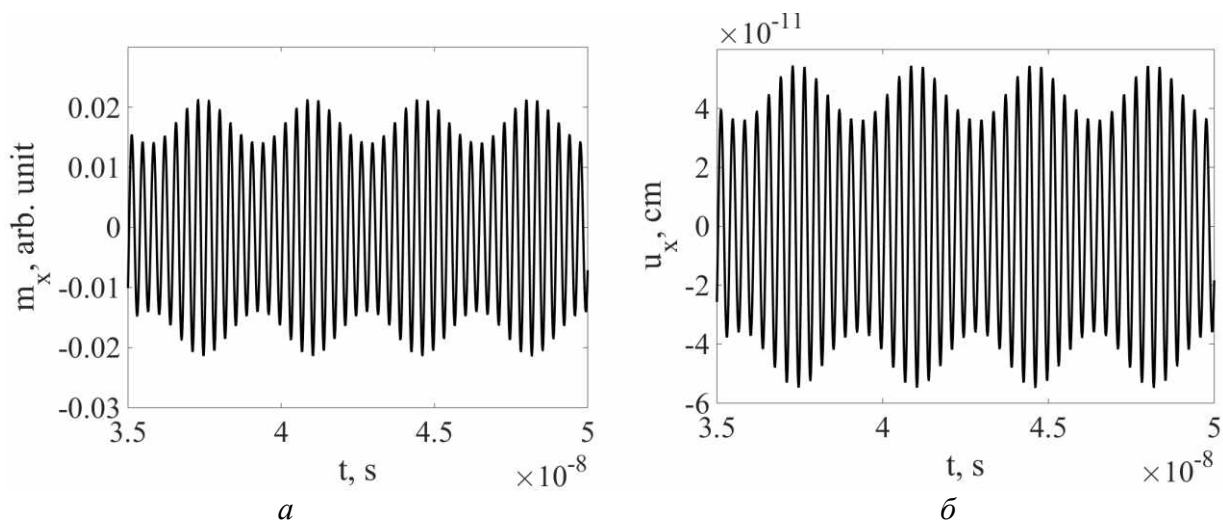
Исследование динамики упругих колебаний при амплитудно-модулированном возбуждении позволило выделить основных 3 режима, реализация которых определяется в большей степени напряжённостью переменного магнитного поля и его поляризацией.

Режим 1 – режим модуляции (рис. 3). Колебания намагниченности и упругие колебания совершают основные колебания на несущей частоте переменного поля, которые при этом модулированы на частоте модуляции переменного поля.

Режим 2 – режим смещения нулевой линии (рис. 4). Колебания намагниченности и упругие колебания совершают колебания на несущей частоте переменного поля, описывая окружности правильной формы. Однако нулевая линия этих колебаний совершает периодическое движение по гармоническому закону.

Режим 3 — режим детектирования (рис. 5). В данном режиме упругие колебания реализуются с большой амплитудой на частоте модуляции. При этом амплитуда колебаний на несущей частоте падает. Общий вид упругих колеба-

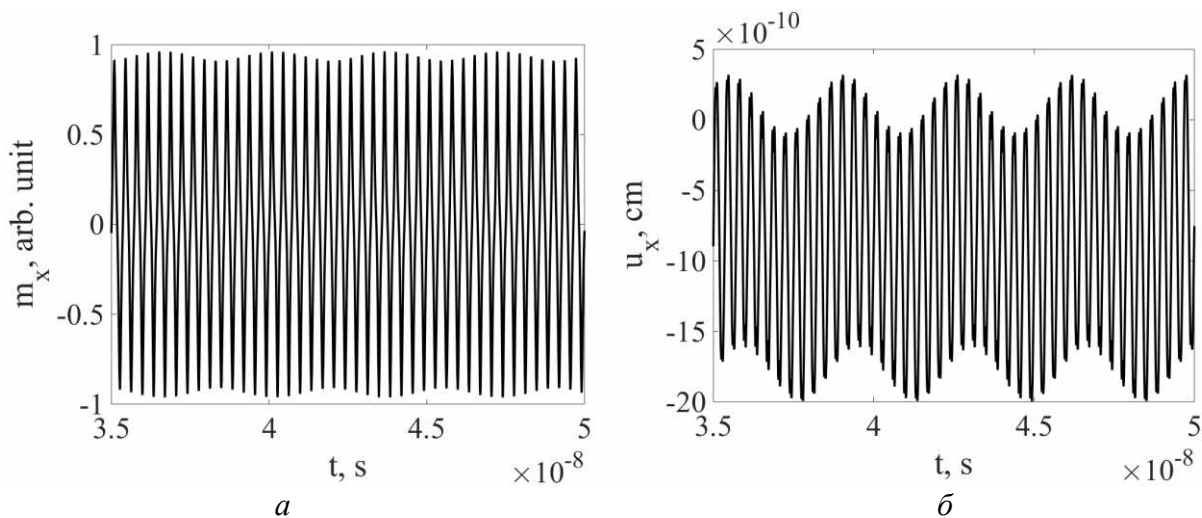
ний представляет собой колебания большой амплитуды на частоте модуляции, которые являются нулевой линией колебаний на несущей частоте с малыми амплитудами. Отметим, что колебания намагниченности, в отличие от режима детектирования изотропной пленки, рассмотренной в работе [7], имеют сложный нестационарный характер близкий к хаотизации.



**Рис. 3.** Режим 1 — режим модуляции:

*a* — колебания намагниченности; *б* — упругие колебания.

Параметры:  $h_0 = 1$  Э,  $A_m = 0,5$ . Поляризация переменного магнитного поля — линейная



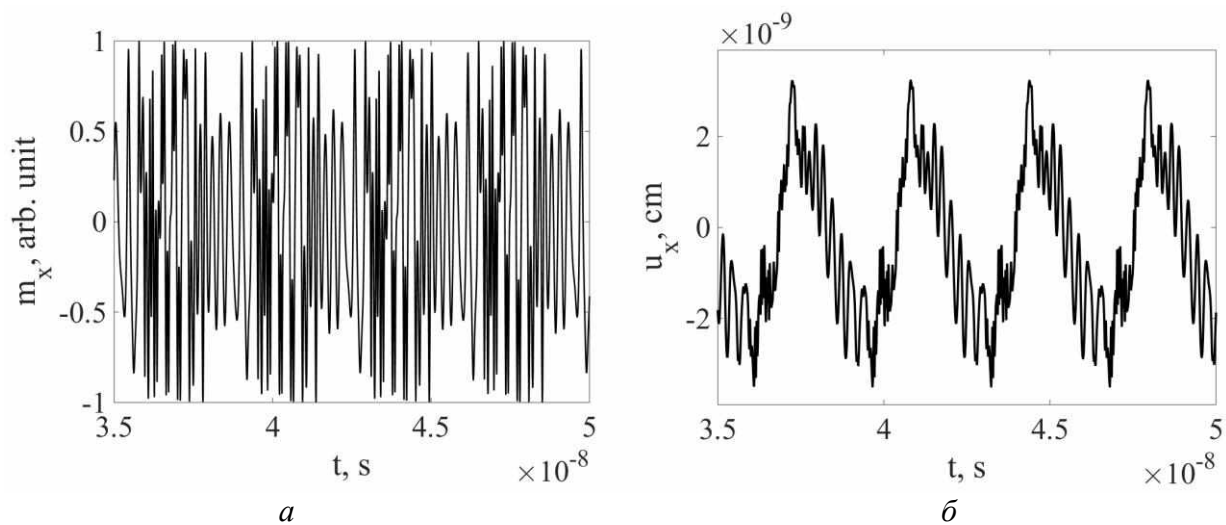
**Рис. 4.** Режим 1 — режим смещения нулевой линии:

*a* — колебания намагниченности; *б* — упругие колебания.

Параметры:  $h_0 = 1600$  Э,  $A_m = 0,5$ . Поляризация переменного магнитного поля — линейная

Анализ спектров упругих колебаний показал, что режим модуляции (рис. 3а) и режим смещения нулевой линии (рис. 4б) непригодны для реализации детектирования, так как колебания большой амплитуды возбуждаются только на частоте модуляции, или, как в случае режима смещения нулевой линии, в области частот близких к нулю. Отметим, что в режиме детектирования спектр обогащен большим количеством сателлитных и комбинационных составляющих. Однако амплитуды этих колебаний не превышают 20 % от амплитуды колеба-

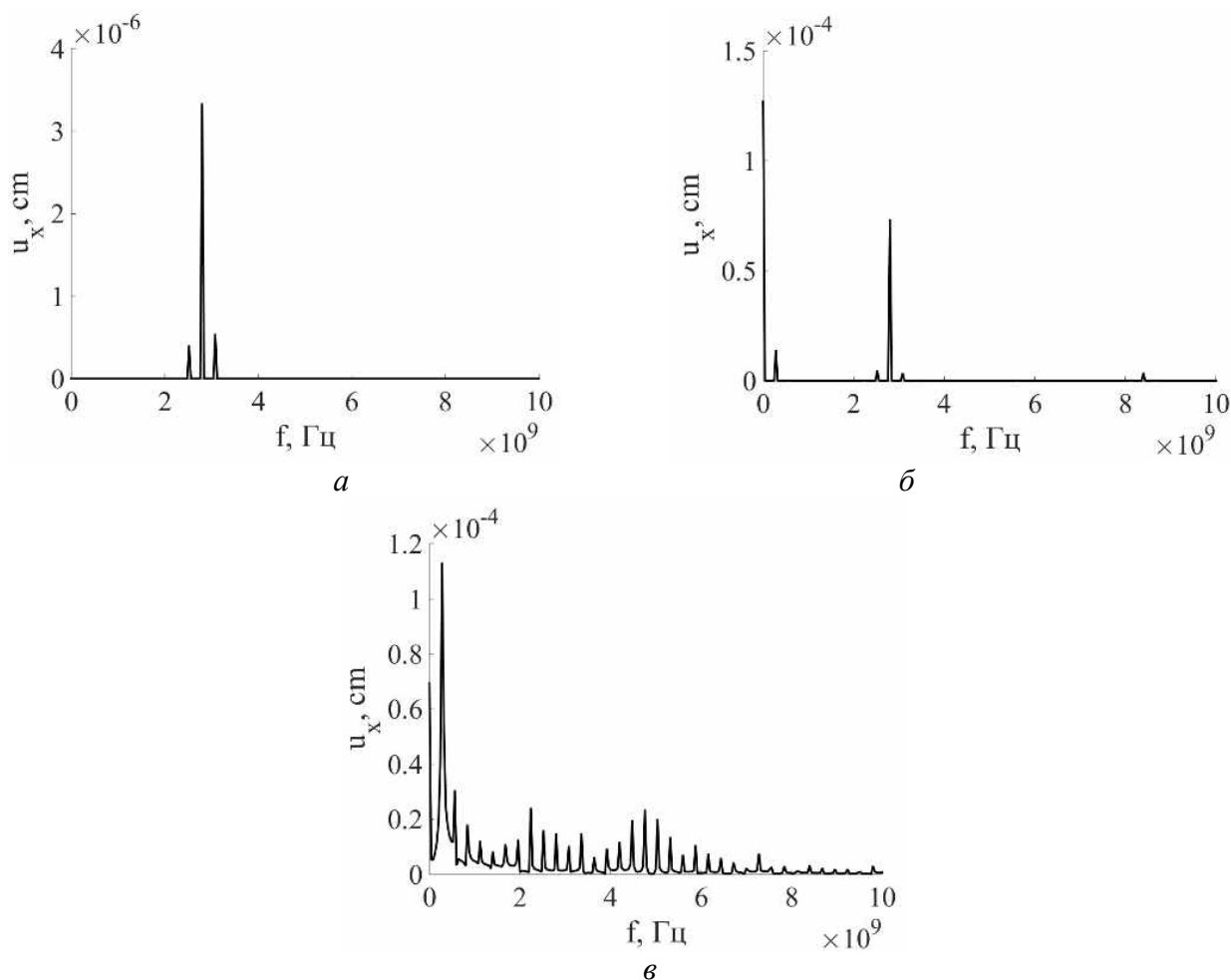
ний на частоте модуляции, что позволяет говорить о реализации процесса детектирования.



**Рис. 5.** Режим 1 — режим детектирования:

*a* — колебания намагниченности; *б* — упругие колебания.

Параметры:  $h_0 = 1900$  Э,  $A_m = 0,5$ . Поляризация переменного магнитного поля — линейная

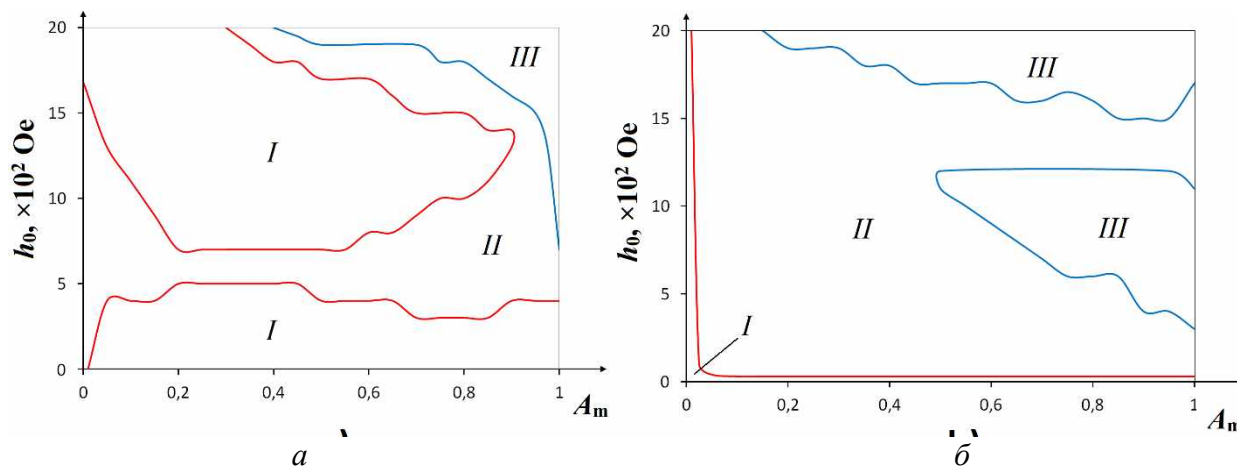


**Рис. 6.** Спектры колебаний в различных режимах:

*a* — режим модуляции; *б* — режим смещения нулевой линии; *в* — режим детектирования.

Параметры колебаний аналогичны рис. 3—5 соответственно

На основании полученных данных были построены карты режимов в плоскости «напряженность поля — глубина модуляции» для линейно поляризованного и поляризованного по кругу переменных амплитудно-модулированных магнитных полей представленная на рис. 7.



**Рис. 7.** Карты режимов в плоскости «напряженность поля — глубина модуляции»: I — режим модуляции; II — режим смещения нулевой линии; III — режим детектирования;  $a$  — круговая поляризация поля  $h_0$ ;  $b$  — линейная поляризация поля  $h_0$

Таким образом, исходя из данных представленных на рис. 7, можно с уверенностью говорить об ограниченной применимости ферритовых пленок с кристаллографической анизотропией с ориентацией [011] при линейной поляризации в связи с большим количеством переходных границ. В случае круговой поляризации пленка подобного рода неприменима, т.к. детектирование реализуется в крайне узком диапазоне параметров.

**Заключение.** В работе рассмотрено детектирование амплитудно-модулированного сигнала на основе резонансных магнитоакустических свойств магнитной пленки с кристаллографической анизотропией, соответствующей ориентации ячеек решетки [011]. Выявлены три режима колебаний упругой подсистемы: режим модуляции, режим смещения нулевой линии, режим детектирования. Определены зависимости этих режимов от параметров возбуждения.

Было обнаружено, что анизотропные пленки с ориентацией ячеек решетки [011] неэффективны для обнаружения частотно-модулированного сигнала. Они имеют узкий диапазон параметров возбуждения, пригодных для реализации режима чистого детектирования, как в случае линейной, так и в случае круговой поляризации переменного амплитудно-модулированного магнитного поля. Как показано в работе [3], это они соответствуют характеристикам изотропных пленок и анизотропных пленок с ориентацией кристаллографической ячейки вида [001].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-72-20048).*

### Библиографический список

1. Comstock R.L., LeCraw R.C. Generation of microwave elastic vibrations in a disk by ferromagnetic resonance // J. Appl. Phys. 1963. V. 34. № 10. P. 3022–3027.
2. Sementsov D.I., Shuty A.M. Nonlinear regular and stochastic dynamics of magnetization in thin-film structures // Physics Uspekhi. 2007. V. 50. № 8. P. 793.
3. Д. А. Плешев, В. С. Власов, Ф. Ф. Асадуллина и др. Характер, структура колебаний компонент намагниченности и упругого смещения пленки при амплитудно-модулированном возбуждении // Физика металлов и металловедение, 2022, том 123, № 3, с. 299–304
4. Д. А. Плешев, Ф. Ф. Асадуллин, В. С. Власов и др. Влияние анизотропии магнитных пленок на детектирование магнитоупругих полей при амплитудно-модулированном возбуждении магнитным полем // Физика металлов и металловедение, 2022, том 123, № 3, с. 320–325
5. В. С. Власов, Д. А. Плешев, В. Г. Шавров, В. И. Щеглов. Нелинейное детектирование магнитоупругих колебаний в режиме амплитудной модуляции // Журнал радиоэлектроники, №3, 2019.
6. Д.А. Плешев, Ф.Ф. Асадуллин, Н.А. Оганезова и др. Особенности динамики магнитной и упругой подсистем в тонкой ферритовой пленке при магнитострикционном преобразовании частот // Известия РАН. Серия физическая, 2019, том 83, №7, с. 987–989.
7. D. A. Pleshev, F. F. Asadullin, I. A. Chuprov et al. Dynamics of the Magnetic and Elastic Subsystems of a Yttrium-Iron Garnet Film when Detecting the Magnetic Field in the Mode of Amplitude Modulation // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2022, Vol. 86, No. 5, pp. 623–628.

*Проведено исследование природно-климатических условий зоны строительства автодороги Сыктывкар — Нарьян-Мар с учетом организации строительства и последующей эксплуатации этой автомагистрали. Предложена методика расчета сезонного протаивания и промерзания грунтов, которая может быть использована для назначения глубины заложения и выбора типов конструктивных решений для этого сооружения, а также разработки мероприятий, исключающих возможность появления недопустимых деформаций земляного полотна и покрытия участков автомобильной дороги.*

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, глубина заложения, многолетнемерзлые породы, земляное полотно, грунт

**Г. Б. Николаев,**  
кандидат технических наук, доцент;  
**В. С. Слабиков,**  
кандидат технических наук;  
**К. Е. Вайс,**  
старший преподаватель  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ (ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ) УСЛОВИЙ ЗОНЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОДОРОГИ СЫКТЫВКАР — НАРЬЯН-МАР**

Для развития северных регионов Республики Коми, Ненецкого автономного округа соединения их федеральной сетью автомагистралей начато строительство и последующая эксплуатация автомагистрали Сыктывкар — Нарьян-Мар с подъездом к Воркуте и Салехарду. В условиях Крайнего Севера строительство автодороги производится в мощных толщах мерзлых пород, местами льдистых и прерывистых, оттаивающих и промерзающих, где возможны опасные криогенные процессы. Поэтому для оценки условий строительства и эксплуатации автомагистрали необходимо углубленное изучение и учет сложившейся в этом районе инженерно-геологической(геокриологической) обстановки.

При этом обычные инженерно-геологические работы необходимо дополнить более сложными и продолжительными инженерно-геокриологическими. Эти работы необходимы для получения данных о распространении многолетнемерзлых пород (ММП) по площади и в геологическом разрезе, степени неоднородности их характеристик — температуры, льдистости, развития криогенных процессов. Только при этом условии возможен правильный выбор рациональных методов и приемов строительства и успешная эксплуатации автомагистрали.

Ранее проведенными исследованиями [2, 3] установлено непрерывное распространение многолетнемерзлых пород в районе г. Воркуты. Но и там под крупными реками и озерами встречаются участки, сложенные на всю мощность мерзлоты тальми породами (таликами). Количество и площадь таликов возрастает с севера на юг. Южная граница распространения многолетнемерзлых пород проводится условной линией по широтному колену р. Печоры и опускается



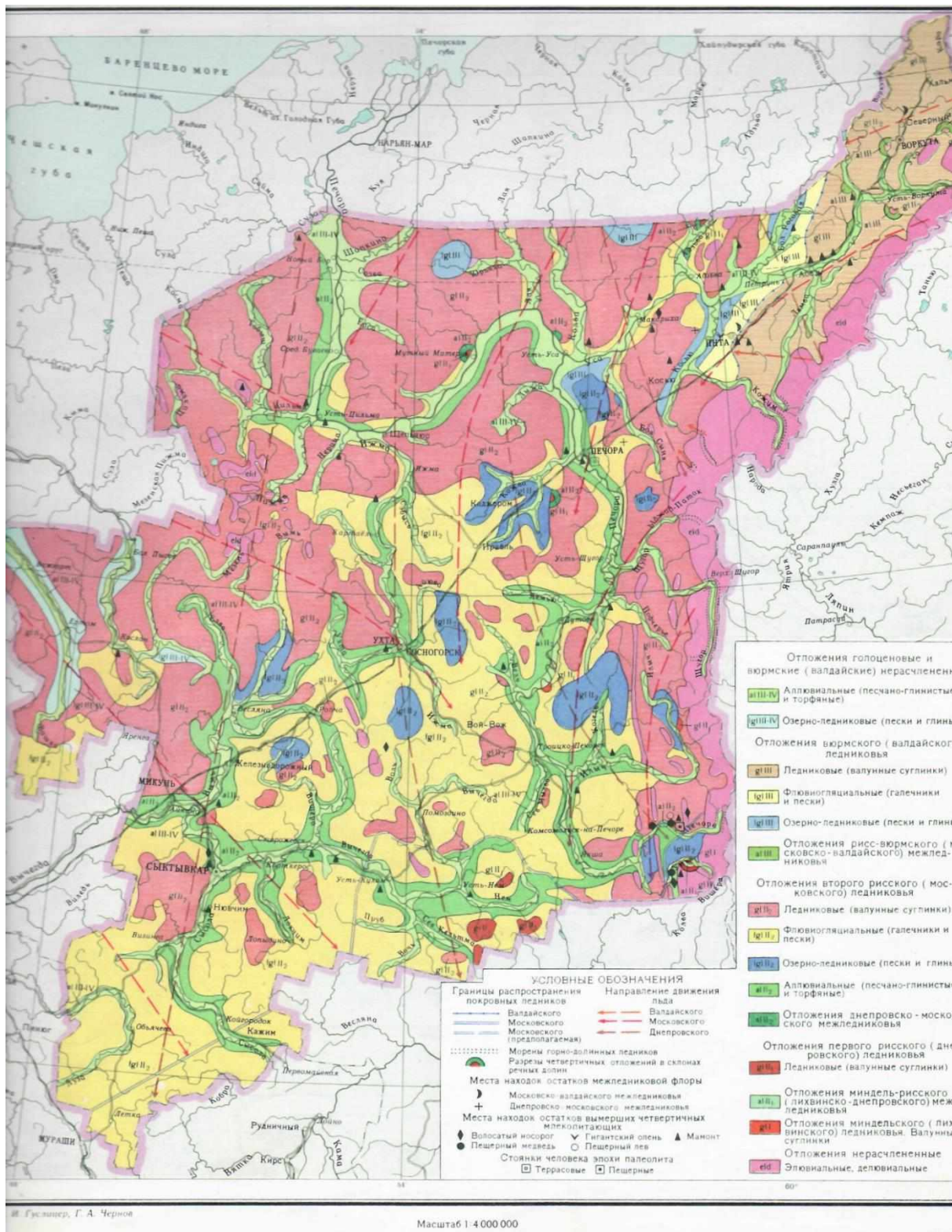
на юг вдоль западного склона Урала. Ширина этой переходной зоны в условиях равнинного рельефа и однородного геологического строения может составлять от нескольких десятков до сотен километров, а в условиях горного рельефа — до нескольких десятков километров.

По мерзлотно-температурному районированию в пределах рассматриваемой территории выделено несколько зон. Вдоль Южной границы ММП протягивается зона, в которой многолетнемерзлые породы развиты среди талых пород лишь в виде отдельных островов с максимальной мощностью до 25 м. Севернее за ней следует зона массивно-островного распространения ММП с максимальной мощностью до 100 м, разделенных таликами (толщи, лишённые многолетнемерзлых пород). Далее мерзлота еще более увеличивается в размерах и мощности и постепенно переходит к зоне прерывистого распространения ММП с мощностью до 200 м. В этом случае талики наблюдаются под руслами крупных рек, под озерами и на участках интенсивной циркуляции подземных вод. Максимальное, преимущественно сплошное развитие многолетнемерзлых пород наблюдается в самых северных районах, примыкающих к Северному Ледовитому океану, где мощность их превышает 500 м. Рассматриваемая территория строительства автодороги пересекает практически все вышеприведенные зоны, где меняются инженерно-геологические условия в широких пределах, от сезонно мерзлых пород до ММП сплошного распространения. Отмечаемая широтная зональность многолетней мерзлоты, соответствует климатической зональности. Отдельные зоны с различным характером и степенью прерывистости мерзлых толщ и их мощность сменяют друг друга в направлении с юга на север.

Поверхностные отложения представляют особый интерес, поскольку чаще всего они являются основанием при возведении различных инженерных сооружений и именно к ним приурочены месторождения строительных материалов и большинство криогенных явлений и процессов. На карте четвертичных отложений в районе проектируемой трассы выделяются контуры геологических толщ, отличающихся литологическим составом горных пород, условиями их залегания и площадью распространения (рисунок) [1]. Полученная с ее помощью информация позволяет в общих чертах охарактеризовать физико-механические и фильтрационные свойства грунтов в пределах выделяемых геологических образований. С комплексом четвертичных отложений связаны месторождения местных строительных материалов. Наибольшее практическое значение имеют песчано-гравийные и песчаные месторождения, связанные с отложениями аллювиального ( $al\ II_2$ ) и водно-ледникового ( $fgl\ II_2$ ) комплекса.

На основании результатов дешифрирования космических снимков и анализа имеющихся геологических и других материалов составлена предварительная карта геокриологических условий с выделением участков простого и сложного строения по криогенным условиям. Простые участки, на которых не установлены активно действующие мерзлотные процессы, отмечаются монотонным, слабо расчлененным рельефом, удобными подъездными транспортными путями. Участки со сложными природными условиями характеризуются сравнительно расчлененным рельефом или равнинным характером территории с высокой заболоченностью, буграми пучения, термокарстами. Для их освоения необходима специальная инженерная подготовка. Дешифрирование участков избыточного

увлажнения и заболачивания на космосомках осуществляется по характерному рисунку фотоизображения и фототону. На снимках просматриваются места расположения болотных массивов, их размеры и направление стока болотных вод. Такая информация не содержит какие-либо данные инженерных изысканий, а носит качественный характер. Для получения необходимых сведений о конкретных условиях, прибегают к полевой рекогносцировке.



Карта четвертичных отложение района строительства автомагистрали Сыктывкар — Нарьян-Мар

Рассмотренные выше материалы дают возможность ниже привести краткую геокриологическую характеристику выделяемых районов и проследить зональное изменение инженерно-геокриологических условий юга на север в пределах проектируемой автомагистрали Сыктывкар — Нарьян-Мар (таблица).

Эти условия используются для инженерно-геологического обоснования технического проекта, а также для изучения динамики геологических процессов на участках со сложными инженерными условиями, для прогноза соответствующих процессов и разработки защитных мероприятий в процессе строительства и последующей эксплуатации автодороги.

В Ухтинском и западной части Печорского районах в условиях развития северной тайги верхняя часть геологического разреза представлена рыхлыми четвертичными отложениями, мощностью до 30—50 м; сверху-вниз выделяются следующие генетические типы: покровные образования, главным образом суглинки супеси, мощностью 0,5—1,0 м, отложения верхней морены флювиогляциальных песков с галечником, и ледниковые суглинки московского ледниковья. Вечномерзлые грунты в районах отсутствуют, а сезонное промерзание грунтов в зимнее время — глубокое, средняя глубина промерзания суглинистого грунта 190 см, влажного песчаного 230 см. Снежный покров устойчивый — средняя высота его 76 см, максимальная до 1,2 м. Снежный покров появляется в середине октября — в начале ноября и держится до конца апреля — начало мая. В этих природно-климатических условиях сезонно-мерзлого состояния грунты подвержены морозному пучению и развитию морозобойных трещин, которое наносят большой ущерб при строительстве и эксплуатации объектов. Явление пучения происходит при промерзании пылевато-глинистых грунтов, песков пылеватых и мелких, а также крупнообломочных грунтов с пылевато-глинистым заполнителем, имеющим к началу промерзания повышенную влажность. При сезонном промерзании почвы и грунтов, деформации пучения проявляются в поднятии поверхности почвы или грунта. Высота такого поднятия вычисляется по формулам, с учетом времени промерзания, средней температуры, влажности, коэффициента фильтрации и льдистости[4]. Учет климатических воздействий на определение морозостойкости дорожной одежды, глубины промерзания грунтов и положения уровня грунтовых вод, позволяет принять решение по снижению возможности влияния морозного пучения на их устойчивость. Расчет дорожных и фундаментных оснований выполняется по правилам и методикам, применимым для оснований из талых грунтов, с учетом глубины сезонного их промерзания. В инженерной практике для расчета глубины сезонного протаивания и промерзания пород применяются формулы, в том числе и для расчета изменения глубины протаивания при нарушении естественного поверхностного покрова. На стадии предварительных расчетов требуется знание минимального числа параметров — влажность и плотность грунтов. Остальные входящие в расчет параметры можно установить по литературным данным. Только при необходимости уточнения расчетов потребуются данные специальных и полевых работ.

Зональное изменение инженерно-геокриологических условий с севера на юг в пределах проектируемой автомагистрали Сыктывкар — Нарьян-Мар

| Характеристика  | Инженерно-геокриологические районы   |  |   |   | Ухтинский р-н<br>сезонного промерзания  |
|---|--|--|---|---|---|
|   | Воркута, Салехард,<br>сев. части НАО   | Нарьян-Мар   | Усинск, Инта  |   |   |
| Ландшафтные условия   | Тундра   | Северная лесотундра  | Южная лесотундра  | Северная часть крайней северной тайги   | Северная тайга  |
| Распространение вечной мерзлоты   | Сплошное   | Прерывистое распространение  | Массивно-островное распространение  | Островное распространение   | Нет   |
| Мощность сезонно-талого слоя  | 0,2—1,0 м — торф;<br>2,8 — пески   | 0,7 м — торф;<br>2,9 м — пески, суглинки   | 0,7 м — торф;<br>3,0 м — пески, суглинки  | 0,7 м — торф;<br>2,6 м — суглинки,<br>3,1 м — пески                                 | 1,9 м — суглинки,<br>2,3 м — влажные пески  |
| Мощность ММП  | 130—200  | 100—200  | 25—100  | до 25   |   |
| Температура вечномерзлых пород на гл. 10 м  | 2—5 °С до минус 12 °С  | 1,5—2,0 °С   | 0—2,0 °С  | 0—2,0 °С  | —   |
| Преобладающие грунты  | Глины, суглинки, супеси влажные  | Глинистые, пылеватые, торфоглинистые торфяники   | Покровные суглинки, валунные суглинки, торфяники  | Суглинки, супеси, часто перекрытые торфом   | Валунные суглинки супеси и пески  |
| Мерзлотные процессы и явления в естественных условиях   | Бугры пучения, терм, карстовые образования, просадки, осадки, солифлюкция                                  | Бугры пучения, наледообразования   | Термокарст, склоновые проявления солифлюкции, пучение   | Термокарстное морозное пучение  | Морозное пучение, морозобойные трещины  |
| Вероятные мерзлотные процессы на автомагистрали   | Морозобойные трещины, оползание откосов и склонов  | Неравномерные просадки оттаивания сжимающих оснований, сползание откосов                 | Неравномерные просадки оттаивающих оснований, оползание откосов и склонов, неравномерное пучение, термокарст, склоновая солифлюкция | Неравномерное пучение морозобойные трещины, термокарст                              | Неравномерное пучение, морозобойные трещины   |
| Целесообразные направления работ для использования при проектировании строительства автодорог | Борьба с растрескиванием и неоднородной просадкой дорожной одежды. Защита откосов от склоновых солифлюкций | Уменьшение неоднородных пучений дорожной одежды, защита откосов и склонов от солифлюкций | Уменьшение неоднородных пучений дорожной одежды при новообразованиях мерзлоты, тоже при оттаивании                                  | Уменьшение неоднородности пучения дорожной одежды при сезонных мерзлотных процессах | Уменьшение неоднородности пучения дорожной одежды при сезонных мерзлотных процессах |

Усинский инженерно-геокриологический район расположен в наиболее изменчивых по криогенным условиям зонах островного и массивно-островного распространения ММП, с комплексом развития в верхней части разреза покровных суглинков мощностью 0,5—1,0 м и ледниковых образований верхней морены, представленной валунными суглинками мощностью до 40—70 м. Климат, в следствии значительной удаленности от Атлантического океана, характеризуется суровостью и континентальностью. По данным метеостанции Усть-Уса среднегодовая температура равна — 3,2 °С. Среднегодовое количество осадков 610 мм. Территория характеризуется близким залеганием к поверхности зеркала грунтовых вод от 0,2 до 2,4 м. Мощность водоносного горизонта 12—17 м. Высокое залегание грунтовых вод, большое количество осадков, при сравнительно малом испарении и равнинных характер территории обуславливают высокую заболоченность (до 40 % площади). Преобладание в разрезе болотистых грунтов и илов, мощность торфяников от 0,3 до 4,0 м илов до 1,0 м. Промерзание грунтов в этом районе начинается в конце октября — начале ноября. Полное оттаивание происходит в середине мая. Наибольшая глубина сезонного промерзания в естественных условиях 1,2—2,0 м, нормативная глубина промерзания в глинах и суглинках составляет 2,6 м; супесь, пески — 3,1 м; торф — 0,7 м. Несмотря на довольно низкую среднегодовую температуру воздуха, вечномерзлые грунты имеют островной характер залегания при высокой температуре вечномерзлых грунтов 0—2 С, мощностью до 25 м. Степень сложности криогенных условий в данном районе определяется прежде всего развитием криогенных процессов в виде пучения, термокарста и склоновых проявлений солифлюкции. В зоне островного распространения ММП развитие современной мерзлоты фиксируется на площади до 10 % и массивно-островного 10—50 %. Наиболее распространенным видом деформации является морозное пучение. Оно происходит вследствие объемного расширения воды в связном (глинистом) грунте, при дополнительном ее поступлении в промерзающий грунт из нижележащих талых слоев грунта с образованием ледяных прослоев и линз, разуплотнение скелета грунта, увеличение его объема и поднятие поверхности грунта (пучение). Недоучет этого явления хотя и не вызывает, как правило, катастрофических разрушений, однако приводит к широкому развитию многочисленных мерзлотных деформаций, таких как выпучивание неглубоко погруженных фундаментов зданий и сооружений, пучины на автомобильных дорогах. Затраты на борьбу с этими деформациями зачастую составляют весьма значительную сумму. В практике инженерных расчетов и оценок территории обычно требуется определить следующие параметры, характеризующие процесс криогенного пучения в грунтах: суммарную величину, среднюю интенсивность пучения по глубине, неравномерность пучения по площади. Все лесные микроландшафты в той или иной степени пригодны для строительства дорог. Однако обводненность, заторфованность и трудное определение наличия и характера вечномерзлых грунтов является осложняющими факторами при строительстве дорог. При таких сложных мерзлотно-грунтовых условиях, когда прогнозируется оттаивание грунтов естественного основания, строительство земляного полотна дороги целесообразно производить с применением второго принципа использования ММП в качестве оснований сооруже-

ний предусматривающего частичное оттаивание грунтов с учетом допустимых деформаций покрытия в процессе эксплуатации дороги [4]. В этом случае возникает возможность значительного удешевления стоимости строительства за счет использования глинистых местных грунтов взамен дорогих привозных, обломочных (дренирующих) грунтов. На участках островной мерзлоты земляное полотно следует проектировать и строить по так называемому третьему принципу, т. е. с обеспечением предварительного оттаивания грунтов основания под насыпью (примерно за год до возведения земляного полотна) с подготовкой дорожной полосы, включая осушение.

Нарьян-марский инженерно-геокриологический район и прилегающие к нему территория с востока отнесены к зоне массивно-островного и прерывистого распространения ММП, для которых характерен тундровый на севере и лесотундровый на юге зоны ландшафт. Рельеф ровный и холмистый. В верхней части разреза развиты глинистые, пылеватые, торфо-глинистые и песчаные грунты. Средняя глубина сезонного оттаивания песчаных грунтов 2,9 м, заторфованных грунтов 0,7 м. Вечномерзлые грунты имеют среднегодовую температуру от 0 до 1,5—3,0 °С, мощность мерзлой толщи 100—200 м. Из криогенных процессов отмечаются сезонные бугры пучения, наледообразования, встречаются единичные термокарстовые образования, приуроченные к долинам рек. Наличие значительных площадей, занятых биогенными отложениями на космоснимках, отличающимися повышенной льдистостью (влажностью), обычно всегда требовало особого подхода при освоении, так как общеизвестно, что нарушение мохового торфяного покрова на участках с ММП несомненно приводит к оттаиванию пород и будет угрожать устойчивости сооружений. В целом участки распространения отложений биогенного комплекса данного района надо считать неблагоприятными для любого вида строительства.

Воркутинский инженерно-геокриологический район, северная часть Ненецкого автономного округа и район Салехарда отнесенных к зоне сплошного распространения ММП на участках развития тундры, верхняя часть геологического разреза представлена рыхлыми наносами четвертичного возраста. Мощность их не одинакова и на некоторых участках достигает 120—130 м [2]. В разрезе выделяется четыре генетических типа сверху-вниз: покровные образования, главным образом суглинки, мощностью 0,5—1,0 м, отложения верхней морены — суглинки, супеси (влажные), межледниковые отложения, отложения нижней морены — супеси, суглинки (находившиеся в мерзлом состоянии). Все грунты в течение четвертичного периода подвергались неоднократному промерзанию и оттаиванию. Вечномерзлые грунты в рассматриваемой зоне характеризуются сплошным распространением, мощностью от 40—80 м в отдельных случаях 130—200 м и температурой 2—5 °С и ниже [2]. В верхней части многолетней зоны мерзлоты выделяется деятельный слой. Этот слой характеризуется тем, что зимой он замерзает, а летом оттаивает. Наименьшая (0,2—1,0 м) его толщина наблюдается на болотистых местах вследствие плохой теплопроводности торфа, а наибольшая (2,0—4,0 м) — в песчаных, гравелистых и щебенистых грунтах. Знание эффективности факторов промерзания и протаивания пород поможет выработать инженерно-криологические и гидрогеологические прогнозы и рекомендации для обеспечения оптимальных условий строитель-

ства и эксплуатации автодороги. Исходные глубины промерзания и оттаивания ориентировочно определяются расчетом. При расчете глубины протаивания учитываются следующие природные факторы:

1) длительность периода протаивания  $\tau$ , когда среднесуточная температура воздуха выше  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

2) средняя за период  $\tau$  температура воздуха  $T_{\text{в}}$ ;

3) теплофизические характеристики определяются в зависимости от объемной массы, влажности и плотности пород [4];

4) расход тепла на оттаивание единицы объема пород  $q = \delta Y_{\text{ск}} (W_{\text{с}} - W_{\text{н}})$ ;

5) средняя годовая температура пород  $T_0$  на подошве ЯГТ;

6) Параметр  $\epsilon$  можно приближенно определить в виде функции от двух критериев:  $K_{\text{т}} = \lambda_{\text{т}} \delta_1 T_{\text{в}} / (\alpha_{\text{м}} q)$  и  $K_{\text{с}} = -C_{\text{м}} T_0 / q$  [1]. Параметр  $T_0$  на подошве ЯГТ (ярус пород с годовыми теплооборотами или переменной в году температурой), необходимой для расчетов критерия  $K_{\text{с}}$  можно ориентировочно определить по обзорной геокриологической карте. Его значение уточняют при термометрических измерениях на местности. Параметр  $\alpha_{\text{м}} = \lambda_{\text{м}} / C_{\text{м}}$ . Глубина протаивания  $h_{\text{т}}$  рекомендуется определять по формуле:  $h_{\text{т}} = \sqrt{2 \lambda_{\text{т}} \delta_1 T_{\text{в}} \tau / q - \epsilon \sqrt{\alpha_{\text{м}} \tau}}$ , ( $\tau > 15$  сут.).

В этом районе грунты, состоящие из глин, суглинков и песков, имеют высокую влажность и льдистость, наблюдаются однолетние и многолетние бугры пучения от 1,0 до 2,0 м. Наряду с буграми пучения широко распространены формы, связанные с термокарстовыми образованиями, просадками и солифлюкцией, возникающими в результате протаивания грунтов деятельного слоя, процессами пучения, растрескивания, морозобойными трещинами, при промерзании грунтов. Из-за сложного микрорельефа возникают трудности при строительстве дорог, особенно с сохранением температурного режима природной среды. Довольно сложно в конструктивном отношении становится земляное полотно дороги при прохождении трассы через крупнобугристые торфяники из-за большой высоты бугров и мощности торфа. Крайне трудным является возведение земляного полотна на грядовомочажинных болотах из-за большой торфяной залежи (до 6 м), обводненности и переувлажненности подстилающих грунтов. Строительство дороги в таких условиях целесообразно осуществлять с применением первого принципа использования ММП в качестве оснований сооружений с сохранением мерзлоты в основании насыпи в течение всего периода эксплуатации дороги [4]. Здесь в большинстве мест необходимо проектировать и строить дороги с минимальным нарушением естественного режима местности, когда оттаивание грунтов оснований не допускается, так как может привести к недопустимым деформациям и разрушению дорожной одежды.

В районе Салехарда верхняя часть разреза грунты представлена глинистыми, пылеватыми, иловатыми, торфоглинистыми и болотными грунтами со среднегодовой умеренной влажностью более предела текучести [3] Рельеф — равнины и низменности. Сплошное развитие ММП, мощностью 100—500 м и более. Средняя температура от 1,5—3 до минус 12  $^{\circ}\text{C}$  (на глубине 10—12 м), промерзание 0,4—2,0 м (преимущественно менее 1 м). Высокое содержание льдов различных типов в ММП с неглубоким залеганием свидетельствует о значительной динамичности участков поверхности. Из криогенных процессов широко распространены термокарстовые образования, приуроченные к сильно

льдистым грунтам. Отмечаются интенсивные образования бугров пучения, морозобойного растрескивания, солифлюкции, пятнообразования.

Результаты проведенных исследований геологических и геокриологических условий зоны строительства автодороги Сыктывкар — Нарьян-Мар позволяют сделать следующие выводы.

В Ухтинском и Печорском районах, оценка геологических и геокриологических условий строительства автомагистрали связана с сезонно-мерзлым характером распределения мерзлых пород. Здесь сложности могут быть связаны с образованием морозобойных трещин в зимний период на участках сопряжения насыпей с выемкой автомобильной дороги, за счет разных теплоемкостей промерзающих грунтов, а также проявлением процессов многолетнего пучения, при сезонном промерзании пучинистых грунтов, в верхней части разреза. Строительство дороги в таких условиях должно производиться с учетом индивидуальных особенностей конкретных участков.

В Усинском районе и в южной части НАО массивы высокотемпературных ММП характеризуются островным, массивно-островным и частично сплошным характером распространения. Многочисленные сквозные и несквозные талики, обеспечивающие контакты талых и мерзлых пород могут служить местами наибольших нагрузок на секущие их инженерные сооружения и являться участками возможных нарушений. В этой части района необходимо сохранение ММП при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. Расчет глубины протаивания и промерзания грунтов в этих местах производится по вышеприведенным формулам. Природно-климатические условия в местах отсутствия или малого развития ММП позволяют проектировать земляное полотно по второму принципу с оттаиванием грунтов в основании и учетом возникающих при этом деформаций на величину, определяемую расчетом.

В Воркутинском районе и северной части НАО массивы низкотемпературных ММП сплошного распространения характеризуются значительно меньшим распространением в их пределах талых участков, более пестрым литологическим составом и низкими температурами, высокой льдистостью, склонностью к просадкам, проявлению процессов пучения в деятельном слое. Мощность деятельного слоя на стадии проектирования можно определить на каждом участке по вышеприведенным формулам оттаивания и промерзания пород. Борьба с морозным пучением ведется путем осушения водонасыщенных грунтов в период их размерзания или путем уменьшения глубины промерзания, для чего пучинистые грунты полотна дороги покрывают теплоизоляционным слоем или заменяют песком, гравием, в которых пучение не возникает. Высокольдистые грунты на участках развития бугристых образований распространяются до глубины 10 м и более. В случае их нарушения возможны весьма значительные осадки. Все это свидетельствует о необходимости сохранения ММП при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений в этой части района.

Представленные сведения об инженерно-геологических и инженерно-геокриологических условиях зоны строительства автомагистрали Сыктывкар — Нарьян-Мар позволяют более дифференцированно оценить территорию с точки зрения ее инженерного освоения и осуществить строительство в неосвоенных



районах со сложными природными условиями на более высоком научном уровне.

#### **Библиографический список**

1. Атлас Коми АССР . — Москва : Изд-во Главного управления геодезии и картографии Гос. Геол. Ком. СССР, 1964. — 112 с.
2. Братцев, Л. А. Геокриологические условия Печорского угольного бассейна / Л. А. Братцев. — Москва : Калифорнийский университет, 1964. — 222 с.
3. Гарагуля, Л. С. Геокриология СССР. Европейская территория СССР / Л. С. Гарагуля, Э. Д. Ершов, П. Ф. Швецов. — Москва, 1988. — 358 с.
4. Илларионов, В. А. Инженерное мерзлотоведение : учеб. пособие / В. А. Илларионов. — Сыктывкар : СГУ, 2015. — 153 с.

*В статье дана оценка роли лесосошения в системе лесоводственных мероприятий, составляющих основу многоцелевого лесопользования. Показано, что гидротехнические мелиорации — это начальный этап освоения избыточно увлажненных лесных земель. Регулирование водного режима создает предпосылки к комплексному использованию лесов в таких условиях. Возможность практической реализации отдельных направлений использования лесов на ранее избыточно увлажненных лесных землях часто связана с региональной спецификой территории. Вклад факторов в общую оценку эффективности гидромелиоративных мероприятий также зависит от особенностей лесорастительных условий региона. В связи с этим необходимо признать, что успешная реализация заявленного стратегией развития лесного комплекса России многоцелевого характера лесопользования, в том числе на лесных землях, где уже вложены средства в улучшение лесорастительных условий, возможна только на основе лесоводственных систем, дифференцированных на региональной основе.*

**Ключевые слова:** Республика Коми, многоцелевое лесопользование, лесосошение, рациональное освоение осушаемых земель

**Л. М. Пахучая,**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **МНОГОЦЕЛЕВОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ — ПУТЬ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ ОСУШАЕМЫХ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ**

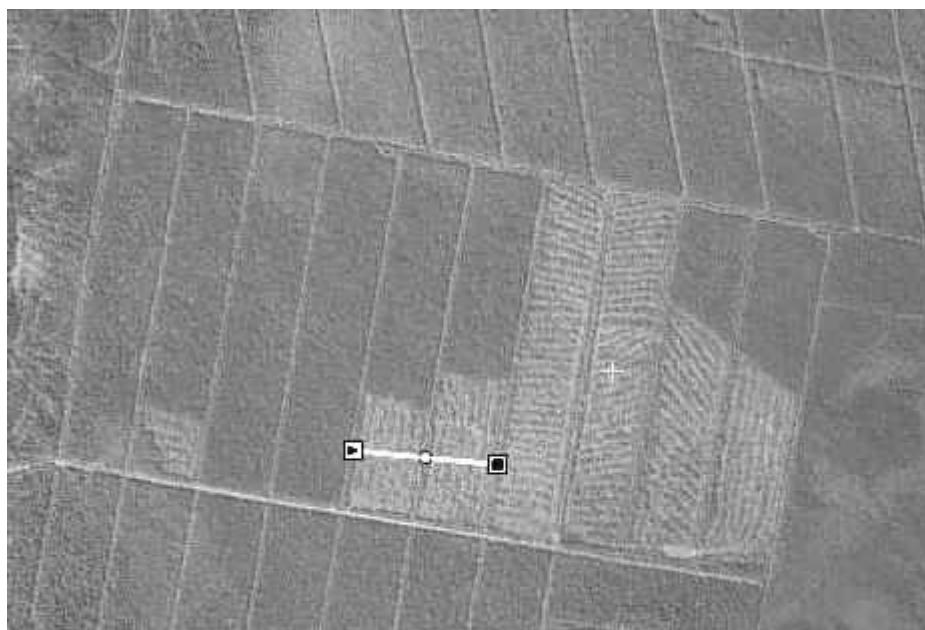
Согласно стратегии развития лесного комплекса РФ до 2030 г., использование лесов должно иметь многоцелевой характер [1]. В Лесном кодексе РФ (ст. 25) [2] перечислены такие виды использования лесов, как: заготовка древесины; заготовка живицы; заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов; заготовка пищевых лесных ресурсов и сбор лекарственных растений; осуществление видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства; ведение сельского хозяйства; осуществление научно-исследовательской деятельности, образовательной деятельности; осуществление рекреационной деятельности; создание лесных плантаций и их эксплуатация; выращивание лесных плодовых, ягодных, декоративных растений, лекарственных растений (в том числе выращивание посадочного материала лесных растений (саженцев, сеянцев); осуществление геологического изучения недр, разведка и добыча полезных ископаемых; строительство и эксплуатация водохранилищ и иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений, морских портов, морских терминалов, речных портов, причалов; строительство, реконструкция, эксплуатация линейных объектов; переработка древесины и иных лесных ресурсов; осуществление религиозной деятельности; иные виды, определенные в соответствии с ч. 2 ст. 6 Лесного кодекса [2].

Данный перечень применим и к объектам, в которые уже вложены средства в процессе воспроизводства лесов, повышения их производительности и т. д. К ним могут быть отнесены искусственно выращенные леса (лесные культуры и плантации), насаждения на объектах гидромелиорации и др. Необходимо отметить, что применительно к объектам гидромелиорации всегда под-

черкивается целесообразность их комплексного использования, так как регулирование водного режима избыточно увлажненных лесных земель следует рассматривать только как начальную стадию их освоения [3].

Опыт исследований в Корткеросском, Сыктывкарском, Железнодорожном, Ухтинском лесничествах показывает, что на объектах гидромелиорации в основном осуществляются такие виды использования лесов, как заготовка древесины, заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов, заготовка пищевых лесных ресурсов, охота, научно-исследовательская и образовательная деятельность, рекреационная деятельность.

Необходимо отметить, что использование лесов для заготовки древесины, как правило, осуществляется арендаторами, не имеющими отношения к строительству осушительных систем и их поддержанию в работоспособном состоянии (рис. 1). Особенности условий, в которых осуществляется рубка, лесопользователями обычно не учитываются. В связи с этим можно рекомендовать использовать рекомендации по данному виду лесопользования, разработанные на основе анализа опыта рубок для заготовки древесины в северных регионах Российской Федерации, прежде всего — Архангельской и Вологодской областях и Карелии [4].



**Рис. 1.** Вырубка на объекте гидроресурсомелиорации в Корткеросском лесничестве

На объектах гидромелиорации осуществляется заготовка недревесных лесных ресурсов, таких как метлы, береста. К сожалению, необходимо констатировать, что в данном случае заготовители не всегда согласовывают свои действия с правилами по данному виду лесопользования [5]. Так, в Ухтинском лесничестве отмечены случаи заготовки бересты с растущих деревьев, несоблюдение правил пожарной безопасности в лесах, приводящее к возникновению низовых пожаров и повреждению березовых древостоев в зеленой зоне г. Ухты.

Признавая факт снижения после осушения урожайности клюквы, гидромелиоративная наука и практика рекомендуют исключать болота, на которых осуществляется ее заготовка, из объектов осушения [3, 4]. Это требование соблюдается при выборе объектов осушения и проектировании осушительных систем в Республике Коми. В то же время осушаемые лесные земли активно используются для заготовки черники, брусники, голубики, морошки. На уровне экспертных оценок можно отметить высокую урожайность этих ягод на объектах лесосушения в Корткеросском и Железнодорожном лесничествах. По вопросу влияния регулирования водного режима на урожайность черники получены количественные региональные оценки. В результате исследований на осушаемых участках в Корткеросском лесничестве установлено следующее. В условиях интенсивного осушения, обеспечивающего трансформацию долгомошного и черничного влажного типа леса в черничник свежий при степени покрытия ягодника, близкого к 100 % можно ожидать урожай около 650—700 кг/га. В то же время в насаждениях сфагнового типа леса при степени покрытия 50 % урожай составит 380—390 кг/га. Это существенно выше, чем оценки для естественно дренированных участков [6], согласно которым средний урожай ягод черники в сосняке-черничнике составляет 140 кг/га, а в ельнике-долгомошнике — 90 кг/га.

Расчетные значения получены по уравнениям связи между урожаем черники и характеристиками насаждений и ягодника. Полученные зависимости позволяют прогнозировать урожайность черники в связи с этими характеристиками (таблица).

Уравнения взаимосвязи между урожаем черники и характеристиками насаждений и ягодника

| Y  | X                                    | Коэффициенты уравнения $Y = AX + B$ |        | $R^2$ | R    |
|--|--------------------------------------|-------------------------------------|--------|-------|------|
|  |                                      | A                                   | B      |       |      |
| Степень покрытия черники, % (нас. черн. типа леса) | Полнота древостоя                    | 36,25                               | 29,24  | 0,44  | 0,66 |
| Степень покрытия черники, %                        | Степень покрытия сфагновых мхов, %   | -1,24                               | 91,24  | 0,73  | 0,85 |
| Урожай черники, кг/га                              | Класс бонитета по шкале М. М. Орлова | -107,19                             | 813,14 | 0,61  | 0,78 |
| Урожай черники, кг/га (Е.черн.свеж.)               | Полнота древостоя                    | 129,90                              | 289,69 | 0,05  | 0,22 |
| Урожай черники, кг/га (Е.черн.свеж.)               | Возраст ягодника, лет                | -16,15                              | 471,00 | 0,28  | 0,53 |
| Урожай черники, кг/га (С.сфагновый)                | Возраст ягодника, лет                | 26,31                               | -52,63 | 0,19  |      |
| Урожай черники, кг/га (Е.черн.свеж.)               | Степень покрытия черники, %          | 6,73                                | 13,12  | 0,50  | 0,44 |
| Урожай черники, кг/га (Е.-черн., С.-черн. влажн.)  | Степень покрытия черники, %          | 2,73                                | 83,05  | 0,07  | 0,26 |
| Урожай черники, кг/га (С.сфагн.)                   | Степень покрытия черники, %          | 7,34                                | -13,67 | 0,97  | 0,99 |

Полученные данные позволяют считать, что осушение не ведет к уменьшению урожая черники, а увеличивает его. Включение стоимости урожая черники при ее промышленной заготовке на объектах гидромелиорации в доходную часть лесного предприятия сокращает срок окупаемости затрат на строительство осушительных систем по сравнению со случаем, когда учитывается только доход от получения дополнительного прироста древесины.

Осушаемые площади характеризуются сочетанием различных видов охотничьих угодий. Каналы и противопожарные бассейны на осушаемой площади привлекают водоплавающую, а кавальеры — боровую дичь. Утки используют открытую водную поверхность для отдыха и кормления. Глухари и тетерева устраивают на кавальерах порхалища и собирают мелкие камешки для перетирания грубой пищи. Лоси используют каналы при питании молодой порослью кустарниковых и древесных растений, а в летние периоды как укрытие от жары и гнуса. По экспертным оценкам, в Республике Коми наблюдается рост численности на объектах лесоосушения бобра. Основными причинами этого является практически отсутствие его добычи и расселение в еще не занятые водоемы, главным образом объекты мелиорации, удобные с точки зрения освоения новых территорий и устройства жилищ — хаток — в кавальерах. В связи с этим вопрос регулирования его численности путем добычи рассматривается в ряде стран как важная мера сохранения мелиоративных систем и использования осушаемых территорий как специфических охотничьих угодий [7, 8]. Таким образом, осушение лесных земель повышает привлекательность территории для промысловых видов зверей и птиц. При соблюдении правил охоты мелиорированные участки вполне могут быть объектами охотничьего хозяйства, что согласуется с принципом комплексного и многоцелевого использования и обеспечивает повышение эффективности использования мелиорированных объектов.

В Корткеросском лесничестве с 1982 г. функционирует гидромелиоративный стационар, включенный в реестр лесных стационаров России. Насадения на опытных участках стационара являются объектами научных исследований и полигоном для освоения ряда специальных дисциплин, изучаемых студентами в процессе обучения по направлению бакалавриата 35.03.01 «Лесное дело» (профиль «Лесное хозяйство») и направлению магистратуры 35.04.01 «Лесное дело» (профиль «Лесное хозяйство»). На опытных участках стационара выполняются исследования по темам выпускных квалификационных работ бакалавров и магистерских диссертаций. Все это свидетельствует о том, что осушаемые лесные земли в Республике Коми функционируют и как объекты, на которых осуществляется научно-исследовательская и образовательная деятельность.

В работе рассмотрено ограниченное количество видов использования лесов на осушаемых лесных землях. Реальное количество таких видов существенно больше. Так, в связи с оценкой экономической эффективности мероприятий по регулированию водного режима в зависимости от интенсификации ведения хозяйства на осушаемых площадях может учитываться до 57 факторов [8, с. 293—295]. При этом факторы рассматриваются как:

- 1) учитываемые при оценке эффективности,
- 2) пока не учитываемые, но планируется их учет в ближайшие годы,
- 3) факторы, учет которых возможен в перспективе.

Рассмотренные выше факторы относятся к учитываемым факторам или факторам, учет которых будет возможен в перспективе. Приведенные в работе зависимости урожайности ягодников от характеристик насаждений и ягодников — это данные, которые могут ускорить включение данного факторы в реестр оценочных критериев на региональном уровне.

В перечне осуществляемых на объектах гидромелиорации в Республике Коми видов использования лесов не отмечены рубки ухода, хотя они являются важнейшей составляющей лесоводственных систем и систем целевого лесовыращивания. Прежде всего, это связано с тем, что в республике опыт таких работ ограничен. В связи с этим, по аналогии с рубками для заготовки древесины, полезно ознакомление с их выполнением в северных районах Российской Федерации, таких, как Архангельская и Вологодская области, Карелия. Опыт ухода за лесами в этих районах проанализирован, обобщен и опубликован [4].

В заключение можно отметить, что результаты экспертных оценок и многолетних исследований на объектах лесосошения свидетельствуют о том, что гидротехнические мелиорации — это начальный этап освоения избыточно увлажненных лесных земель. Именно регулирование водного режима создает предпосылки к комплексному использованию лесов в таких условиях. Возможность практической реализации отдельных направлений использования лесов на ранее избыточно увлажненных лесных землях часто связана с региональной спецификой территории. Вклад факторов в общую оценку эффективности гидромелиоративных мероприятий также в значительной степени зависит от особенностей лесорастительных условий региона. В связи с этим необходимо признать, что успешная реализация заявленного стратегией развития лесного комплекса России многоцелевого характера лесопользования, в т.ч. на лесных землях, где уже вложены средства в улучшение лесорастительных условий, возможна только на основе лесоводственных систем, дифференцированных на региональной основе.

#### **Библиографический список**

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2018 г. № 1989-р «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года». — Москва, 2018. — 102 с.
2. Лесной кодекс Российской Федерации : принят Государственной Думой 8 ноября 2006 г. ; одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 г. Действ. ред. от 30.04.2021.
3. Бабилов Б. В., Пахучий В.В. Осушение лесных земель: региональные аспекты : Учеб. пособие. — Сыктывкар: СЛИ, 2001. — 149 с.
4. Пахучий В. В. Лесоводство на заболоченных землях : монография / В.В. Пахучий, Л.М. Пахучая. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2017. — 232 с.
5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 28 июля 2020 года № 496 «Об утверждении Правил заготовки и сбора недревесных лесных ресурсов»
6. Мошкалев А.Г., Кострюков А.И., Краснов В.С., Селиванов А.А., Тетюхин С.В, Учебное пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 31.12. СПб.: ЛТА, 1992. 88 с.
7. Кононов С. На бобра — с толком. Белорусская лесная газета №21 (1251) 23 мая 2019 г.

8. Härkönen, S. 1999. Forest damage caused by the Canadian beaver (*Castor canadensis*) in South Savo, Finland. *Silva Fennica* 33(4): 247—259.
9. Вомперский С.Э., Сабо Е.Д., Формин А.С. Лесоосушительная мелиорация. М.: Лесная промышленность, 1975. — 296 с.

*В статье рассмотрена возможность использования приемов математического моделирования с целью оценки северного предела распространения темнохвойного леса с участием в составе насаждений сосны кедровой сибирской — кедра сибирского. Исходными данными являются характеристики участков островного кедра в Республике Коми. Зависимой переменной в уравнениях множественной регрессии является площадь таких участков, а независимыми переменными — широта и долгота положения участков и их высота над уровнем моря. Полученное уравнение может рассматриваться как многофакторная модель, описывающая изменение площади участков в связи с данными факторами, и позволяющая делать предварительную оценку географического положения участков островного произрастания кедра минимальной площади. Последнее, в свою очередь, позволяет использовать эти оценки как предел распространения леса на его северном пределе в Республике Коми, а значит — границ Арктики в регионе.*

**Ключевые слова:** Республика Коми, кедр сибирский, моделирование изменчивости площади островного кедра, северная граница леса, граница Арктики

**В. В. Пахучий,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПЛОЩАДИ УЧАСТКОВ ОСТРОВНОГО ПРОИЗРАСТАНИЯ КЕДРА КАК ЭЛЕМЕНТ ОБОСНОВАНИЯ СЕВЕРНОГО ПРЕДЕЛА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЕСА — МАРКЕРА ГРАНИЦ АРКТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ**

Основаниями для определения границ Арктики являются несколько взаимосвязанных подходов, условно сгруппированных в две группы природно-климатических, социально-экономических и геополитических факторов. К первой группе наряду с другими относится физико-географический подход, который основывается на классификации ландшафтов и географической дифференциации территорий, установлении границ тундры, лесотундры и тайги. За границу Арктики в естественных науках обычно принимается одна из линий: июльская изотерма 10 °С, ограничивающая территорию, где возможна летняя вегетация растений; Северный полярный круг (66, 5622° с. ш.); северная граница распространения лесов или южная граница зоны тундры [1]. В последнем случае целесообразно установление северных пределов распространения древесных пород, слагающих лесные массивы на северном пределе их распространения, в частности хвойных пород. В Республике Коми к таким породам относится сосна кедровая сибирская (кедр сибирский). Для северной части республики характерно островное распространение этой породы. Полученная информация об изменении площади таких «островов» в связи с их пространственным положением может быть использована при уточнении северных пределов распространения этой лесообразующей породы республики. Кроме этого, необходимо учитывать, что кедр сибирский включен в Красную книгу Республики Коми. Поэтому любой анализ информации о его распространении может быть полезен при решении вопросов сохранения видового разнообразия в регионе.



При оценке взаимосвязи площади участков островного кедр с их географическим положением использовали характеристики географической широты, долготы и высоты над уровнем моря геометрического центра участков. В основу работы положены материалы, представленные в кадастре особо охраняемых природных территорий Республики Коми, информационные материалы сайта ИАС «ООПТ России» и геопортала Республики Коми (раздел «Особо охраняемые природные территории» [2—4].

Согласно этим данным, за границами сплошного ареала участки островного кедр отмечены от 61,59 до 66,46° с. ш. и от 49,75 до 62,33° в. д. То есть кедр в Республики Коми практически доходит до Северного полярного круга (66,5622° с. ш.).

В настоящее время принято, что северная граница ареала кедр климатическая [5]. Кедр успешно возобновляется в островных местопроизрастаниях, удаленных от сплошного ареала на расстояние до 150 км на север. Анализируя условия, обеспечивающие возобновление кедр при недостатке тепла, авторы отмечают, что кедр лучше возобновляется на более прогреваемых, сухих песчаных, супесчаных и легкосуглинистых почвах, предпочитая склоны южных экспозиций, приурочен к хорошо дренированным склонам на Полярном Урале. При движении в северном направлении наблюдается ухудшение дренажа в условиях близкого залегания вечной мерзлоты. Эти процессы сопровождаются интенсивным заболачиванием, что затрудняет возобновление кедр и ухудшает условия для его роста. На таких территориях северная граница кедр сибирского выдвигается на север выступами по долинам рек и к Уральскому хребту.

Экспертные оценки о климатической обусловленности северной границы кедр, а также роли дренажа, как важного условия возобновления и роста кедр, по нашему мнению, могли бы быть подтверждены наличием связи между площадью участков островного кедр, широтой и долготой расположения геометрического центра участков и их высотой над уровнем моря. Для оценки сочетанного (совместного) влияния широтного, меридионального и высотного положения участков островного кедр на площадь «островов» выполнили множественный регрессионный анализ, характеризующий изменение площади «островов» ( $Y$ , га) в связи с широтой ( $LAT$ , десятичные град., СШ), долготой ( $LON$ , десятичные град., ВД) и высотой над уровнем моря ( $HASL$ , м):

$$Y = -140LAT + 537LON + 56HASL - 25840 \quad (1)$$

$$(R^2 = 0,21; R = 0,46; (F 3, 20) = 1,82; F 3, 20_{0,25} = 1,5).$$

Данное уравнение может рассматриваться как простейшая многофакторная модель изменчивости площади островного кедр в связи с отдельными физико-географическими факторами, которая может быть использована для оценки влияния пространственного положения участка на величину площади «островов» кедр. Согласно полученной зависимости коэффициенты регрессии площади «островов» кедр по широте отрицательные, по долготе и высоте над уровнем моря — положительные. То есть площадь островных участков насаждений, в составе которых встречается кедр, уменьшается при движении в северном направлении, а также по мере удаления от Урала в западном направле-

нии и с уменьшением высоты над уровнем моря. В данном случае можно говорить именно о тенденциях, так как изменчивостью влияющих факторов определяется только 21 % изменения площади «островов».

Уменьшение площади «островов» к северу соответствует общепринятому представлению о зональности растительности. Можно допустить, что положительная направленность связи, описывающая изменение площади островного кедра в меридиональном направлении, может быть обусловлена ухудшением дренажа при движении в западном направлении от горных и предгорных районов Урала, переходом от местоположений с большими уклонами поверхности к территориям с меньшими уклонами. Это согласуется с отмеченными выше экспертными оценками [5]. В то же время необходимо учитывать, что западная граница сплошного ареала кедра и положение его островных местопроизрастаний в значительной степени сформированы в результате антропогенного воздействия (рубок, пожаров и др.).

Таким образом, в результате многофакторного регрессионного анализа подтверждено влияние географического положения участков островного кедра на их площадь. Площадь участков островного кедра уменьшается при движении в северном направлении и по мере удаления в меридиональном направлении от Урала. Статистически доказана достоверность оценки, хотя и на невысоком (25 %) уровне значимости. При объяснении сравнительно невысокого вклада географического положения участков в изменчивость их площади (около 21 %) необходимо учитывать следующее. Включенные в массив для совместной обработки объекты представлены различными категориями особо охраняемых природных территорий (ботанические кедровые памятники природы, биологические кедровые заказники, кедровые заказники, комплексные заказники, лесные заказники, ботанические памятники природы). Различные категории особо охраняемых природных территорий ориентированы на сохранение не только кедра сибирского, но и других видов редких и исчезающих растений и представителей животного мира. Это снижает точность оценки размеров и площади участков, обеспечивающих сохранение только кедра сибирского, и ведет к ослаблению тесноты связи между рассматриваемыми показателями. Тем не менее результаты анализа позволяют считать, что, видимо, акцентирование внимания на климатическую обусловленность только северной границы кедра сибирского не вполне правомерно. Западная граница ареала кедра сибирского в Республике Коми простирается с севера на юг более, чем на 500 км, поэтому при обосновании ее положения наряду с антропогенными факторами должен учитываться также и вклад климатической составляющей. При этом при формировании северной границы ареала существенным является вклад такого фактора, как естественный дренаж, определяемый высотой расположения участков, их близостью к водотокам и приуроченностью к склонам.

В связи с потеплением климата прогнозируется смещение северной границы лесной растительности, а значит и темнохвойного леса с кедром, на север. Однако, необходимо учитывать, что наряду с климатом существенное влияние на динамические процессы на северной границе леса может оказывать антропогенное воздействие. Кроме этого, для отдельных территорий Республики Коми долговременный тренд повышения температуры (потепления климата) может

иметь противоположную общепринятым представлениям направленность. В связи с этим при общей тенденции потепления климата в отдельных районах республики не обязательно следует ожидать смещения северной границы лесной растительности, в том числе островных участков кедра, в северном направлении. Все это свидетельствует о том, что при выборе в качестве основания для определения границ Арктики физико-географического подхода, в частности, использование северной границы распространения лесов или южной границы тундры, необходимо учитывать вклад антропогенных и климатических факторов и исходить из представления о том, что граница Арктики динамична.

#### **Библиографический список**

1. [http://www.arcticandnorth.ru/Encyclopedia\\_Arctic/RA-AZRF.PDF](http://www.arcticandnorth.ru/Encyclopedia_Arctic/RA-AZRF.PDF).
2. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Под ред. С. В. Дегтевой, В. И. Пономарева. — Сыктывкар. — 2014. — 428 с.
3. Геопортал Республики Коми (раздел «Особо охраняемые природные территории»). — Режим доступа : <https://gis.rkomi.ru>.
4. Информационно-аналитическая система «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ»). — Режим доступа : [oopt.aagi.ru/oopt](http://oopt.aagi.ru/oopt).
5. Непомилуева Н. И. Кедр сибирский на северо-востоке европейской части СССР. — Л. : Наука, 1974. — 184 с.

*В статье рассмотрены и выявлены закономерности влияния основных приемов яровизации (прогревание и облучение световым потоком) на появление ростков семенных клубней картофеля и их дальнейший рост. Исследования проведены по плану Бокса — Бенкена второго порядка для четырехфакторного эксперимента, где функцией отклика принято среднее время появления всех ростков, количество пробудившихся глазков, длина ростков к концу исследований. Определены наиболее оптимальные параметры для увеличения количества пробужденных ростков в максимально короткий срок и повышения скорости их развития: прогревание клубней при температуре 35 °С — 40 с, с облучением световым потоком с длиной волны 460—475 нм, 550—565 нм, 685—700 нм — 60 с.*

**Ключевые слова:** картофель, яровизация, обработка, прогревание, температура, световой поток, росток, глазок

**А. Г. Тулинов,**  
кандидат сельскохозяйственных наук  
(Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

## **ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ**

У картофеля различают так называемые световые и теневые ростки, формирующиеся при пробуждении клубней. Световые ростки представляют собой взрослое растение в миниатюре, они обладают хорошей прочностью и легко переносят транспортировку и механизированную посадку, однако после посадки такие ростки вынуждены перестраиваться, лишившись возможности фотосинтеза на свету, к которому привыкли за период озеленения. Все это вызывает стресс у растений и задерживает всходы. Теневые ростки более слабые и вытянутые, их тяжелее транспортировать и механизировано высаживать, однако, всходы из таких ростков лучше укореняются, происходит естественная этиоляция, при которой выделяются ауксины, стимулирующие рост побегов [1]. Управление ростом и развитием ростков на начальном этапе является важным аспектом улучшения технологий выращивания картофеля. Целью нашей научно-исследовательской работы является получение первичных данных по действию основных факторов, влияющих на проращивание ростков, таких как прогревание и освещение, и построение модели управления данным процессом.

Исследования проводили в соответствии с планом четырехфакторного эксперимента второго порядка Бокса-Бенкена [2—4], где функцией отклика принято среднее время появления всех ростков  $Y_1$  ( $t$ , дн.), количество пробудившихся глазков  $Y_2$  ( $n$ , шт.), длина ростков к концу исследований  $Y_3$  ( $l$ , мм) через 15 дн. с начала проведения опыта [5]. В качестве факторов варьирования выбраны температура прогревания клубней в течение 40 с и три спектра света: 440—485 нм (синий), 500—565 нм (зеленый), 625—740 нм (красный). Факторы и уровни варьирования представлены в таблице. Уровни варьирования факторов и общее время обработки подобраны согласно существующим рекомендациям по предпосадочной яровизации картофеля [6—8].

## Факторы, их уровни и интервалы варьирования

| Кодированное обозначение фактора | Название фактора, его обозначение и единица измерения | Уровень фактора |               |               |
|----------------------------------|---|-----------------|---------------|---------------|
|                                  |   | нижний<br>–1    | основной<br>0 | верхний<br>+1 |
| x <sub>1</sub>                   | Прогревание клубней инфракрасными лампами, °С         | 30              | 35            | 40            |
| x <sub>2</sub>                   | 460—475 нм (синий), с                                 | 0               | 60            | 120           |
| x <sub>3</sub>                   | 685—700 нм (красный), с                               | 0               | 60            | 120           |
| x <sub>4</sub>                   | 550—565 нм (зеленый), с                               | 0               | 60            | 120           |

Для проведения научного эксперимента отбирали здоровые клубни семенного картофеля (масса 50—60 г) одного сорта (с. Невский) не имеющих видимых повреждений. После обработки картофель хранился в стандартных условиях, характерных для яровизированного картофеля, подготовленного к дальнейшей посадке (температура 16—18 °С, влажность 65—70 %, естественное освещение — отсутствует).

Для проведения исследования влияния светового потока было сконструировано экспериментальное устройство для обработки клубней картофеля, представленное на рисунке.



Световая камера

Устройство представляет собой световую камеру, оборудованную инфракрасными лампами с длиной волны 3500—5000 нм, обеспечивающих прогрев клубней, и светодиодными лампами с соответствующей длиной спектра света. Через данную камеру по транспортеру продвигаются обрабатываемые клубни в течение времени, соответствующему плану опыта.

Математическую обработку полученных данных провели с использованием программы StatGrafics Plus 5.1. Данные проверены на адекватность по *F*-критерию Фишера (вероятность  $p = 0,95$ ).

В результате исследований получены модели регрессии влияния изучаемых факторов ( $x_1, x_2, x_3$  и  $x_4$ ) на функции отклика ( $Y_1, Y_2, Y_3$ ):

$$Y_1 = 3,53 + 0,63x_1^2 - 0,75x_1 \cdot x_2 + 0,75x_3 \cdot x_4;$$

$$Y_2 = 5,68 + 0,91x_1 - 1,18x_3 - 3,06x_1 \cdot x_3;$$

$$Y_3 = 28,71 + 3,07x_1 \cdot x_2 - 3,31x_1 \cdot x_4 - 3,87x_3 \cdot x_4.$$

Таким образом, наиболее оптимальным для увеличения количества пробужденных ростков в максимально короткий срок и повышения скорости их развития является кратковременное прогревание клубней при температуре 35 °С — 40 с, с облучением световым потоком с длиной волны 460—475 нм, 550—565 нм, 685—700 нм — 60 с.

### Библиографический список

1. Маркаров, А. М. Морфофизиология клубнеобразующих растений / А. М. Маркаров, Т. К. Головкин, Г. Н. Табаленкова. — Санкт-Петербург : Наука, 2001. — 208 с.
2. Тулинов, А. Г. Обоснование основных конструктивно-технологических параметров технологии заготовки сенажа из ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) с использованием газового консерванта / А. Г. Тулинов, А. Ю. Лобанов // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. — 2021. — № 59 (2). — С. 205—214.
3. Justification of constructive technological scheme of multifunctional unit / V. L. Andreev, S. A. Vasilyev, S. L. Demshin, V. V. Ilchev [and others] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — 2019. — № 560 (1): 012051.
4. Saitov, V. Water filter with central perforated pipe for livestock complexes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science / V. Saitov, A. Kotyukov . — 2019. — № 403: 012159.
5. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. — Ленинград : Колос, 1980. — 168 с.
6. Карманов, С. Н. Урожай и качество картофеля / С. Н. Карманов,, В. П. Кирюхин, А. В. Коршунов. — Москва : Россельхозиздат, 1988. — 167 с.
7. Развитие агротехнологий повышения продуктивности картофелеводства в условиях Севера : монография / Г. Т. Шморгунов, А. Г. Тулинов, П. И. Конкин, С. В. Коковкина [и др.]. — Сыктывкар : ФГБНУ НИИСХ Республики Коми; ГОУ ВО КРАГСиУ, 2016. — 127 с.
8. Листов, П. Н. Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве : справочник / П. Н. Листов. — Москва : Колос, 1974. — 623 с.

*В статье рассмотрены адсорбционные свойства гидрофобизированных полимерных волокон, состоящих из полиэтилентерефталата и полипропилена, по отношению к нефтепродуктам и воде. Адсорбционные емкости были определены в статических условиях. Для гидрофобизации использован метод, применяемый для обработки лигноцеллюлозного сырья, заключающийся в пропитке сырья раствором солей жирных кислот с последующим осаждением их солями алюминия.*

**Ключевые слова:** сорбент, гидрофобизация, синтетическое волокно, полиэфир, полиэтилентерефталат, полипропилен, соли жирных кислоты, соли алюминия

**Н. В. Ушаков,**  
аспирант;

**Е. В. Удорткина,**  
кандидат химических наук, доцент;

**А. В. Кучин,**  
доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН  
(Институт химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

## **НЕФТЕСОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

В последнее время ввиду возрастающего антропогенного воздействия на окружающую среду одними из наиболее актуальных направлений науки являются исследования в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. К таким направлениям относятся переработка отходов и ликвидация загрязнений нефтепродуктами водных объектов.

Сырая нефть и продукты ее переработки являются одними из основных загрязнителей водных объектов. По этой причине широко ведутся исследования с целями поиска новых и улучшений уже существующих методов ликвидации нефтяных загрязнений. Одним из самых распространенных методов ликвидации нефтяных разливов является применение нефтесорбентов непосредственно на месте разлива.

Самым перспективным методом снижения негативного воздействия на окружающую среду, вызываемым загрязнением пластиковыми отходами, является вторичная переработка пластика. Создание новых материалов на основе переработанных отходов пластмасс способствует более широким масштабам вторичной переработки потенциального вторичного сырья вместо его захоронения. В последние десятилетия наблюдается высокий интерес применения отходов полимеров для производства сорбентов нефтепродуктов [1].

Одним из главных свойств сорбентов, применяемых для удаления разливов нефти, является плавучесть. Высокая плавучесть способствует более легкому извлечению отработанного сорбента и снижению его водопоглощения, вследствие чего увеличивается селективная способность сорбента по отношению к нефтепродуктам. Высокого показателя плавучести полимерного сорбента можно добиться за счет гидрофобизации поверхности, осуществляемой методом химической модификации поверхности или синтеза композиционного материала на основе полимера [2].

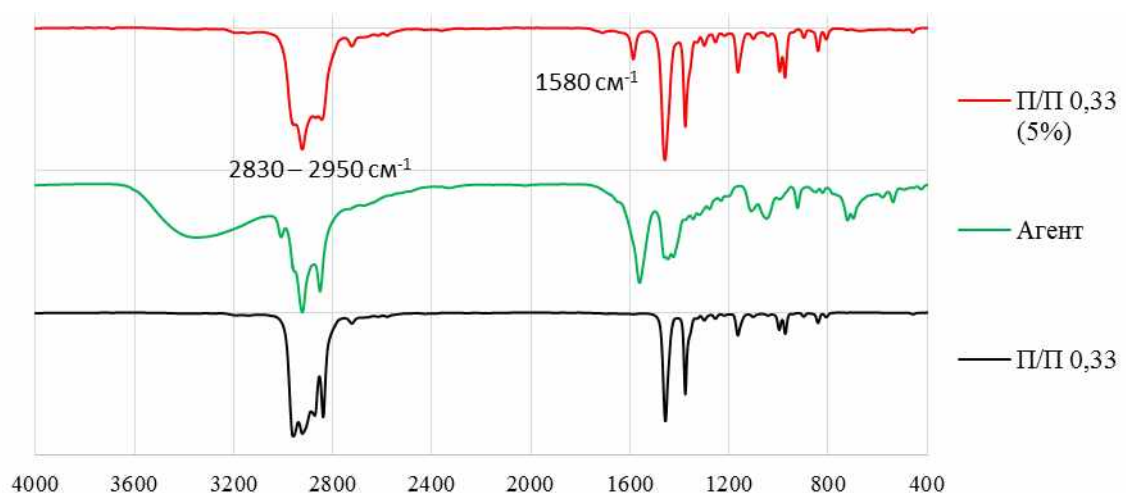
Целью данной работы является исследование адсорбционных свойств по отношению к нефтепродуктам и воде сорбентов на основе полимерных волокон, обработанных по разработанному в Институте химии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН методу поверхностной модификации [3], предназначенному для синтеза сорбентов на основе лигноцеллюлозного сырья. Объектами исследования выступали синтетические волокна полиэтилентерефталата и полипропилена.

**Методика приготовления сорбентов.** Навеска волокон массой 0,35 г погружалась в стакан с 200 мл воды, нагретой до 60 °С. Далее в стакан добавлялась растворенная в воде навеска солей жирных кислот (основной компонент — стеарат натрия), масса которой составляла 2 и 5 % от массы волокон. После этого волокно перемешивалось на магнитной мешалке в течение 1 ч, после чего в смесь в эквимолярном количестве к реагенту добавлялись алюмокалиевые квасцы для осаждения гидрофобизирующего реагента на поверхность волокна. Затем смесь продолжала перемешиваться в течении 30 мин, после чего полученные сорбенты извлекались из раствора и высушивались на открытом воздухе в течение суток.

**Определение нефтепоглощения.** Навеска сорбента известной массы погружалась в нефть и выдерживалась в течение 10 мин, затем выдерживалась в подвешенном состоянии в течение часа для стекания избытка нефтепродукта, после чего взвешивалась. По известным массам исходных навесок и навесок после сорбции, рассчитывалась сорбционная емкость.

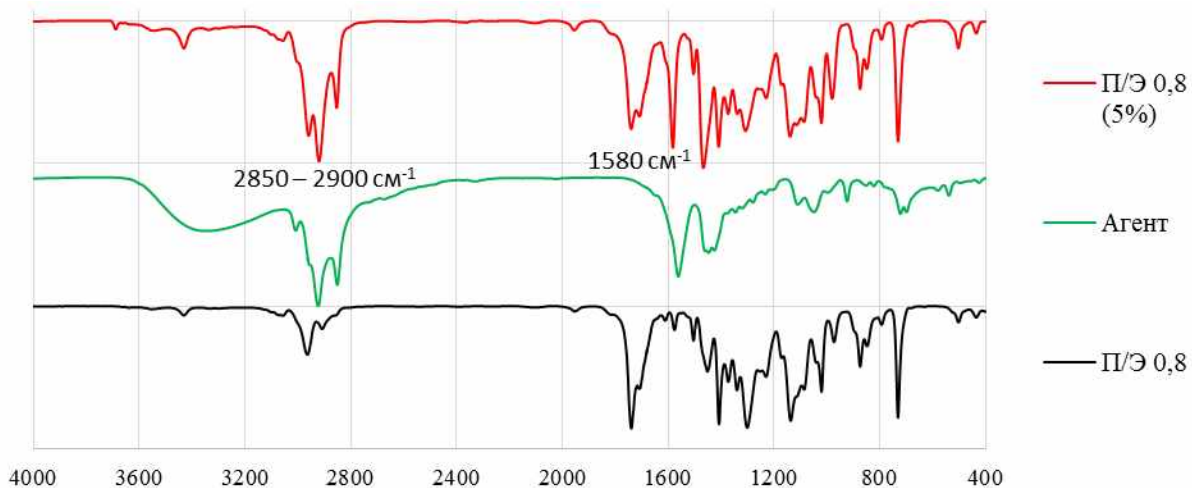
**Определение водопоглощения.** Навеска сорбента помещалась на водную поверхность и выдерживалась в течение 10 мин, после чего взвешивалась. Сорбционная емкость определялась аналогичным способом.

**Результаты экспериментов.** Получено девять сорбентов, на основе волокон полиэтилентерефталата с линейными плотностями 0,33 и 0,8 текс (П/Э 0,33 и П/Э 0,8 соответственно) и на основе волокна полипропилена с линейной плотностью 0,33 текс (П/П 0,33). У исходных волокон также были определены сорбционные емкости. Для оценки проведенной поверхностной модификации, у полученных сорбентов были сняты ИК спектры, приведенные на рис. 1 и 2.



**Рис. 1.** ИК спектры волокна полипропилена, сорбента на его основе и гидрофобизирующего реагента



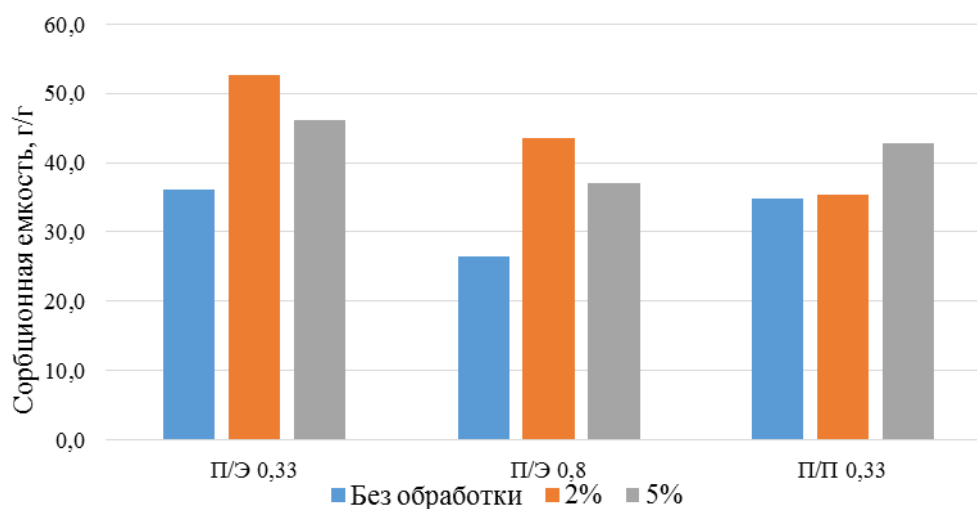


**Рис. 2.** ИК спектры волокна полиэтилентерефталата, сорбента на его основе и гидрофобизирующего реагента

На спектрах полученных материалов можно наблюдать полосы поглощения, характерные для гидрофобизирующего агента, что подтверждает присутствие солей жирных кислот в составе сорбента. Так, для сорбента на основе полипропиленового волокна (см. рис. 1) изменяется контур участка спектра в области  $2830\text{—}2950\text{ см}^{-1}$  (область колебаний связей С–Н) и появляется четкая полоса  $1580\text{ см}^{-1}$  (колебание группы  $\text{COONa}$ ).

У сорбентов на основе полиэфирного волокна (см. рис. 2) наблюдается появление новой полосы  $1580\text{ см}^{-1}$  ( $\text{COONa}$ ) и полос в области  $2850\text{—}2900\text{ см}^{-1}$  (С–Н связи).

Результаты измерений нефтепоглощения приведены на рис. 3.

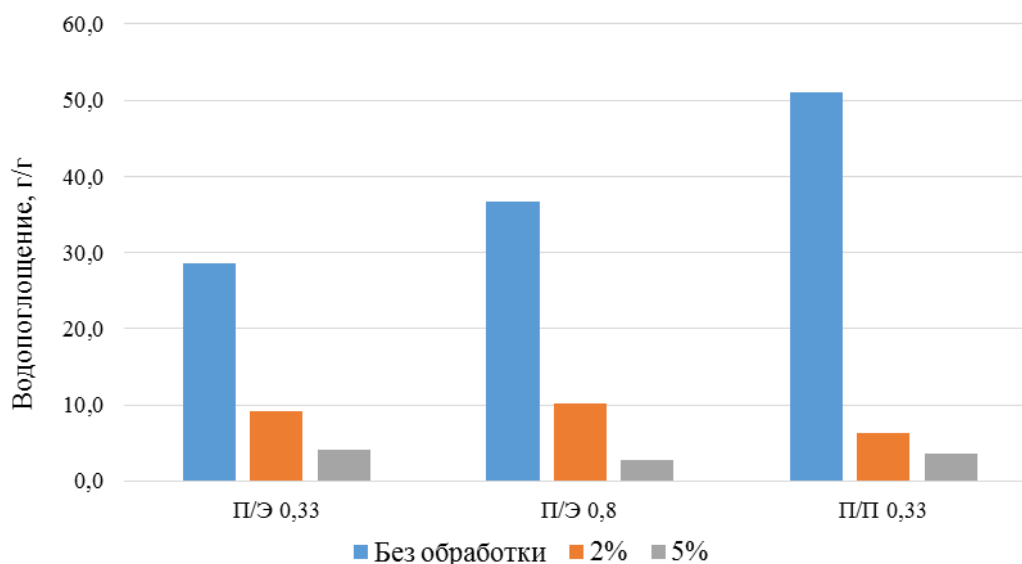


**Рис. 3.** Значения нефтепоглощения

Из диаграмм видно, что проведенная обработка способствует увеличению показателя нефтепоглощения для всех сорбентов по сравнению с исходными волокнами. Для полиэфирных волокон сорбционные емкости максимально увеличиваются на 46 и 64 % (для линейных плотностей 0,33 текс и 0,8 текс соответственно). Причем увеличение массы гидрофобизатора в 2,5 р способствует

снижению нефтеемкости на 12—15 %. У полипропиленового волокна сорбционная емкость увеличивается максимально на 22 % (при расходе гидрофобизатора 5 %). Для сорбентов на основе полиэтилентерефталата наблюдается снижение способности адсорбировать нефть с увеличением концентрации гидрофобизирующего агента в растворе обработки. Модификация поверхности полипропиленовых волокон оказывает меньшее влияние на способность к поглощению нефти.

На рис. 4 приведены диаграммы водопоглощения.



**Рис. 4.** Значения водопоглощения

Из данных, приведенных на диаграмме, видно значительное снижение водопоглощения у гидрофобизированных волокон. Наибольшая эффективность обработки наблюдается у сорбентов, полученных при обработке с 5 % навеской гидрофобизирующего агента. Показатель водопоглощения уменьшается в 7, 12 и 14 раз для образцов П/Э 0,33, П/Э 0,8 и П/П 0,33 соответственно. Увеличение гидрофобности материалов ведет к повышению их плавучести.

Исходя из полученных данных можно сделать следующие выводы:

1) метод гидрофобизации лигноцеллюлозного сырья применим к волокнам полипропилена и полиэтилентерефталата с целью получения на их основе сорбентов;

2) для полипропиленовых волокон наиболее эффективна обработка, при которой масса гидрофобизирующего реагента составляет 5% от навески волокна;

3) для сорбентов на основе полиэфирных волокон повышение концентрации агента в растворе обработки одновременно увеличивает гидрофобность сорбента и снижает его сродство к нефти, однако наиболее важным является эффект увеличения гидрофобности поверхности, поэтому наиболее целесообразно использовать более концентрированный раствор.

#### **Библиографический список**

1. Oil sorbents from plastic wastes and polymers: A review / J. Saleem, M. A. Riaz, M. K. Gordon // Journal of hazardous materials. — 2018. — Т. 341. — С. 424—437.

2. Robust superhydrophobic attapulgite coated polyurethane sponge for efficient immiscible oil/water mixture and emulsion separation / J. Li , C. Xu, Y. Zhang, R. Wang [and others] //Journal of Materials Chemistry A. — 2016. — Т. 4. — №. 40. — P. 15546—15553.

3. Патент № 2097123 Российская Федерация Способ получения абсорбента для очистки водных поверхностей от загрязнений нефтью, нефтепродуктами и органическими растворителями : опубл. 27.11.1997. Кучин А. В., Магий М. Ю., Дёмин В. А., Куковицкий Б. Ф., Давыдов В. Д.

Приводится сравнение подходов к формированию случайных состояний генерирующей мощности методами статистического моделирования, как с позиций вычислительной эффективности, так и точности полученного результата. Рассмотрены возможности эквивалентирования генерирующего оборудования малой мощности. Даны рекомендации влияния эквивалентирования не только на показатели балансовой надежности, но и на обоснование составляющих нормативного резерва мощности.

**Ключевые слова:** показатели балансовой надежности, оперативный резерв мощности, статистическое моделирование, кумулятивная функция, эквивалентирование, моделирование

**Ю. Я. Чукреев,**

доктор технических наук, старший научный сотрудник  
(Сыктывкарский лесной институт,  
ИСЭ и ЭПС ФИЦ Коми НЦ УрО РАН)

## **ФОРМИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ СОСТОЯНИЙ В ЗАДАЧЕ ОБОСНОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕЗЕРВА МОЩНОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Под балансовой надежностью (*adequacy*) понимается способность электроэнергетической системы (ЭЭС) обеспечивать совокупный спрос на электрическую энергию и мощность потребителей в пределах заданных ограничений на поставки энергоресурсов с учетом запланированных и обоснованно ожидаемых незапланированных перерывов в работе ее элементов, а также эксплуатационных ограничений. Ключевым в этом определении с позиций определения показателей балансовой надежности (ПБН) ЭЭС при планировании их развития является вопрос учета незапланированных выводов генерирующего и сетевого оборудования во внеплановый (аварийный) ремонт.

Обеспечение балансовой надежности при планировании развития ЭЭС и ЕЭС России в частности требует решения двух взаимосвязанных задач — оценки ПБН и определения средств ее обеспечения — резервов мощности и запасов пропускных способностей связей. При этом надо понимать, что с позиций обоснования резервов мощности ПБН должны иметь простой физический смысл и быть достаточно чувствительными к возмущениям [1]. В отечественных [1—4 и др.] публикациях этим рекомендациям удовлетворяет ПБН в виде вероятности бездефицитной работы  $p = 1 - J_d$  ( $J_d$  — интегральная вероятность появления дефицита мощности). В зарубежных публикациях [5, 6 и др.] — среднее число дней дефицита мощности в год (*Loss of Load Expectation — LOLE*) и среднее число часов дефицита мощности в год (*Loss of Load Hours — LOLH*).

Цифровизация энергосистем приводит к возможности получения информации по всем типам генерирующего оборудования независимо от их установленной мощности. В этих условиях применение методов статистического моделирования для оценки ПБН ЭЭС становится еще более оправданным. Его применение позволяет организовать формирование случайных состояний либо на

каждом генерирующем оборудовании, либо на аналитически полученных кумулятивных функциях распределения.

**1. Моделирование случайных состояний генерирующей мощности.** Формирование случайных состояний должно проводиться последовательно для каждого выделенного  $t$ -го интервала времени (рис. 1) и суммироваться с учетом вероятности его существования. Процесс определения ПБН для каждого выделенного временного интервала условно делится на два взаимосвязанных этапа:

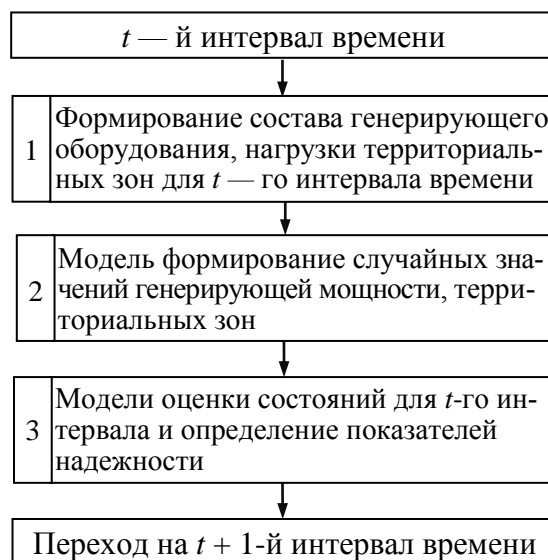
1. Формирование расчетных состояний и вычисление вероятностей их существования (блоки 1 и 2 на рис. 1).

2. Определение последствий для потребителей, вызванных различными состояниями генерирующего оборудования (блок 3).

При разработке математических моделей оценки ПБН многозонных ЭЭС как в нашей стране, так и за рубежом применяются либо аналитические методы, либо методы комбинаторного и статистического моделирования.

Аналитические методы основаны на формировании для каждой территориальной зоны ЭЭС так называемых рядов вероятностей снижения генерирующей мощности, вследствие аварийного выхода оборудования и дальнейшей «свертки» этих рядов от одной территориальной зоны к другой с учетом пропускной способности связей [2, 4, 7]. Комбинаторное и статистическое моделирование случайных состояний может быть организовано двумя путями. Первый и наиболее простой в математической интерпретации подход — это формирование случайных состояний в каждой территориальной зоне ЭЭС непосредственно на каждом генераторе в отдельности.

Второй подход основан на предварительном построении для каждой территориальной зоны плотностей вероятностей снижения генерирующей мощности, и осуществлении процесса моделирования случайных состояний на их кумулятивных функциях. Следует отметить, что в этом подходе вероятностная модель  $i$ -го генератора, как правило, описывается только двумя состояниями: отказ ( $q_i$ ) и работа ( $p_i$ ) [1, 3, 4, 6 и др.]. Спектр случайных состояний генерирующей мощности для каждой территориальной зоны ЭЭС можно получить последовательным разложением биномиального выражения  $(p_i + q_i)^{m_i}$  для всех однотипных  $i$ -х групп агрегатов ( $m_i$  — число однотипных агрегатов в  $i$ -й группе) и их упорядочивания по мощности [1—4]. Комбинаторное моделирование основано на полном переборе возможных аварийных состояний генерирующего оборудования, вызванных их ненадежностью в территориальных зонах ЭЭС, что ведет к генерированию огромного числа случайных состояний.



**Рис. 1.** Укрупненная блок-схема формирования состояний мощности

Современное развитие средств вычислительной техники в совокупности с возможностями учета большого числа факторов и получения широкого спектра ПБН привели к предпочтительности моделей, основанных на применении методов статистического моделирования в сравнении с моделями, основанными на применении аналитических и комбинаторных методов [2, 3 и др.]. При этом остаются открытыми вопросы оценки вычислительной эффективности методов статистического моделирования проводимых на отдельных агрегатах ЭЭС или на кумулятивных функциях вероятностей снижения генерирующей мощности. Можно предположить, что второй подход более эффективен в вычислительном отношении по причине возможности исключения в нем одинаковых по мощности состояний. Ниже приводятся экспериментальные исследования этого вопроса.

**2. Экспериментальные расчеты.** Для сравнения вычислительной эффективности применения того или иного способа моделирования случайных состояний методами статистического моделирования необходимо иметь эталонный результат. Его получение потребовало разработки модели оценки ПБН, основанной на применении методов комбинаторного моделирования (перебор всех возможных состояний генерирующей мощности с учетом вероятности существования отдельных состояний). Ниже на уровне концентрированной и многозонной ЭЭС рассмотрен процесс схождения результатов оценки ПБН при использовании рассмотренных выше двух подходов к моделированию случайных.

**Концентрированная ЭЭС.** Установленная мощность 8850 МВт, максимум нагрузки 8250 МВт. Состав оборудования приведен в табл. 1. Аварийная составляющая оперативного резерва мощности (ОРМ) 600 МВт (7,27 %) подобрана таким образом, чтобы при рассмотрении всех часов суточного графика нагрузки ПБН в виде интегральной вероятности появления дефицита мощности ( $J_d$ ) примерно соответствовал нормативному значению 0,00418. Результаты ПБН  $J_d$  для максимальной степени графика нагрузки, полученные по эталонной модели и модели [8], составляет величину 0,001260.

Таблица 1. Параметры ЭЭС

| № п/п | $N_{ед.}$ | $q_{ав}$ | Число |
|-------|-----------|----------|-------|
| 1     | 50        | 0,012    | 21    |
| 2     | 50        | 0,030    | 6     |
| 3     | 50        | 0,032    | 6     |
| 4     | 50        | 0,042    | 6     |
| 5     | 100       | 0,015    | 21    |
| 6     | 100       | 0,035    | 6     |
| 7     | 100       | 0,045    | 6     |
| 8     | 150       | 0,020    | 6     |
| 9     | 200       | 0,025    | 6     |
| 10    | 250       | 0,037    | 6     |

На рис. 2 показаны гистограммы сходимости результатов ПБН в виде  $J_d$  при различных способах формирования случайных состояний. Из рисунка видно, что применение статистического моделирования на кумулятивной функции распределения дает приемлемый результат с доверительной вероятностью  $\beta = 90$  при моделировании более 15000 состояний (рис. 2). При этом погрешность ( $\delta$ ) по отношению к эталонной модели не превышает 2,5 %. Применение статистического моделирования на каждом генераторе удовлетворяет принятой доверительной вероятности при формировании более 120000 состояний. При этом ошибка  $\delta$  по отношению к эталонному результату может достигать 5 % и

даже более. Следует подчеркнуть, что при моделировании такого количества случайных состояний на кумулятивной функции ошибка не превышает десятых долей процента (см. рис. 2).

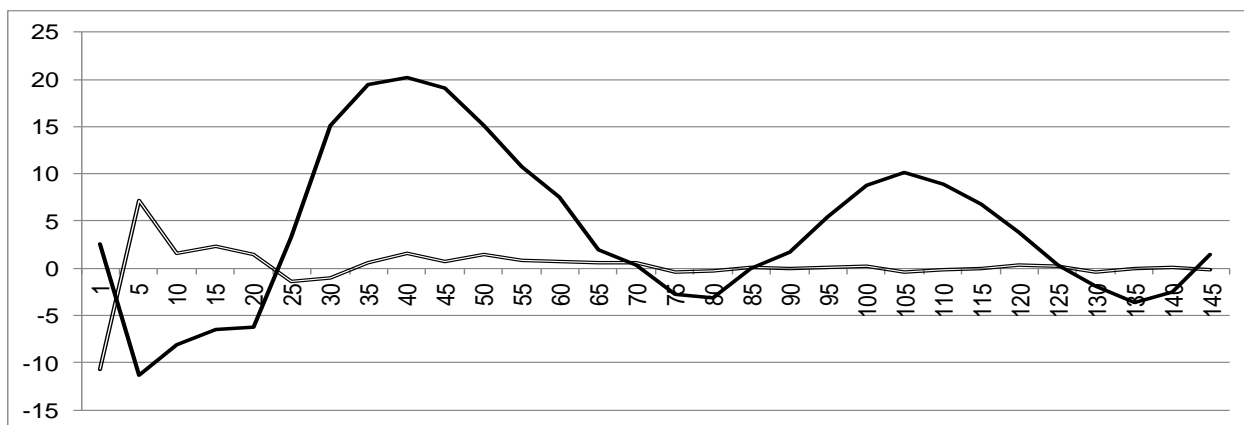


Рис. 2. Гистограммы отклонения показателей балансовой надежности от эталонного значения в концентрированной ЭЭС.

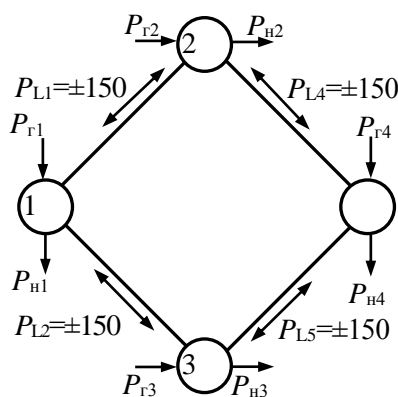


Рис. 3. Гипотетическая схема ЭЭС

Таблица 2. Параметры многозонной ЭЭС

| № п/п | $N_{ед.}$ | $q_{ав.}$ | число |
|-------|-----------|-----------|-------|
| 1     | 50        | 0,012     | 7     |
| 2     | 50        | 0,030     | 2     |
| 3     | 50        | 0,032     | 2     |
| 4     | 50        | 0,042     | 2     |
| 5     | 100       | 0,015     | 7     |
| 6     | 100       | 0,035     | 2     |
| 7     | 100       | 0,045     | 2     |
| 8     | 150       | 0,020     | 2     |
| 9     | 200       | 0,025     | 2     |
| 10    | 250       | 0,037     | 2     |

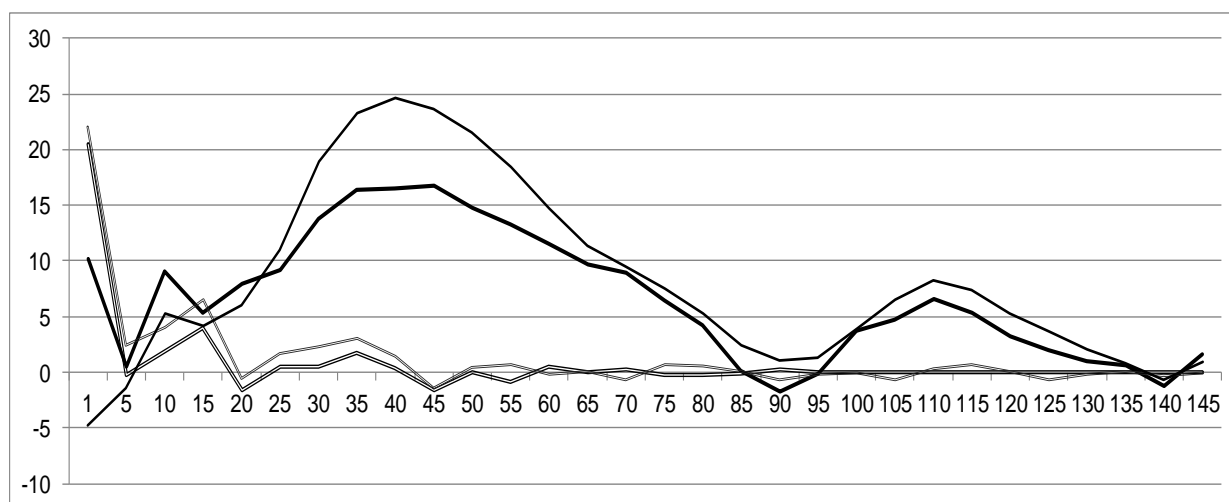
### Многозонная ЭЭС.

По аналогии с концентрированной рассмотрим гипотетическую многозонную ЭЭС. На рис. 3 изображена 4-узловая схема с ограниченными пропускными связями. Состав генерирующего оборудования в каждой зоне одинаков и представлен в табл. 2. Установленная мощность в каждой зоне 2950 МВт, совмещенный максимум нагрузка в 1-й и 4-й зонах составляет 2800 МВт, во 2-й и 3-й — 2650 МВт. Аварийная составляющая ОРМ (900 МВт, 8,26 %) подобрана таким же образом, что и в рассмотренном выше примере. Результаты ПБН  $J_d$  для одной ступени графика нагрузки, полученные по эталонной модели составляет для ЭЭС в целом величину 0,0012105, для одной из территориальных зон 1, 4 — 0,000854, 2, 3 — 0,000457.

На рис. 4 показаны гистограммы сходимости результатов оценки ПБН при различных способах формирования случайных состояний для ЭЭС в целом (жирная линия) и территориальных зон 1, 4 (более тонкая линия). Видно, что применение статистического моделирования на кумулятивной функции распределения дает приемлемый результат с доверительной вероятностью

$\beta = 90$  при моделировании более 25000 состояний (рис. 4). При этом погрешность ( $\delta$ ) по отношению к эталонной модели не превышает 2 %. Применение статистического моделирования на каждом генераторе удовлетворяет принятой доверительной вероятности при формировании более 140000 состояний. При

формировании такого количества случайных состояний на кумулятивных функциях ошибка не превышает одного процента (см. рис. 4).



**Рис. 4.** Гистограммы отклонений показателей балансовой надежности от эталонных значений в многозонной ЭЭС (утолщенные линии — ЭЭС в целом, тонкие — одна из территориальных зон)

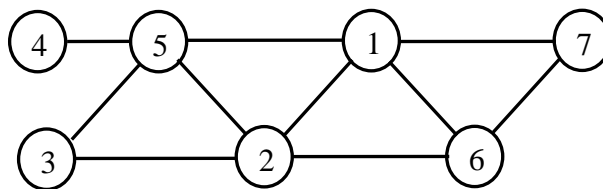
Наблюдаемые гистограммы сходимости результатов ПБН при применении различных подходов статистического моделирования можно объяснить двумя факторами. Первый связан с повторяемостью формирования одной и той же генерирующей мощности при применении статистического моделирования на каждом генераторе. При применении статистического моделирования на кумулятивных функциях вероятности одинаковых состояний генерирующей мощности для каждой территориальной зоны суммируются в аналитически полученных кумулятивных функциях. Второй фактор обусловлен сложностью достижения независимости, полученных методами статистического моделирования, мощностей отдельно взятых генераторов. При увеличении числа генераторов в ЭЭС, второй фактор становится менее значимым (закон больших чисел), но при этом увеличивается значение первого фактора. Практические расчеты показывают, что как на реальных генераторах территориальной зоны ЭЭС, так и на агрегированных (см. следующий раздел), применение статистического моделирования на отдельных агрегатах требует увеличения числа случайных состояний как минимум в 5 раз по отношению к использованию кумулятивных функций.

**3. Влияние эквивалентирования генерирующего оборудования на ПБН и средства ее обеспечения.** Цифровизация энергосистем позволяет в моделях генерирующей мощности учитывать все множество генерирующих агрегатов системы. В этих условиях применение методов статистического моделирования для оценки ПБН ЭЭС становится еще более востребованным. При этом остаются актуальными вопросы агрегирования (эквивалентирования) генерирующего оборудования. Как было отмечено (разд. 1) формализация статистического моделирования для формирования случайных состояний генерирующей мощности территориальной зоны ЭЭС возможна либо на каждом генерирующем агрегате, либо на аналитически полученных кумулятивных функциях рас-



пределения. Совершенно очевидно, что агрегирование оборудования приводит к упрощению процесса моделирования в обоих случаях. В первом случае за счет банального сокращения числа генераторов, во втором оно просто необходимо, так как построение кумулятивных функций требует задания шага по мощности, с которым они строятся [2, 3, 8]. Этот шаг должен быть кратным всем генераторам рассматриваемых территориальных зон ЭЭС.

Совершенно очевидным становится вопрос разработки методических подходов к агрегированию и оценки его влияния не на ПБН, а на средства обеспечения надежности — оперативные резервы мощности. Проведем оценку такого влияния для схемы ЭЭС России (рис. 5) на реальных данных по составу генерирующего оборудования и нагрузкам.



**Рис. 5.** Модель расчетной схемы ЭЭС России:  
 1 — ОЭС Урала; 2 — ОЭС Средней Волги;  
 3 — ОЭС Юга; 4 — ОЭС Северо-Запада;  
 5 — ОЭС Центра; 6 — Казахстан;  
 7 — ОЭС Сибири

В литературе предлагаются различные подходы к эквивалентированию генерирующего оборудования [3, 7, 9]. Не останавливаясь на различного рода аналитических предложениях (нормальный или усеченный законы распределения), которые дают значительные погрешности, остановимся на реальных предложениях. Они основываются на условиях равенства в эквивалентной и исходной системах либо суммарных мощностей агрегатов (1), либо еще и первого момента распределения — математических ожиданий (2):

$$n_{\varepsilon} G_{\varepsilon} = \sum_{i=1}^m n_i G_i, \quad (1)$$

$$n_{\varepsilon} G_{\varepsilon} q_{\varepsilon} = \sum_{i=1}^m n_i G_i q_i \quad (2)$$

В этих выражениях  $m$  соответствует числу групп генераторов исходной системы, характеризующихся числом ( $n_i$ ), мощностью ( $G_i$ ) и аварийностью ( $q_i$ ) близкими к величине эквивалентной мощности ( $G_{\varepsilon}$ ), кратной выбранной степени агрегирования ( $\varepsilon$ ).

В табл. 3 приведены характеристика ЭЭС России для 2022 г. из ежегодно выполняемой работы «Схема и программа развития ЭЭС России на 2016—2022 гг.» (СиПР ЭЭС). В ней также приведены расчетные величины аварийной составляющей ОРМ и математические ожидания (м.о.) вывода во внеплановый ремонт генерирующего оборудования для исходного состава оборудования, что эквивалентно условиям (2) и (1) при шаге агрегирования генерирующего оборудования величиной 1 МВт. В дальнейшем будем считать это эталонным значением. Из таблицы видно, что при шаге агрегирования ( $\varepsilon = 1$  МВт) м.о. эквивалентного оборудования практически равно м.о. исходного состава. Достаточно большая аварийная составляющая ОРМ в ОЭС Северо-Запада объясняется не-

достаточной пропускной способностью связи, соединяющей ее с ОЭС Центра (рис. 5).

**Таблица 3.** Характеристика ЕЭС России на 2022 г. в разрезе ОЭС

| Показатели                      | Европейская часть ЕЭС России |                   |        |                  |           |        | ОЭС Сибири (7) |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------|--------|------------------|-----------|--------|----------------|
|                                 | Урал (1)                     | Средняя Волга (2) | Юг (3) | Северо-Запад (4) | Центр (5) | Всего  |                |
| Совмещенный максимум нагрузки   | 37390                        | 17096             | 16831  | 15151            | 39266     | 125734 | 30126          |
| Установленная мощность          | 53610                        | 27997             | 24740  | 25956            | 55616     | 187919 | 52029          |
| Аварийный резерв мощности, МВт  | 2495                         | 681               | 875    | 1416             | 1875      | 7341   | 1894           |
| %                               | 6,67                         | 3,98              | 5,20   | 9,34             | 4,77      | 5,84   | 6,29           |
| м.о. аварийного вывода (2), МВт | 2197,5                       | 486,3             | 664,7  | 699,8            | 1189,0    | 5237,3 | 1650,7         |
| %                               | 5,88                         | 2,84              | 3,95   | 4,62             | 3,03      | 4,17   | 5,48           |
| м.о. аварийного вывода (1), МВт | 2197,0                       | 486,2             | 665,3  | 699,8            | 1188,9    | 5237,2 | 1650,6         |
| %                               | 5,88                         | 2,84              | 3,95   | 4,62             | 3,03      | 4,17   | 5,48           |

В табл. 4 приведены расчетные значения аварийной составляющей ОРМ и м.о. вывода во внеплановый ремонт генерирующего оборудования для выполнения условий эквивалентирования генерирующего оборудования (1) или (1) и (2) при увеличении шага  $\varepsilon$  с 5 до 100 МВт.

**Таблица 4.** Аварийные составляющие оперативного резерва мощности и математические ожидания вывода оборудования во внеплановый ремонт

| Показатели   | Шаг агрегирования $\varepsilon$ , МВт |      |      |      |      |
|--|---------------------------------------|------|------|------|------|
|  | 5                                     | 10   | 25   | 50   | 100  |
| <b>Эквивалентирование по выполнению условий (1)</b>                      |                                       |      |      |      |      |
| Аварийный резерв мощности  |                                       |      |      |      |      |
| Европейская часть, МВт   | 7316                                  | 7271 | 7181 | 7181 | 7066 |
| %  | 5,82                                  | 5,78 | 5,71 | 5,71 | 5,62 |
| ОЭС Сибири, МВт  | 1897                                  | 1882 | 1867 | 1847 | 1837 |
| %  | 6,29                                  | 6,24 | 6,20 | 6,13 | 6,10 |
| М.о. вывода оборудования в ремонт  |                                       |      |      |      |      |
| Европейская часть, МВт   | 5221                                  | 5222 | 5175 | 5136 | 5018 |
| %  | 4,15                                  | 4,15 | 4,12 | 4,08 | 3,99 |
| ОЭС Сибири, МВт  | 1644                                  | 1644 | 1621 | 1601 | 1584 |
| %  | 5,46                                  | 5,46 | 5,38 | 5,31 | 5,26 |
| <b>Эквивалентирование по выполнению условий (1) и (2) в совокупности</b> |                                       |      |      |      |      |
| Аварийный резерв мощности  |                                       |      |      |      |      |
| Европейская часть, МВт   | 7331                                  | 7346 | 7356 | 7361 | 7376 |
| %  | 5,83                                  | 5,84 | 5,85 | 5,85 | 5,87 |
| ОЭС Сибири, МВт  | 1889                                  | 1894 | 1889 | 1894 | 1904 |
| %  | 6,27                                  | 6,29 | 6,27 | 6,29 | 6,32 |
| М.о. вывода оборудования в ремонт  |                                       |      |      |      |      |
| Европейская часть, МВт   | 5237                                  | 5237 | 5237 | 5237 | 5237 |
| %  | 4,17                                  | 4,17 | 4,17 | 4,17 | 4,17 |
| ОЭС Сибири, МВт  | 1651                                  | 1651 | 1651 | 1651 | 1651 |
| %  | 5,48                                  | 5,48 | 5,48 | 5,48 | 5,48 |

При этом для простоты результаты приведены только для Европейской и Сибирской частей ЕЭС России, т. е. без разделения на ОЭС, как в табл. 3. Видно,

что агрегирование состава генерирующего оборудования до мощностей минимального по мощности генератора в 50 МВт не приводит к значительным погрешностям относительно реального состава (см. табл. 3). При эквивалентировании генерирующего оборудования по условиям (1) и (2) погрешности в определении аварийного резерва мощности менее 0,015 %, при использовании простейшего условия (1) этот процент несколько выше и составляет менее 0,15 %.

### **Заключение**

1. Использование методов статистического моделирования для организации процесса формирования случайных состояний генерирующей мощности при оценке ПБН ЭЭС возможно двумя способами: непосредственно на отдельных генераторах или на предварительно полученных кумулятивных функциях распределения. С позиций вычислительной эффективности применение первого подхода оправданно только в случае необходимости учета нахождения генератора не в двух состояниях: работа — отказ, а в трех и более (дубль блоки, учет надежности котлоагрегатов и т. п.) [5, 10].

2. Цифровизация энергосистем позволяет сформировать все множество генерирующих агрегатов системы (от малых по мощности до очень больших). Это значительно усложняет процесс формирования случайных состояний. Агрегирование генерирующего оборудования по определенным условиям кратности некоторой ступени мощности упрощает процесс формирования случайных состояний. Показано, что агрегирование генерирующего оборудования до минимальной мощности генератора в 50 МВт практически не влияет на обоснование величин аварийной составляющей ОРМ в ЕЭС России.

### **Библиографический список**

1. Руденко, Ю. Н. Надежность систем энергетики / Ю. Н. Руденко, И. А. Ушаков. — Москва : Наука, 1986. — 252 с.
2. Чукреев, Ю. Я. Модели обеспечения надежности электроэнергетических систем / Ю. Я. Чукреев. — Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1995. — 176 с.
3. Чукреев, Ю. Я. Модели оценки показателей балансовой надежности при управлении развитием электроэнергетических систем / Ю. А. Чукреев, М. Ю. Чукреев. — Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2014. — 207 с.
4. Волков, Г. А. Оптимизация надежности электроэнергетических систем / Г. А. Волков. — Москва : Наука, 1986. — 116 с.
5. Эндрени, Дж. Моделирование при расчетах надежности в электроэнергетических системах Дж. Эндрени / пер. с англ. — Москва : Энергоатомиздат, 1983. — 336 с.
6. Billinton, R. Reliability Evaluation of Power Systems. Second Edition / R. Billinton, R.N. Allan. — New York and London: Plenum Press, 1996. — 509 p.
7. Обоскалов, В. П. Надежность обеспечения баланса мощности электроэнергетических систем / В. П. Обоскалов. — Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. — 210 с.
8. Маркович, И. М. Режимы энергетических систем / И. М. Маркович. — Москва : Энергия, 1969. — 351 с.
9. Шевченко, А. Т. О вычислении рядов вероятностей аварийного снижения генерирующей мощности в энергетических системах / А. Т. Шевченко, В. Д. Шлимович // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 1974. — № 2. — С. 140—144.
10. Непомнящий, В. А. Учет надежности при проектировании энергосистем / В. А. Непомнящий. — Москва : Энергия, 1978. — 200 с.

*В статье рассматривается понятие «менталитет» и его роль при обучении иностранному, в частности английскому языку. Словом «менталитет» называют то, что не есть «политика», «социально-экономические отношения», «обычаи», «законы». Им объясняют то, что в культуре и истории других народов кажется странным и непонятным.*

**Ключевые слова:** менталитет, язык, алгоритм

**С. И. Шарапова,**  
доцент  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **К ВОПРОСУ О РОЛИ МЕНТАЛИТЕТА ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ**

Мы живем в таком мультикультурном мире, что иностранные языки нам необходимы. Каждый язык — это способ видения мира, иными словами это базовая характеристика любого народа. Поэтому осваивать иностранный язык стоит не только потому, что это интересное занятие для общего развития, но это необходимое условие для понимания культуры народа изучаемого языка, которая предполагает специфическое отношение к жизни, к одежде, к пище, к искусству и т. д. Иногда одним словом называют совершенно разные вещи, иногда, говоря об одном и том же, называют явление разными словами. Из-за этого порой возникает много всяких проблем в коммуникации.

Язык — это, прежде всего, лингвистический фундамент культуры. Слова передают лишь малый процент информации, которой мы обмениваемся. Все остальное — это контекст, опыт, интонации, жестикация, мимика. Но это средство никогда не может по определению быть совершенным. Многие лингвисты считают, что параллельно с изучением самого иностранного языка абсолютно необходимо изучать менталитет, культуру, историю и традиции соответствующего народа. Знание психологических особенностей языка не менее важно, чем знание матрицы языка.

**Менталитет** — это некая интегральная характеристика людей, живущих в конкретной культуре, которая позволяет описать своеобразие видения этими людьми окружающего мира и объяснить специфику их реагирования на него [1; 35].

Менталитет, будучи явлением умственного порядка, вовсе не идентичен общественному сознанию, а характеризует лишь специфику этого сознания относительно общественного сознания других групп людей. Таким образом, менталитет как специфика психологической жизни людей раскрывается через систему взглядов, оценок, норм и умонастроений, основывающихся на имеющихся в данном обществе знаниях и верованиях, на характерных для представителей данной общности убеждениях, идеалах, интересах.

В формировании мировосприятия и национального характера носителя языка участвуют не только лексика, но и грамматические средства языка.

«Каждый язык отражает определенный способ восприятия и организации («концептуализации») мира» [2; 15]. Языковая картина мира представляет со-

бой смысловые модели действительности, является идеальным образцом объективной реальности, воссоздаваемым в языке.

Ментальность отражает пройденный обществом исторический путь и может быть рассмотрена как часть культуры. Это подтверждается еще и тем, что в английском языке понятие «менталитет» передается словом *culture*, а не *mentality*. Причем последнее слово переводиться как *склад ума; мышление* [3; 348]. Более того, понимание ее особенностей дает ключ к глубочайшему проникновению в скрытую от поверхностного взора «механику» культуры, ее «тональность», делает понятными потаенные взаимосвязи между явлениями. «Культура и традиция, язык, образ жизни и религиозность образуют собственного рода «матрицу», в рамках которой формируется ментальность.

Несмотря на единство законов логики и познания мира, народы обладают определенным национально-специфическим «видением мира», по-разному отражают в языках окружающую их действительность, так как «сам язык формируется в процессе познавательной деятельности данного народа» [4; 15].

В качестве простейшего примера можно привести использование в любой речи два наиболее употребительных слова «да» и «нет». Что касается европейских языков, то в Англии никто не говорит **yes** и **no**, все используют **yes, please** и **no, thanks**. Немецкому языку тоже присущи подобные формы вежливости. Например, на фразу «**Möchten Sie noch etwas Dessert?**», немцы могут ответить или утвердительно «**Ja, bitte, gern**», или отрицательно «**Nein, danke, ich bin wirklich satt**».

Англичане славятся своей вежливостью и тактичностью, и если переводить все дословно, как мы говорим это по-русски, можно быстро прослыть невежливым или даже грубым человеком. Более того, не все переводится так, как кажется на первый взгляд, и не сразу поймешь, что же они имеют в виду. Сам факт, что мы говорим на одном языке, еще не гарантирует нам понимания, потому что каждый из нас вкладывает в сказанное совершенно разный смысл и эмоции.

Вот еще несколько примеров, когда англичане подразумевают, **НЕТ**:

- *I don't know.*

- *I am not sure.*

- *I don't know if it's a good idea.*

Приведем еще один наглядный пример. Используемый для сравнения двух предметов одинакового качества парный союз *as ... as*, обозначающий **такой же ... как** можно встретить в любом учебнике, и будет много примеров из такой серии *He is not as tall as his sister*. И так тоже говорят. Но намного чаще его используют в Англии, чтобы что-то корректно, мягко по критиковать, например *How did you like the film? It wasn't as good as I expected.*

Полиглот и автор собственной методики быстрого изучения Дмитрий Петров указывает на две составляющие языка. Одна — чистая математика, вторая — чистая психология. Математика — набор базовых алгоритмов, основные фундаментальные принципы языковой структуры, механизм, который он называет матрицей языка. Причем в каждом языке существует свой механизм — это то, что отличает языки друг от друга, но есть и общие принципы. Осваивая язык, требуется довести алгоритмы до автоматизма. И это не просто граммати-

ческие правила, это принципиальные структуры, которые создают речь. Например, порядок слов. Он, по мнению того же автора, напрямую отражает взгляд носителя данного языка на мир[5].

Английский и немецкий язык — это язык с фиксированным порядком слов. На этих языках мы скажем только так — «*I love you*» или «*Ich liebe dich*», а по-русски есть варианты: «Люблю я тебя», «Тебя я люблю», «Тебя люблю я». Хотя английский язык и правда обладает более четкой структурой, что отражается в менталитете — более упорядоченном, прагматичном. В нем одно слово используется в максимальном количестве значений. И в этом преимущество языка.

Там, где в русском требуется целый ряд дополнительных глаголов — например, мы говорим «идти», «подниматься», «опускаться», «возвращаться», англичанин использует один глагол «*go*», который оснащен послелогом, придающим ему направление движения. Например, *to go away* — *уходить*, *to go back* — *возвращаться*, *to go by* — *ехать на...*, *to go for* — *идти за чем-либо*, *to go out* — *выходить* и т. д. и т. п. И таких глаголов, используемых с послелогам, в английском языке довольно много.

В русском языке часто используют безличные слова «*надо*», «*нужно*», но ни в одном словаре вы не найдете, как на английский язык перевести одним словом русское слово «*надо*», потому что оно не вписывается в английский менталитет. По-английски требуется назвать субъекта: кто должен, кому надо? По-русски мы можем сказать: «*Надо учить регулярно новые слова*». По-английски это «Ты должен ...» или «Я должен...», или «Мы должны...» *You must learn the new words regularly*. Мы скажем «*нельзя переходить дорогу на красный свет*», по-английски это звучит *You must not cross the street on the red light*. Получается, англичане находят и определяют ответственного за то или иное действие.

Или по-русски мы скажем «*ты мне нужен*». Субъект — тот, кто нужен. А в английском предложении аналог «*I need you*». То есть главный человек в английском — тот, кому кто-то нужен. С одной стороны, в этом проявляется большая дисциплина и зрелость, а с другой — большой эгоцентризм. О большом эгоцентризме англичан также свидетельствует личное местоимение *I*, которое всегда и всюду пишется с заглавной буквы. Это всего лишь несколько простых примеров, но уже по ним видна разница в подходе к жизни русских и британцев, взгляд на мир и себя в этом мире.

И еще один пример, когда, на взгляд, вроде бы знакомое всем слово *the way*, в определенном контексте может переводиться словами (*то*) *как*.

- He was angry at *the way* he had been treated. — Он был зол на *то, как* с ним обошлись.

- I like *the way* you deal with problems. — Мне нравится, *как* ты справляешься с проблемами.

- I dislike *the way* you are looking at me. — Мне не нравится, *как* ты на меня смотришь.

- You should influence your friend. He is not studying *the way* he should. — Вам надо повлиять на своего друга. Он не учится, *как* следует.

Такие примеры свидетельствуют о том, что при изучении иностранного языка нужно понимать основные принципы общения, разницу в менталитете для того, чтобы грамотнее выражать свои мысли и правильно истолковывать слова других.

#### **Библиографический список**

1. Леонтьев, А. А. Основы теории речевой деятельности / А. А. Леонтьев. — Москва : Наука, 1990. — С. 35.
2. Маслова, В. А. Лингвокультурология / В. А. Маслова. — Москва : Наука, 2001. — С. 15.
3. Бункин, Г. И. Англо-русский словарь / Г. И. Бункин, О. В. Буренкова, Т. П. Горбунова и др. — Москва : Рус.яз., 1986. — 656 с.
4. Оспанова, Ж. М. Бессознательное. Менталитет. Мышление. Наука. Сознание. Феномен. Человек. Этнос. Языковая личность / Ж. М. Оспанова // Вестник КарГУ. — 2011. — С. 7.
5. Петров, Д. Ю. Изучая иностранный язык, мы можем менять свой характер / Д. Ю. Петров. — URL: <https://www.psychologies.ru/standpoint/izuchaya-inostrannyiy-yazyik-myi-mojem-menyat-svoy-harakter/> (дата обращения: 10.12.2022).

*В работе представлен анализ базовых элементов городского зеленого фонда как место сохранения биологического разнообразия и их значимость в составе Экологического каркаса Муниципального образования городского округа «Сыктывкар». Показано, что ведущими составляющими, которые обеспечивают живучесть урбоэкосистемы в условиях интенсивной хозяйственной деятельности и решают проблему сохранения экологического равновесия, являются городские заказники, пригородные леса, лесопарковые зоны, ботанические сады, дендрарии, крупные парки.*

**Ключевые слова:** экологический каркас, ключевые точки, зоны экологического равновесия, охраняемые территории, городская биота

**Е. В. Юркина,**  
доктор биологических наук, профессор  
(Сыктывкарский лесной институт)

## **АНАЛИЗ БАЗОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКОГО ЗЕЛЕННОГО ФОНДА В КАЧЕСТВЕ ХРАНИЛИЩ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ИХ ЗНАЧИМОСТЬ В СОСТАВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДСКОГО ОКРУГА «СЫКТЫВКАР»**

Зональное биоразнообразие в городах формируется и сохраняется в форме адаптированных к данным условиям групп. На их базе осуществляется процесс долговременного средоформирования и средостабилизации. Главной составляющей экологической инфраструктуры является система зеленых насаждений и акваторий города, являющихся составной частью естественной и системы искусственного жизнеобеспечения. Возможности биоты Муниципального образования городского округа «Сыктывкар» недостаточны из-за несформированности его экологического каркаса (ЭК).

Экологический каркас включает природные и природно-антропогенные территории, являясь не столько формой охраны природы, сколько способом управления природопользованием. Это более широкое понятие, чем природный каркас. От его пространственных элементов зависит устойчивость природной среды данной урбосистемы.

Цель исследования состоит в анализе базовых элементов ЭК МО ГО «Сыктывкар» как хранилищ биоты и определение значимости некоторых компонентов, составляющих биологическое разнообразие природно-ландшафтных подсистем.

Задачами исследования являются:

- анализ размещения насаждений на территории ЭК: ключевых ядрах; экологических коридорах; буферных зонах;
- изучение зонального биоразнообразия с участием различных компонентов биоты, задействованных в поддержании экологического равновесия;
- установление роли патогенных организмов, снижающих ресурсообеспечивающий инфраструктурный пласт города.



Экологический каркас формируется из крупноареальных ключевых территорий — «ядер», транзитных «коридоров» и буферных областей. Характеристика элементов ЭК МО ГО «Сыктывкар» представлена в таблице.

Характеристика центральных элементов экологического каркаса муниципального образования городского округа «Сыктывкар»

| Виды территорий                  | Названия территорий, входящие в состав ЭК                                | Площадь территорий, га |
|----------------------------------|--|------------------------|
| Ключевые территории — ядра       |  |                        |
| Заказники                        | Комплексный заказник «Белоборский»                                       | 9000,0                 |
|                                  | Болотный заказник «Без названия»   | 250,0                  |
|                                  | Болотный заказник «Пычимский»  | 32,0                   |
| Леса МО ГО «Сыктывкар»           | Пригородные городские леса   | 2507-40433             |
| Леса, включенные в защитный пояс | Лесопарки города   | 367,0                  |
| Ботанические сады                | Ботанический сад СыктГУ им. Питирима Сорокина                            | 32,0                   |
| Экологические коридоры           |  |                        |
| Зеленый фонд города              | Зеленое кольцо города  | 51,1                   |
| Городские озелененные участки    | Насаждения улиц, пешеходных зон, дворовых территорий                     | 26798,0                |
| Водно-зеленая система города     | Зеленая зона рек Сысола и Вычегда  | Нет данных             |
| Буферные зоны                    |  |                        |
| Городские парки                  | Кировский  | 12,8                   |
|                                  | Мичуринский  | 5,7                    |
|                                  | Строитель  | 3,0                    |
| Дендрологические парки и участки | Дендрологический парк республиканского центра экологического образования | 3,946                  |
|                                  | Дендрологический участок Сыктывкарского лесного института                | 0,05                   |

Общая площадь МО ГО «Сыктывкар» по состоянию на 01.01.2017 составляет 733,0 км<sup>2</sup>. Застроенные территории включают 105,0 км<sup>2</sup>. Важнейшей частью *ключевых территорий* становятся заказники, пригородные городские леса, лесопарки. Это резерваты генофонда флоры и фауны, распространения видов. Так, на охраняемой территории заказника «Белоборский» отмечено более 200 видов сосудистых растений, типичных для среднетаежной подзоны европейского Северо-Востока [1]. Отличительной чертой флоры является значительное число водных и околоводных растений. Это обусловлено наличием крупной реки и озер. На малонарушенных землях подзоны средней тайги выявлено 1089 видов насекомых [2].

Организация зеленого пояса вокруг городского муниципального образования является новым и непростым вопросом. Данный процесс затрагивает существующие и перспективные планы социально-экономического развития территории. В соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды» лесопарковые зеленые пояса — это зоны с ограниченным режимом природопользования. Они включают леса, водные объекты, природные ландшафты, территории зеленого

фонда в границах городских населенных пунктов. Совместно они выполняют средообразующую, природоохранную, экологическую, санитарно-гигиеническую, рекреационную функции. Основная сложность в формировании зеленой инфраструктуры состоит в том, что выгоды от этого актива получает все общество опосредованно. Биотические компоненты обеспечивают сохранение важнейших экосистемных параметров, но данные услуги не продаются на рынке и поэтому не оцениваются напрямую, хотя потоки доходов весьма существенны. Способность активных элементов ядра к накоплению, утилизации, трансформации многих веществ делает их незаменимыми в общем процессе самоочищения городских территорий.

Существенная доля *экологических коридоров* представлена городским зеленым фондом. В число массовых входят уличные посадки различного назначения. Данные элементы, состоящие из отдельных деревьев, кустарников, газонов и цветников, призваны активно участвовать в оказании экосистемных услуг, выполнять макро- микроклиматические и эстетические функции. В качестве непрерывных линейных элементов системы МО ГО «Сыктывкар» выступают русла рек Сысолы и Вычегды с фрагментарно сохраненными участками естественной растительности и болотных угодий. Однако существующие биокоридоры слабо контактируют между собой, а качество зеленых насаждений низкое из-за обилия вредителей и болезней [3]. Кроме того, в силу преклонного возраста замены требует примерно 80 % древесно-кустарниковой растительности.

На урбанизированных территориях формируются специфические сообщества животных, отличающиеся от региональных по видовому составу, численности, особенностям межвидовых взаимодействий, фенологическим показателям и реакции биоты на антропогенные факторы. На их присутствие оказывают влияние мозаичность среды обитания, тип городской застройки, снижение численности хищников, высокий уровень факторов беспокойства и многие другие. Многообразие животного населения городов служит индикатором благополучия всей среды в целом. Животный мир МО ГО «Сыктывкар» представлен некоторыми характерными для естественных экосистем подзоны средней тайги видами и урботолерантными представителями. Среди пернатых хорошо адаптированы к условиям города большая синица, серая ворона, галка, сизый голубь. Однако у большинства позвоночных животных интенсивность размножения снижена. Из насекомых в фаунистических списках ряд видов стрекоз, шмелей, ос, дневных и ночных чешуекрылых. Присутствуют и редки представители [2].

Отдельные фито- и энтомопатогены широко представлены в городской среде. Вспышки их численности в г. Сыктывкаре — обычное явление. Данный процесс взаимосвязан с разными стадиями протекания антропогенных сукцессий урбоэкосистем и с ходом смен, следующих друг за другом урбоценозов. Изменения происходят как на уровне видового разнообразия, так и в соотношениях таксономических и экологических групп. Основными членистоногими — вредителями являются насекомые и клещи. Это различные виды тлей, листоблошек, жуков листоедов и долгоносиков, молей, пильщиков, растительоядных галлообразующих клещей. Среди заболеваний, взаимосвязанных с 35 древесно-кустарниковыми видами растений, типичны мучнистая роса, ржавчина, гнилевые и некрозно-раковые патогены.

Термин «вредитель» в урбоэкосистемах подразумевает более широкое понятие, чем в сельском и лесном хозяйстве. Это объясняется тем, что зеленым насаждениям наносится как непосредственный и материальный ущерб, так и дополнительно они теряют эстетическое состояние, декоративные, санитарно-гигиенические свойства. Наихудшее состояние отмечено у тополя бальзамического, рябины, березы, боярышника, черемухи, липы. Менее восприимчивы к условиям урбосреды — туя западная, курильский чай, виды спирей, пузыреплодник.

В состав *буферных зон* г. Сыктывкара входят небольшие паркоподобные зоны и земли сельскохозяйственного назначения. Они предназначены для защиты центральных ядер и коридоров экологического каркаса от потенциально вредных воздействий. Внутри города все земли уже имеют определенный статус, но за его пределами есть участки, которые стоило бы внести в охранную зону. Среди таких — леса у микрорайона Орбита, Эжвы, Вильтыдора, в районе Трехозерки, Седкыркеща и Лемью. Вокруг Сыктывкара есть и другие территории, которые остаются без защиты закона. Об этом мы неоднократно указывали в публикациях [2, 3].

Произвольно сложившаяся мозаика элементов ЭК не может обеспечить воспроизводство биоты в тех условиях, в которые она поставлена. Стрессовые воздействия связаны с непрерывно продолжающимся освоением территорий, крупномасштабным использованием природной среды, изменением растительного покрова, состава животного населения. Об этом говорят результаты обследования линейных элементов и буферных зон, включенных в ЭК МО ГО «Сыктывкар». Из-за отсутствия целостности градоэкологического каркаса город не получает максимальных выгод от озелененных территорий. Для свободной миграции животных важно организовать взаимосвязи между городскими и пригородными территориями. Влияние удаленных территорий станет эффективней при создании в пределах городской черты миграционных путей, которые способны соединить разрозненные части в единый комплекс, установить взаимосвязи между элементами низшего ранга с более высокими иерархическими уровнями, например, региональными компонентами.

#### **Библиографический список**

1. Кадастр особо охраняемых природных территорий Республики Коми / под ред. С. В. Дегтевой, В. И. Пономарева. — Сыктывкар, 2014. — 428 с.
2. Юркина, Е. В. Специфика регионального энтомомониторинга в условиях крупного северного города европейской России / Е. В. Юркина, С. В. Пестов // Теоретическая и прикладная экология — 2016. — № 1. — С. 62—70.
3. Юркина, Е. В. Методический подход к осуществлению урболесного мониторинга городских лесов МО ГО «Сыктывкар»: сборник материалов XIX Всероссийской заочной конференции «Проблемы и перспективы изучения естественных и антропогенных экосистем Урала и прилегающих регионов» г. Стерлитамак / Е. В. Юркина (Стерлитамак, 25 мая 2019). — Стерлитамак: СФ БашГУ, 2019. — С. 85—92.