

# ВЕСТНИК 2(3) 2008

## МАРИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Научно-прикладной журнал

Издаётся с ноября 2007 года

Выходит три раза в год

### СЕРИЯ «Лес. Экология. Природопользование»

#### Учредитель:

ГОУ ВПО «Марийский государственный технический университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30176 от 02.11.07)

Полное или частичное воспроизведение материалов, содержащихся в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения редакции.

#### Адрес редакции:

424006 Йошкар-Ола, ул. Панфилова, 17

Тел. (8362) 68-63-41

Факс (8362) 41-08-72

e-mail: [vestnik@marstu.net](mailto:vestnik@marstu.net)

Редактор *Т. А. Рыбалка*  
Дизайн обложки *Л. Г. Маланкина*  
Компьютерная верстка *Д. Н. Симонов*  
Перевод на английский язык  
*О. В. Филиппчук*

Подписано в печать 20.09.08.  
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. п. л. 10,92. Уч.-изд. л. 7,5.  
Заказ № 63/08. Тираж 500 экз.

Марийский государственный  
технический университет  
424000 Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в ООО «Реклайн»  
424007 Йошкар-Ола,  
ул. Машиностроителей, 117

Главный редактор **Е. М. Романов**

#### Главная редакционная коллегия:

**Е. М. Романов**, д-р с.-х. наук, профессор  
(главный редактор)

**В. А. Иванов**, д-р физ.-мат. наук, профессор  
(первый зам. гл. редактора)

**А. Д. Арзамасцев**, д-р экон. наук, профессор  
(зам. гл. редактора)

**С. А. Денисов**, д-р с.-х. наук, профессор  
(зам. гл. редактора)

**Н. В. Рябова**, д-р физ.-мат. наук, профессор  
(зам. гл. редактора)

**А. Н. Леухин**, д-р физ.-мат. наук, профессор  
(отв. секретарь)

#### Редакционная коллегия серии:

**С. А. Денисов**, д-р с.-х. наук, профессор  
(зам. гл. редактора)

**С. Я. Алибеков**, д-р техн. наук, профессор

**Р. И. Винокурова**, д-р биол. наук, профессор

**П. Ф. Войтко**, д-р техн. наук, профессор

**Ю. П. Демаков**, д-р биол. наук, профессор

**Л. А. Жукова**, д-р биол. наук, профессор

**А. С. Исаев**, академик РАН (Москва)

**А. Г. Поздеев**, д-р техн. наук, профессор

**Е. М. Романов**, д-р с.-х. наук, профессор

**М. Г. Салихов**, д-р техн. наук, профессор

**В. И. Сухих**, д-р с.-х. наук, профессор (Москва)

**Ю. А. Ширнин**, д-р техн. наук, профессор

**В. Л. Черных**, д-р с.-х. наук, профессор

## СОДЕРЖАНИЕ

Слово к читателям

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

**Е. М. Романов, Ю. П. Демаков, А. И. Шургин.** Высшей лесной школе Среднего Поволжья – 90 лет

**А. И. Писаренко.** Новая парадигма лесного хозяйства и управления лесами России

**С. А. Денисов, Ю. П. Глушкова, Л. Е. Туева.** Возможность и перспективы плантационного выращивания ели в Республике Марий Эл

**Р. И. Винокурова, О. В. Силкина.** Роствые характеристики хвои деревьев пихты сибирской (*abies sibirica l.*) и ели обыкновенной (*picea abies l.*)

### ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

**Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин.** Методика обоснования режимов работы технологических модулей при комбинированной трелевке древесины

### ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

**Д. И. Мухортков, В. В. Ускова.** Оптимизация параметров вермикомпостирования осадков сточных вод, различающихся по токсичности

**С. Ф. Киркин, А. Г. Поздеев.** Методика оценки экологической устойчивости функционирования автодорожной сети агропромышленного комплекса региона

**А. Г. Поздеев, В. П. Сапцин, В. И. Федюков.** Использование агроинженерного метода при переработке сельскохозяйственного, лесного, лекарственного сырья (вакуумная сушка и криогенное измельчение)

**С. Я. Алибеков, А. Г. Поздеев, Е. М. Царев.** Динамические теплообменники скороморозильных аппаратов агроинженерных комплексов

### ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

**Ю. П. Демаков, Н. Н. Гаврицкова.** Юбилей профессора Ивана Алексеевича Алексеева

*Информация для авторов*

## CONTENTS

3 *A word to the readers*

### FORESTRY

**E. M. Romanov, Yu. P. Demakov, A. I. Shurgin.** Higher forestry school of the Sredneye Povolzhye region is 90

**A. I. Pisarenko.** New paradigm of forestry and Russian forests management

**S. A. Denisov, Yu. P. Gloushkova, L. Ye. Tujeva.** Opportunities and prospects of plantational cultivation of spruce in the Republic of Mary El

**R. I. Vinokurova, O. V. Silkina.** Growth characteristics of *abies sibirica l.* and *picea abies l.* needles

### FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

**Yu. A. Shirnin, A. Yu. Shirnin.** Technique of the substantiation of operating modes for technological modules at combined wood hauling

### PROBLEMS IN ECOLOGY AND RATIONAL NATURE EXPLOITATION

**D. I. Moukhortov, V. V. Ouskova.** Optimisation of parametres of sewage deposits worm-composting differing in toxicity

**S. F. Kirkin, A. G. Pozdeyev.** Estimation technique for ecological stability of agricultural sector of the region road network functioning

**A. G. Pozdeyev, V. P. Saptsin, V. I. Fedukov.** Use of agro-engineering method at rocessing agricultural and wood raw material, crude drug (vacuum drying and cryogenic crushing)

**S. Ya. Alibekov, A. G. Pozdeyev, E. M. Tzaruyov.** Dynamic heat exchangers of fast-freezing devices of agro-engineering complexes

### DATES. EVENTS. COMMENTS

**Y. P. Demakov, N. N. Gavritskova.** Anniversary of professor Ivan Alekseyevich Alekseyev

*Information for the authors*

## **Слово к читателям**

2008 год для факультета лесного хозяйства и экологии юбилейный – исполняется 90 лет со дня его образования.

Данный номер журнала открывается статьей, освещающей историю лесохозяйственного факультета за прошедшие 90 лет. Действительно, сделано много, и многое делается для лесной отрасли России.

В 2008 году создан университетский комплекс «МарГТУ», куда на правах филиалов вошли Учебно-опытный лесхоз, Мариинско-Посадский лесной техникум, Марийский техникум целлюлозно-бумажной промышленности, Ботанический сад, Институт дополнительного профессионального образования, Техническое училище №1, Йошкар-Олинский аграрный колледж.

По инициативе МарГТУ создана ассоциация «Поволжье – лес», в состав которой кроме университета входят: Кировский лесопромышленный колледж, Суводский лесхоз-техникум, Сарапульский промышленно-экономический техникум, Кудымкарский лесотехнический техникум, Волжско-Камский НИИ лесной промышленности. Любое учебное заведение или предприятие, имеющее отношение к лесному хозяйству, может вступить в «Поволжье – лес», где самостоятельность каждого члена ассоциации сохранена, но в то же время он имеет право пользоваться результатами совместной работы.

Коллектив факультета лесного хозяйства и экологии МарГТУ в последние годы активно работает в области повышения качества преподавания и научных исследований, внедряя в своих стенах результаты международных проектов Европейской Комиссии по образованию и культуре «Совершенствование устойчивого управления лесами в Поволжье России». Основной целью проектов является повышение квалификации ведущих специалистов лесохозяйственного производства Приволжского Федерального округа и лесных техникумов с учетом последних тенденций в области устойчивого управления лесами. Результаты проектов реализуются консорциумом лесных факультетов университетов Хельсинки (Финляндия), ВОКУ (Австрия) и Аристотеля (Греция).

На факультете лесного хозяйства и экологии созданы центр «Устойчивого управления лесами» и лаборатория «Геоинформационных и аэрокосмических технологий», развиваются дистанционные методы обучения. Создана новая специализация «Международное сотрудничество в устойчивом управ-

лении лесами». Все это позволяет говорить о качественно новых элементах и уровне в преподавании и улучшении материально-технической базы.

Сегодня ФЛХиЭ имеет сформировавшиеся научные школы с устойчивой преемственностью, имеет современные учебные классы и оборудование, обратную связь с производством, государственную поддержку.

Осуществление Концепции устойчивого управления лесами Российской Федерации предусматривает переход к многоцелевому лесному хозяйству и многоресурсному лесоуправлению – принципиально новому этапу в развитии лесного хозяйства. Но еще много проблем, которые требуют обсуждения и решения. Так, мнение А. И. Писаренко, высказанное в его статье «Новая парадигма лесного хозяйства и управления лесами России», заслуживает особого внимания как специалистов, так и студентов лесного профиля.

Коллектив факультета под руководством В. Л. Черных и А. И. Шургина сегодня активно участвует в разработке лесных планов субъектов Российской Федерации: Нижегородской и Самарской областей, Республики Марий Эл, проводится инвентаризация лесов, подготовка планов освоения лесов на арендных территориях. В работе принимают участие не только профессорско-преподавательский состав, но и аспиранты, студенты магистратуры и бакалавриата. Таким образом, в содружестве с производством создаются условия для обеспечения качества подготовки кадров для меняющейся лесной отрасли.

При разработке лесных планов и их разделов в настоящее время существует много вопросов, требующих обсуждения и принятия единой методики их разработки.

Приглашаем читателей к активному участию в обсуждении жизненно важных вопросов лесной отрасли.

**Редколлегия**

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*945

*Е. М. Романов, Ю. П. Демаков, А. И. Шургин*

### ВЫСШЕЙ ЛЕСНОЙ ШКОЛЕ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ – 90 ЛЕТ

*Отражены основные этапы становления и нелегкого пути развития факультета лесного хозяйства и экологии Марийского государственного технического университета, которому в ноябре 2008 года исполняется 90 лет.*

В 2008 году исполняется 90 лет старейшему в Марийском государственном техническом университете (МарГТУ) факультету лесного хозяйства и экологии (ФЛХиЭ), который явился тем «скелетом», тем фундаментом, который постепенно обрастал другими факультетами и на котором формировалась вся Высшая лесная школа Среднего Поволжья. Колыбелью ФЛХиЭ стал знаменитый своими научными, культурными и общественными традициями один из старейших в России (второй после Московского) Казанский университет [1–4]. Еще в начале XIX века здесь была открыта кафедра сельского домоводства. Возглавил ее в 1817 году известный немецкий профессор Л. Б. Брайтенбах, который читал студентам лекции по основам сельского хозяйства и лесоводства. Через несколько лет новый попечитель Казанского учебного округа М. Л. Магницкий счел преподаваемые этим профессором науки ненужными и Л. Б. Брайтенбах, получив отставку, отбыл на родину. Развитие лесных наук в стенах университета практически замерло. Обширный Поволжский край со своими лесными богатствами, равными по территории лесам Германии и Франции вместе взятыми, довольствовался в основном лесными специалистами со средним и низшим образованием, которым было не под силу заниматься вопросами лесной культуры, охраны природы, улучшением лесной технологии.

Попытки, неоднократно проводимые во второй половине XIX века научной общественностью Казани по открытию Высшей лесной школы в Поволжье, ни к чему не привели. Они увенчались успехом лишь после Великой Октябрьской социалистической революции. Идея открытия подготовки инженерных кадров в Среднем Поволжье принадлежит крупнейшему ученому-лесоводу, профессору Георгию Федоровичу Морозову. Его горячо поддержали ученые Казанского университета. В начале 1918 года началась серьезная подготовка по решению этой проблемы. За дело энергично взялись Казанский отдел Союза лесоводов, съезд Союза работников земледелия, губернский съезд земских агрономов и другие организации. Через своего представителя, известного лесовода Казанского опытного лесничества Александра Александровича Юницкого, Союз лесоводов добился принятия Учебной коллегией Центрального лесного отдела важного Постановления о необходимости подготовки в Казани специалистов с высшим образованием. Большую поддержку этому оказали известные ученые, профессора Петро-

града и Москвы Г. Ф. Морозов, А. Я. Гордягин, С. И. Коржинский и др. Они считали, что вряд ли имеется более благоприятное место для подготовки лесных специалистов, чем Казанская губерния, где было велико природное разнообразие, где дружно соседствовали тайга и лесостепь, близко соприкасаясь между собой. Имелось и еще одно важное обстоятельство: здесь сложилась и успешно развивалась русская ботанико-географическая научная школа, внесшая значительный вклад в развитие наук о лесостепи.

В начале ноября 1918 года в Москву отправились с важными документами представители Союза лесоводов А. А. Юницкий и К. В. Елухин. Путь делегатов оказался не только нелегким, но и опасным. По железной дороге, блокированной белогвардейцами, добраться было нельзя, поэтому часть пути пришлось плыть ночью на лодке по Волге до Нижнего Новгорода. Под мостом, возле Зеленодольска, их обстрелял белочешский патруль, но отважным путешественникам удалось уйти от преследования, и важные документы были благополучно доставлены в Москву. 25 ноября 1918 года Коллегия высших учебных заведений Наркомпроса вынесла Постановление об открытии при Казанском университете лесного факультета.

По возвращении делегации в Казань началась организационная работа. 27 декабря 1918 года на заседании физико-математического факультета и членов оргкомитета был избран педагогический состав лесного факультета, куда вошли профессора Н. В. Войт, А. Я. Гордягин, Н. А. Ливанов, А. Н. Остряков, Д. Н. Зейлигер и лесовод А. А. Юницкий, который 30 декабря на первом заседании лесного факультета был единодушно избран его первым деканом. 4 февраля 1919 года в аудитории зоологического факультета на расширенном собрании профессуры, студенчества и общественности ректор КГУ профессор Ф. Я. Чистович приветствовал собравшихся и поздравил с открытием нового факультета. Здесь же первый декан факультета Александр Александрович Юницкий, выпускник Петроградского лесного института, изложил краткую историю образования Высшей лесной школы Поволжья, ее цели и ближайшие задачи. 5 февраля 1919 года состоялись первые лекции для студентов лесохозяйственного факультета в составе 26 человек. Так началась история лесного факультета, пережившего вместе со всей страной немало как героических, так и трагических событий [5–9].

1919 год стал также знаменательным и для Казанского политехнического института, где открыли сельскохозяйственный факультет. Новые факультеты – лесной КГУ и сельскохозяйственный КПИ имели одну учебную и научную базу – физико-математический факультет Казанского университета. Это обстоятельство очень сближало их и объективно назревала необходимость слияния факультетов в самостоятельный вуз, которое произошло 1 июня 1922 года, когда состоялось официальное открытие нового вуза – Казанского института сельского хозяйства и лесоводства (КИСХИЛ). Ректором стал профессор математики Н. Н. Парфентьев, а в состав правления вошли, кроме преподавателей, и представители студенчества. На кафедры были приглашены известные ученые Г. С. Судейкин, А. В. Белилин, М. Д. Шеф, А. А. Першаков и др. Лесохозяйственный факультет постепенно увеличивал свою учебную и научную базу. В мае 1921 года при факультете, когда он еще находился в здании Казанского университета, был организован лесной научный кружок, ставивший своей основной задачей изучение лесного хозяйства Волжско-Камского края. В конце 1925 года кружок уже насчитывал 204 члена из числа студентов и профессуры и разделялся на четыре секции: лесоводственную, лесоустроительно-экономическую, лесозащитную и охотничью, которые вели научно-исследовательскую работу. Студенческим научным лесным кружком была организована экспедиция из 20 студентов на Кавказ и в Крым, участники ко-

торой собрали много интересных и редких экземпляров растений, существенно пополнив лесной кабинет ценными экспонатами. В 1923 году лесохозяйственный факультет, на котором обучалось уже свыше 400 студентов, выставил свои экспонаты на 1-й Всесоюзной сельскохозяйственной и промышленной выставке и получил «Диплом признательности». В 1925 году КИСХИЛ приступил к изданию «Сборника научных статей», в котором были напечатаны первые работы будущих известных ученых-лесоводов: И. С. Аверкиева, Б. М. Алимбека, М. Д. Данилова, М. Л. Дворецкого, Г. К. Незабудкина, А. Р. Чистякова и др.

Рост института требовал юридического оформления его структуры, прав и обязанностей. В июне 1927 года Главпрофобротом был утвержден «Индивидуальный Устав института», который обязывал КИСХИЛ обслуживать специалистами сельского и лесного хозяйства Татарскую, Чувашскую, Башкирскую автономные республики, Марийскую и Удмуртскую автономные области, Вятскую, Нижегородскую, Пензенскую и Тамбовскую губернии. В целях поддержания живой и тесной связи с этими регионами Совет института постоянно направлял в командировки своих сотрудников для проведения агитационной и разъяснительной работы на местах. Эти поездки давали положительные результаты, поднимая престиж вуза: в конце 20-х годов институт стал уже признанным крупным учебным и научным центром лесного профиля Среднего Поволжья. Объединяя вокруг себя специалистов лесного дела, КИСХИЛ организовал Казанское лесное общество.

Лесной факультет рос из года в год, укреплялась его материальная база. В практику жизни вуза вошла контрактация студентов с производством, обеспечивавшая им право работы после окончания учебы. Работодатели же таким образом решали проблему закрепления кадров. Уже в 1929 году значительная часть студентов третьего и четвертого курсов заключили контракты с предприятиями лесного хозяйства Чувашии, Удмуртии, Нижегородской области, которые выплачивали им ежемесячные стипендии. Для установления постоянной связи с выпускниками вуза было организовано специальное Бюро, председателем которого был избран всеми уважаемый профессор Л. И. Яшнов, воспитавший в стенах КИСХИЛ многих будущих патриотов русского леса. 25 ноября 1928 года исполнилось 10 лет со дня существования Высшей лесной школы Поволжья. Более 100 поздравлений и приветствий со всех концов страны пришли в адрес КИСХИЛ. К 10-летию юбилею вуза по инициативе Бюро связи был созван 1-й съезд выпускников КИСХИЛ, трудившихся в лесном хозяйстве Поволжья и Урала. Материалы съезда были опубликованы в особой брошюре «Первый съезд агрономов и лесоводов, окончивших КИСХИЛ» (г. Казань, 1929).

Индустриализация страны и в связи с этим необычайно возросшая потребность в лесоматериалах требовали введения интенсивных методов лесного хозяйства, механизации лесозаготовок и транспорта, полной реконструкции деревообрабатывающей промышленности. Для этого нужно было подготовить большое количество высококвалифицированных инженерно-технических кадров, способных управлять лесным хозяйством и лесной промышленностью страны. 13 марта 1930 года вышло Постановление Совнаркома СССР о создании целого ряда лесных вузов, в том числе и Казанского. По распоряжению ВСНХ лесной факультет КИСХИЛ должен был войти в состав нового лесного вуза с четырьмя факультетами: лесохозяйственным, лесоинженерным, лесомеханическим и лесохимическим. На основании этих документов в КИСХИЛ была создана ликвидационная комиссия, подписавшая 15 июня 1930 года акт о разделении вуза на лесотехнический, сельскохозяйственный и зооветеринарный институты. Торжественное открытие лесотехнического института, который должен был готовить инже-

нерные кадры для Нижегородского края, Средне-Волжской области, Башкирии и Татарии, состоялось 7 ноября 1930 года. Контингент приема студентов устанавливался в 250 человек. В 1932 году в КЛТИ обучалось уже свыше 600 студентов, в том числе на лесохозяйственном факультете 300 человек. В преподавательский корпус вошло 60 человек, из них 12 – профессоров. Имелась прекрасная учебно-производственная база для практических занятий студентов: две метеорологических станции, фитопатологическая и семенная лаборатории, четыре учебно-опытных лесничества (Раифское, Сретенское, Можгинское и Ильинское), фундаментальная библиотека по лесным наукам. Большое внимание уделялось научной деятельности факультета. Десять кафедр приняли участие в научной экспедиции Управления Севвостлеса и Татлесотреста 1930–1931 годов. Успешно работали энтомологическая экспедиция (руководитель профессор Г. С. Судейкин, ассистент И. С. Аверкиев) и биологическая экспедиция (руководитель доцент А. А. Першаков). В ноябре 1931 года было организовано Бюро научно-исследовательских и промышленных заданий, ставившее своей целью установление тесной связи втуза с производством и планомерное обслуживание предприятий всего края. Организация Бюро дала возможность поднять научно-исследовательскую работу на новый уровень, привлекая к ней как преподавателей, так и студентов.

Быстрый рост населения г. Казани, увеличение количества высших и средних специальных учебных заведений, разного рода предприятий и учреждений крайне обострили вопрос об обеспеченности лесотехнического института учебными зданиями и общежитиями. Чтобы выйти из тяжелого положения, в апреле 1932 года было принято Постановление Татарского Совнаркома о переводе КЛТИ в поселок Раиф. Руководству института было предложено к 10 мая освободить все помещения и сдать их вновь организованному в Казани авиавтузу. Экстренное совещание при дирекции института выявило, что большинство профессорско-преподавательского состава считает перевод КЛТИ в Раифу нецелесообразным, т.к. там нет хорошей базы для учебной и научной работы по транспорту леса. Остро встал вопрос о переводе института в другой город, который мог бы создать условия для успешного развития вуза. Директор КЛТИ А. С. Лебедев, предварительно совместно с комиссией объехавший ряд городов Поволжья, на совещании в Наркомлесе внес предложение о переводе института в Йошкар-Олу, где, по мнению комиссии, имелись наиболее подходящие условия для успешной работы всех его факультетов, т.к. Марийский край богат лесными массивами и сетью сплавных рек, а на его территории расположено много деревообрабатывающих предприятий и леспромхозов. 28 августа 1932 года состоялось совещание при Управлении кадров Наркомлеса с представителями Марийской автономной области, а в сентябре начался переезд института, который был переименован в Поволжский лесотехнический, из Казани в Йошкар-Олу. 6 ноября 1932 года в здании Марийского государственного театра состоялось торжественное заседание коллектива вуза и представителей общественности, посвященное 15-летию Октябрьской революции и открытию Поволжского лесотехнического института. На двух факультетах вуза в 1932–1933 учебном году обучалось 543 студента, на первый курс было принято 118 человек, а преподавательскую деятельность на 10 кафедрах вели 25 доцентов и профессоров вместо 57 по штатному расписанию. В декабре 1932 года институту было присвоено имя всемирно известного писателя и общественного деятеля, уроженца Поволжья Алексея Максимовича Горького. В связи с этим для отличившихся студентов ПЛТИ приказом Наркомлеса было установлено пять именных Горьковских стипендий (первыми удостоились этой чести студенты Ш. Идиатуллин, Т. Авдеев, А. Водоватов, И. Лапаев, К. Бирюков). Деканами факультета лесного хозяйства в 30-е годы избирались А. Я. Пичужкин (1931–

1934), М. В. Колпиков (1934–1935), Г. К. Незабудкин (1935–1937), М. Д. Данилов (1937–1940).

Начало нового периода в развитии Высшей лесной школы Поволжья совпало с преодолением огромных трудностей, которые пришлось пережить вузу на новом месте. Положение, в котором оказался Поволжский лесотехнический институт осенью 1932 года, было признано Особым Совещанием Наркомлеса крайне тяжелым, что вызвано многими объективными причинами. Так, средства, ассигнованные Наркомлесом на переезд института, не были своевременно переведены, предоставленные учебные здания и общежития оказались без электричества, водопровода и канализации, а квартиры преподавателей и сотрудников в большинстве своем были лишены элементарных удобств. В 1932–1934 годах институт располагался в предоставленных ему местной властью каменных зданиях дома предварительного заключения, бывшей женской гимназии и индустриального техникума. Основная часть преподавательского персонала отказалась ехать из Казани вместе с вузом. Громадных усилий стоило руководству ПЛТИ подобрать профессорско-преподавательский состав, поскольку Марийский край многим научным работникам, получившим извещение о всесоюзном конкурсе на вакантные должности в ПЛТИ, казался диким, заброшенным местом, далеким от культурных центров. В институт пришло немало писем с просьбой охарактеризовать Йошкар-Олу, так как этого города нельзя было найти ни на географических картах, ни в энциклопедических словарях (в это время в Йошкар-Оле проживало всего 12,5 тыс. жителей, отсутствовали водопровод, канализация и асфальтированные дороги).

В первые годы коллектив создает, по сути на пустом месте, материально-техническую базу и с помощью известных ученых, рискнувших поменять место жительства в Казани на захолустную тогда Йошкар-Олу, готовит новые кадры преподавателей и специалистов для народного хозяйства страны, ведет научные исследования. Целая плеяда ученых этого периода оставила свой след в российской лесной науке и одновременно создала традиции интеллектуальной культуры в провинциальном крае. Руководители кафедр лесоводства проф. М. В. Колпиков, лесных культур проф. А. П. Тольский, открыв аспирантуру, дополнили преподавательский корпус дипломированными специалистами. Один из основателей школы экологии наземных позвоночных А. А. Першаков подготовил многих видных зоологов и экологов, известных в стране и за рубежом: В. П. Теплова, И. В. Жаркова, Н. Д. Григорьева, В. И. Тихвинского, В. А. Попова и др. Профессор Л. И. Яшнов, автор учебников для студентов «Биология лесных деревьев», «Краткий курс лесоведения и лесоводства», стремился «... как можно больше пользы сделать для своего государства и остаться с наименьшими долгами перед лесным хозяйством». Корифей лесокультурного дела, лесной метеорологии и климатологии проф. А. П. Тольский стал автором четырехтомного теоретического курса «Частное лесоводство». Основателем Поволжской фитопатологической школы явился проф. А. А. Юницкий, а проф. А. А. Труфанов первым исследовал с гидрологической и транспортно-экономической точек зрения главные сплавные реки Кокшайского лесного массива, составил учебный курс водного транспорта для вузов.

Вскоре Наркомлес сменил курс и направил политику на свертывание деятельности ПЛТИ им М. Горького. Так, в 1933 году вузу было предложено полностью прекратить прием на лесохозяйственный факультет. С учетом большой потребности в специалистах лесного дела в поддержку института выступили с протестами и убедительными ходатайствами Татарский, Удмуртский, Чувашский и Марийский обкомы ВКП(б), Мароблисполком, Татарский лесохозяйственный трест, Удмуртлестрест, трест «Чувашлес», Союз леса и сплава, в чем добились положительного результата: в ПЛТИ

остались действовать два факультета – лесохозяйственный и механизации лесоразработок и транспорта леса.

В 1933 году ПЛТИ им. А. М. Горького добился высоких результатов в соцсоревновании лесных вузов страны: за достигнутые успехи в учебной, научной, общественной жизни он занял третье место среди вузов системы Наркомлеса и был награжден Всесоюзной Почетной грамотой. Студенты вуза оказывали шефскую помощь селу, с энтузиазмом работали в различных обществах. В 1935 году они организовали сбор денежных средств на строительство гигантского самолета «Максим Горький» для обслуживания народов Крайнего Севера, а также подписывались на правительственные займы. Активно участвовала молодежь и в благоустройстве г. Йошкар-Олы: руками студентов ПЛТИ были заложены Парк им. XXX-летия ВЛКСМ, сад им. Н. Бабушкиной и Ленинский садик, посажены деревья и кустарники по улицам Комсомольской и Советской. В 1939 году в институте на 17 кафедрах работали уже 42 штатных преподавателя, в том числе 9 профессоров и 20 доцентов. В 1940 году ПЛТИ располагал трехэтажным учебным корпусом с 33 кабинетами, лабораториями, каменным трехэтажным и деревянным общежитиями, тремя деревянными домами для преподавателей, библиотекой с фондом более 70 тыс. книг, дендросадом, Куярским учебно-опытным лестрансхозом, столовой, механической и столярной мастерскими, электростанцией мощностью 14 квт, 4 автомашинами и 4 тракторами.

Трагической вехой в истории вуза стали политические репрессии 1936–1939 годов. Первый арест «врага народа» органы НКВД произвели в институте 3 июля 1936 года, 9 человек были приговорены к расстрелу, а более 50 осуждены на различные сроки заключения [4, 9]. Так, один из основателей ПЛТИ и его директор в 1933–1936 годы, доцент Михаил Васильевич Пайбердин был обвинен в контрреволюционной и националистической деятельности, приговорен к десятилетнему сроку в Магаданских лагерях с последующим восьмилетним сроком на поселение в Сибири. Только после XX съезда КПСС он был реабилитирован и смог вернуться в родной вуз. Страшные годы лагерей и подорванное на непосильной работе здоровье не убили в нем оптимизма и веры в справедливость. В 1957 году М. В. Пайбердин вновь начал свою научную и педагогическую деятельность на кафедре лесной таксации и лесоустройства. В октябре 1937 года был арестован и выслан в Сибирь студент пятого курса лесохозяйственного факультета Алексей Рыжков. Скитаясь по лагерям Тайшета, Магадана, Иркутска, он встретил своего наставника, директора ПЛТИ М. В. Пайбердина. В 1943 году полуживой, искалеченный А. Рыжков был освобожден и вернулся в родные края. До конца своей жизни он работал лесничим в пос. Дубовом Горномарийского района, стал заслуженным лесоводом МАССР. За оказание моральной поддержки своим преподавателям, объявленным врагами народа, за выражение малейшего сочувствия их родственникам многие студенты исключались из партии, комсомола и отчислялись из института.

В конце 30-х годов международная обстановка резко обострилась. Угроза германского фашизма нависла над всей Европой и, прежде всего, над Советским Союзом. В этих условиях военно-патриотическая работа с молодежью приобрела особое значение. В 1936 году в Йошкар-Оле был организован аэроклуб, куда сразу потянулась молодежь. Руководил аэроклубом опытный летчик, отличный организатор Ахметхан Талович Канкошев (во время войны он стал Героем Советского Союза, погиб в небе над Черным морем). За короткое время А. Т. Канкошев создал дружный коллектив. Активистами аэроклуба стали и многие студенты ПЛТИ: А. Смольников, М. Горинов, А. Скребнев, К. Лебедев, П. Нефедов, Т. Якутов, Н. Редькин и др. Когда началась война, многие из них ушли на фронт, храбро защищали небо Родины от фашистских стер-

вятников. В середине 30-х годов коллектив ПЛТИ по организации оборонно-массовой и физкультурной работы занимал одно из первых мест в Горьковском крае. В институте ежегодно проводились зимние и летние спартакиады под лозунгом: «Каждый студент – значкист, ударник и ворошиловский стрелок!» Так, студент 3-го курса ЛХФ Н. Зудин (будущий доцент, декан ФЛХ) имел восемь оборонных значков и три военных специальности. Перед войной в вузе работали девять спортивных секций, авто- и мотокружок.

С первых же дней Великой Отечественной войны жизнь вуза была перестроена по законам военного времени: 24 июня в институте состоялся митинг, после которого многие студенты и сотрудники пошли в военкомат с просьбой отправить их на фронт добровольцами. За годы войны из стен ПЛТИ ушли на фронт свыше 200 студентов, сотрудников и преподавателей, из них более 40 – представители ЛХФ. 20 парней отдали свои молодые жизни за свободу Родины и освобождение стран Европы от фашизма. Одними из первых ушли на фронт Н. И. Власов (зам. главбуха), Е. И. Боткина (медсестра), А. В. Воробьев, И. А. Ключников, А. П. Воротилов (водитель), С. В. Донской (лаборант), В. Е. Елявин (преподаватель военного дела), К. К. Мельников (доцент), В. И. Мельников (ассистент), И. С. Чунихин (зав. кафедрой тяговых машин), студенты И. Антонов, П. Вершинин, И. Брутов, А. Репин, И. Смирнов и многие другие. В начале войны по первому призыву Родины студенты и преподаватели внесли в фонд обороны 16 тысяч рублей. Ежегодно подписывались на военные займы, отправляли на фронт посылки с теплыми вещами. В 1943 году коллектив сделал подарок фронту: на собранные 75 тысяч рублей был построен боевой танк с именной надписью на броне «25 лет ПЛТИ им. М. Горького». В институт пришла благодарственная телеграмма от Государственного Комитета Оборона за подписью Сталина.

В августе 1941 года по приказу директора ПЛТИ М. Д. Данилова началась эвакуация института в поселок Муш-Мари Звениговского района. Свои учебные помещения и часть квартир в городе передали эвакуированному из Ленинграда коллективу государственного оптического института под научным руководством академика С. И. Вавилова. Работой по эвакуации ФЛХ руководил его декан М. Л. Дворецкий. В эвакуации коллектив испытывал немалые трудности: отсутствие электроосвещения, необходимость постоянных дежурств в учебных помещениях и их полное затемнение, работа без выходных и каникул. В вузе было организовано подсобное хозяйство. Заготовка дров для отопления и их распиловка также лежали на плечах студентов. Дополнительной нагрузкой было обязательное военное обучение всего коллектива в вечернее время. В институте, согласно Постановлению Государственного Комитета Оборона СССР, был создан учебный взвод, политруком которого назначили студента ЛХФ Н. Зудина. Приступила к занятиям школа медсестер; студенты, преподаватели и служащие овладевали различными видами боевой подготовки. Так, профессор М. В. Колпиков, доценты А. Р. Чистяков, Г. К. Незабудкин, М. Л. Дворецкий и другие успешно овладели станковым пулеметом, а директор ПЛТИ М. Д. Данилов научился управлять автомобилем. Несмотря на трудности военного времени, вуз без перерыва готовил специалистов. Пополнение научных кадров института происходило за счет эвакуированных профессоров: В. В. Огиевского (зав. кафедрой лесных наук), Ю. В. Скобельцына (зав. кафедрой физики, затем энергетики), К. Н. Шапошникова (зав. кафедрой физики), доцентов А. И. Кузнецова (зав. кафедрой лесного товароведения), П. П. Сулханова (зав. кафедрой механизации и организации лесоскладского хозяйства), П. В. Воропанова (зам. директора), Н. В. Третьякова.

Одной из славных страниц летописи истории ЛХФ в годы войны является участие студентов в обороне столицы нашей Родины – Москвы – в октябре 1941 года в составе

подразделения курсантов Подольского пехотного училища, сумевших остановить наступление фашистских танковых войск. В этом сражении отдали свои жизни питомцы ФЛХ А. Зыков, Н. Новожилов, В. Синицын, Б. Шерстнев, А. Храмов. Ранен был Анатолий Репин, погибший позднее на фронте. Приняв боевое крещение под Москвой, многие курсанты прошли затем через огненные фронтовые годы Великой Отечественной. Полегли на полях сражений Б. Багров, П. Гогин, Г. Дувалов, В. Кремнев, Н. Летовальцев, Г. Разумов, И. Соловьев, В. Шорников. Память о героях жива как на земле Подмосковья, так и в Марий Эл: в 1984 году одна из улиц Йошкар-Олы названа именем Подольских курсантов, имена погибших высечены на мраморных плитах мемориала памяти погибших в годы войны студентов, преподавателей и сотрудников при музее истории МарГТУ.

В майские дни 1942 года, в разгар военного лихолетья, в ПЛТИ состоялся очередной выпуск инженеров лесного хозяйства. Но не к мирной профессии готовились выпускники, а к защите своей земли от ненавистного врага. Ребята выпуска сорок второго сразу же после защиты дипломных проектов призывались в армию, на фронт. Единицы из того призыва вернулись домой, многие сложили свои головы на полях сражений. В мае сорок второго года для ускоренной подготовки младшего командирского состава был призван в Арзамасское минометно-пулеметное училище выпускник ЛХФ Александр Денисов, будущий известный ученый, профессор, заведующий кафедрой лесоводства. Быстро пролетели дни учебы, и в конце осени младший лейтенант А. Денисов прибыл на фронт в распоряжение 32-й особой стрелковой бригады Северо-Западного фронта в район Старой Руссы, где шли ожесточенные бои с фашистами, державшими круговую оборону уже длительное время. Ему было поручено командование особым лыжным батальоном. В один из морозных февральских дней во время очередной атаки его батальона младший лейтенант Денисов был тяжело ранен множеством осколков от разорвавшейся мины. Двое суток провел он на нейтральной полосе, истекая кровью и замерзая. Обнаружил и спас его санитар со специально обученной собакой. А. Денисов был отправлен в госпиталь. Военные врачи сделали все возможное, чтобы спасти молодому офицеру жизнь, но до последних дней носил он в себе минные осколки – неутраченную память о войне. В 1942 году был призван в армию доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства, будущий профессор и заведующий этой кафедрой М. Л. Дворецкий, ставший участником боевых действий на Воронежском и 1-м Украинском фронтах. Его личный подвиг как командира расчета второй минометной роты 454 стрелкового полка отмечен орденом Красной Звезды. Место декана занял, в связи с призывом в армию М. Л. Дворецкого, доцент, заведующий кафедрой лесной таксации Освальд Оттович Герниц, который проработал на этой должности всего один год. В декабре 1943 года деканом ФЛХ был избран профессор Михаил Васильевич Колпиков, который продолжал возглавлять факультет до 1948 года.

Эвакуация в затерянный в лесах маленький поселок, ощутимое сокращение контингента студентов и сотрудников в связи с призывами в Красную Армию поставили институт в очень сложные условия. Руководство Наркомлеса начало вновь планировать консервацию, а затем и ликвидацию вуза. Начало 1943 года прошло для дирекции ПЛТИ в неустанных хлопотах, в результате которых институт из ведения Наркомлеса был передан Главснаблесу при СНК СССР с одновременной реорганизацией его в трехфакультетный вуз с открытием инженерно-экономического факультета. Первая же производственная практика студентов нового факультета проходила в лесу на заготовке рудостойки для освобожденных шахт Донбасса.

Война потребовала больших трудовых усилий коллектива, и институт успешно выдержал все испытания. За четыре военных года факультет выпустил 134 специалиста в области лесного хозяйства. За вклад в укрепление боеспособности Красной Армии были награждены орденом «Знак Почета» П. В. Воропанов, орденом Красного Знамени М. В. Колпиков, медалью «За трудовое отличие» М. Д. Данилов. Более 30 человек были удостоены медали «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.». Почетные звания «Заслуженный деятель науки и техники Марийской АССР» присвоены в 1944 году профессорам А. А. Труфанову, Г. С. Судейкину, М. В. Колпикову и Л. С. Тышкевичу. Все военные годы преподаватели активно занимались научно-исследовательской работой, принявшей оборонное направление. Проводимые учеными разработки предусматривали снабжение промышленных городов лесным топливом и сырьем, развитие механизации и рационализации лесоразработок, комплексное использование водных ресурсов. Важнейшими разработками оборонного значения явились: «Методика отбора и разделки древесины сосны и березы для авиационных материалов», «Действие лесных таннидов в военно-полевой хирургии», «Применение продукции шелкопряда в медицинской и легкой промышленности». Профессор лесохозяйственного факультета Иван Степанович Аверкиев разработал технологию разведения в марийских лесах личинок китайского дубового шелкопряда, из коконов которого добывали шелк, используемый в военно-полевой хирургии и для изготовления парашютов. За свою научную и практическую деятельность И. С. Аверкиев в 1946 году был награжден медалью «За доблестный труд в годы Великой Отечественной войны», а в 1953 году – орденом Трудового Красного Знамени. В июне 1946 года ПЛТИ был передан из подчинения Главснаблеса при СНК СССР в ведение Министерства высшего образования СССР.

В послевоенные годы ПЛТИ достаточно быстро вошел в русло своей активной деятельности по подготовке инженеров для лесного хозяйства и лесной промышленности. Возглавил институт в октябре 1945 года выпускник ФЛХ, доцент Виктор Михайлович Пикалкин, Почетный работник лесной промышленности, отшагавший дорогами войны путь от рядового бойца до боевого командира воздухоплавательного отряда артиллерийского наблюдения. В 1945 году он организовал и провел первый в стране опыт применения дирижаблей для обследования крупных лесных гарей Кировской области, который вызвал большой интерес у специалистов в области лесоустройства и лесной таксации. Весь коллектив трудился на восстановлении помещений, пострадавших в военные годы и от разрушительного урагана в августе 1948 года. Деканом ФЛХ с 1948 по 1955 гг. был доцент кафедры лесоводства Александр Романович Чистяков.

Сменивший П. В. Воропанова в 1951 году директор ПЛТИ Михаил Данилович Данилов, проработавший на этом посту 15 лет, продолжал направлять усилия всего коллектива на укрепление и расширение учебно-производственной базы. В середине 50-х годов в стране широко развернулась борьба за освоение целинных земель Казахстана и Восточной Сибири. С большим энтузиазмом и патриотическим подъемом встретили комсомольцы ПЛТИ и ФЛХ решение ЦК ВЛКСМ принять активное участие в уборке первых целинных урожаев. В 1956 году более 400 студентов трудились на целинных землях Северо-Казахстанской области трактористами и штурвальными комбайнов, грузчиками на зерноскладах и механизированных токах, строителями, 177 студентов были награждены почетными знаками ЦК ВЛКСМ «За освоение целинных земель», 15 человек – грамотами ЦК ВЛКСМ, 92 – грамотами Северо-Казахстанского облисполкома. Лучшие студенты целинники были награждены медалями СССР «За освоение це-

линьных и залежных земель» и среди них – студентка ЛХФ В. Крашенинникова. В 1955–1959 гг. ФЛХ возглавлял декан, доцент Константин Александрович Кудрявцев.

В 1959 году ПЛТИ им. М Горького был передан из союзного подчинения в ведение Главного управления технологических вузов Министерства высшего и среднего специального образования РСФСР. С 1960 года директор вуза стал называться ректором, а его заместители – проректорами. В 50–60-е гг. внедрены в производство 84 научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Коллектив института, лидерами которого были ученые-лесоводы М. Д. Данилов (ректор), А. Р. Чистяков (декан ФЛХ), М. Л. Дворецкий, В. Н. Смирнов, И. С. Аверкиев, П. В. Воропанов, М. В. Пайбердин, П. В. Алексеев, уверенно наращивает свои силы и возможности, в результате чего ПЛТИ стал одним из ведущих вузов Поволжья, что предопределило его преобразование в 1968 году в Марийский политехнический институт (МарПИ). В первое же десятилетие были открыты новые факультеты: инженерно-строительный, радиотехнический, технологии деревообработки, машиностроительный, мелиоративно-дорожный. В эти годы задачи повышения качества инженерной подготовки потребовали широкого внедрения в учебный процесс технических средств обучения и вычислительной техники. В 70-х годах по заданию правительства Марийской АССР была разработана под руководством профессора Ю.Я. Дмитриева совместно с Институтом экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения АН целевая программа «Марийский лес», которая в дальнейшем использовалась при составлении подобных программ в других лесных регионах СССР. В 1972 году ректором МарПИ был избран Геннадий Сергеевич Ощепков, бессменно руководивший вузом более 30 лет.

Деканами ФЛХ в 60–80-х годах были доценты Бари Мухамедшахович Алимбек (1959–1961), Николай Алексеевич Зудин (1961–1968), Виктор Ильич Пчелин (1968–1973), Николай Васильевич Ерёмин (1973–1978), Петр Алексеевич Соколов (1978–1982), Михаил Михайлович Котов (1982–1997). Занятия в это время вели замечательные, эрудированные педагогические кадры, в числе которых особенно следует отметить профессоров М. Д. Данилова, В. Н. Смирнова, М. Л. Дворецкого, А. К. Денисова, И. С. Аверкиева, доцентов Г. К. Незабудкина, А. Р. Чистякова, А. В. Зорина, М. М. Михайлова, В. М. Грачева, Е. И. Успенского, П. В. Алексеева, Л. Г. Алексееву, Т. И. Малочку, Е. И. Патрикеева, П. Н. Федорова, В. А. Рахова, В. В. Мартыненко, Э. П. Лебедеву, Г. Г. Эрскую, В. И. Шабалову. В последующем их эстафету приняли профессора П. М. Верхунов, И. А. Алексеев, М. М. Котов, А. С. Яковлев, Ф. В. Аглиуллин, А. Х. Газизуллин, Е. М. Романов, С. А. Денисов, А. Т. Сабиров, В. Н. Карасев, М. А. Карасева, В. Л. Черных, К. К. Калинин, Ю. П. Демаков, Э. А. Курбанов, многие из которых являлись выпускниками ФЛХ ПЛТИ. Значительно окрепла и улучшилась в это время материальная и научно-производственная база факультета. Усилиями доц. Г. К. Незабудкина, его учеников Н. В. Еремина, А. С. Яковлева, М. А. Карасевой, Л. А. Мелединой, В. А. Бочкарева и многих других в 1947–1987 годах создан Учебно-опытный лесхоз с более чем 250 натурными объектами по лесному хозяйству. Вырос в крупное учреждение с разнообразными функциями Ботанический сад, заложенный в 1939 году по проекту и под руководством Б. М. Алимбека.

В начале 80-х годов ЛХФ активно включился в разработку важнейшей народно-хозяйственной программы страны «Человек и биосфера» по её основным разделам, касающимся лесов Поволжья: «Научные основы повышения народно-хозяйственной ценности и рационального использования лесов Среднего Поволжья» (руководитель – профессор П. М. Верхунов), «Восстановление ельников Волго-Вятского экономического района» (руководитель – профессор В. И. Пчелин). Группой исследователей под ру-

ководством профессора П. М. Верхунова были разработаны нормативы лесопользования для Среднего и Южного Урала. Профессор П. А. Соколов обосновал новое направление в лесоустройстве – целевое ведение лесного хозяйства с преимущественным использованием тех или иных свойств лесных насаждений. Исследования доцента П. Ф. Федорова легли в основу промышленного производства лечебного сиропа из рябины для больных сахарным диабетом. Коллективом во главе с Е. М. Романовым проведены широкие исследования по утилизации осадков промышленных и бытовых сточных вод, а также технологии выращивания посадочного материала в лесных питомниках. Глубокие лесоводственные исследования проведены Ф. А. Аглиуллиным, Е. И. Успенским, С. А. Денисовым. Вопросы генезиса и трансформации лесных почв занимались А. Х. Газизуллин, Е. И. Патрикеев, А. Т. Сабиров, а лесозащиты – И. А. Алексеев. На факультете постепенно сформировались свои крупные научные школы по разным направлениям лесных наук.

С началом перехода к рыночным отношениям в экономике и реформирования высшего образования ректорат и ученый совет института взяли курс на обеспечение стабильной работы вуза в новых условиях. Достигнутый уровень учебно-методической и научной работы дал основание коллективу получить 31 марта 1995 года новый статус – государственного технического университета (МарГТУ). И это переименование, как показала практика, способствовало определению новых, более сложных, задач и качественному росту вуза, в котором на восьми факультетах стало обучаться свыше 7 тыс. студентов. Университетом была создана мощная материально-техническая база. Для учебной работы и научных исследований организовано более 580 рабочих мест, оборудованных современными компьютерами с доступом к информационным ресурсам сетей INTERNET, библиотечный фонд доведен до миллиона томов, площадь учебно-лабораторных корпусов составила 59,2 тыс. м<sup>2</sup>, а семи общежитий – 34,7 тыс. м<sup>2</sup>. Для укрепления здоровья студентов был организован спортивно-оздоровительный лагерь на оз. Яльчик, построены спортивные залы и профилакторий.

Не отставал от требований времени и лесохозяйственный факультет, на котором в 1996 году была открыта новая специальность «Природопользование», и он был переименован в факультет лесного хозяйства и экологии. В 1997 году его возглавил Евгений Михайлович Романов, руководивший им до 2002 года. На факультете был создан режим наибольшего благоприятствования для работы над кандидатскими и докторскими диссертациями, открыты два диссертационных совета по пяти специальностям, широким фронтом развернулись работы по НИР и НИРС в рамках различных программ. Все это дало возможность активизировать научную работу факультета и выйти из вакуума, образовавшегося после ухода из жизни многих видных ученых: М. Д. Данилова, В. Н. Смирнова, М. Л. Дворецкого, И. С. Аверкиева, А. К. Денисова, А. Р. Чистякова, Г. К. Незабудкина, А. В. Зорина, М. М. Михайлова, Ф. В. Аглиуллина, П. Н. Федорова, В. И. Вохминцева, М. М. Котова, Н. Д. Васильева, Е. И. Шведова, Н. В. Кречетовой, Е. И. Успенского, И. В. Мамаева, В. М. Грачева, П. М. Верхунова. С мая 2002 года факультет возглавил доцент Алексей Иванович Шургин. Ныне на ФЛХиЭ обучается очно более 700 и заочно около 450 студентов, открыты по двум направлениям бакалавриат и магистратура, созданы достаточно благоприятные условия для работы преподавателей и сотрудников. Пройдя через годы преобразований, испытаний, лихолетий, факультет окреп и уверенно смотрит в будущее. В его составе 7 кафедр, на которых работают 13 докторов и более 40 кандидатов наук. Имеется аспирантура по шести специальностям и докторантура по трем специальностям. По итогам научных и методических исследований преподавателями факультета опубликовано за 2001–2008 гг. несколько сот статей, издано шесть монографий и двенадцать учебников и учебных пособий с грифом Минобразования России и учебно-методических объединений.

За годы своего существования факультетом лесного хозяйства и экологии подготовлено более 10 тысяч специалистов. Его выпускников можно встретить в самых разных уголках России. Они работали и работают сейчас лесничими и директорами лесохозяйственных предприятий, возглавляют агентства и министерства, руководят научно-исследовательскими и проектными организациями, являются депутатами законодательных органов всех уровней. Подготовленные факультетом специалисты внесли значительный вклад в развитие высшего лесного образования и науки. И где бы ни трудились выпускники ФЛХиЭ, они всегда с благодарностью вспоминают родной факультет, давший им путевку в жизнь, его традиции, своих добрых и мудрых наставников, вложивших в каждого из них свой опыт, знания, творческое отношение к труду и любовь к зеленому другу – лесу. Факультет всегда стремился продолжать традиции своих основателей – истинных патриотов русского леса, лучшие традиции российской науки и культуры.

### Список литературы

1. Казанский институт сельского хозяйства и лесоводства: Краткий отчет (1919–1923 гг.). – Казань, 1924.
2. Высшая лесная школа Поволжья (1919–1934 гг.): Отдельный оттиск из юбилейного номера «Известий ПЛТИ». – Йошкар-Ола: Маргосиздат, 1934.
3. Овчинников, А. Р. Поволжский лесотехнический институт имени М. Горького. Краткий очерк / А. Р. Овчинников. – Йошкар-Ола: Маргиз, 1936.
4. Страницы истории института. Лесохозяйственный факультет / Сост. С.В. Кудрявцева. – Йошкар-Ола: МарПИ, 1993.
5. Данилов, М. Д. 40 лет Высшей технической школе в Марийской АССР / М. Д. Данилов // ИВУЗ: Лесной журнал. – 1972. – № 6. – С. 55–57.
6. Денисов, А. К. Высшая лесная школа Поволжья – наследница исторического прошлого края и проводник его будущего / А. К. Денисов // Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов: Материалы республ. научно-практ. конф. – Йошкар-Ола: Марийское кн. изд-во, 1989. Кн. 1. – С. 6–7.
7. Котов, М. М. Высшему лесохозяйственному образованию в Поволжье – 70 лет / М. М. Котов // Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов: Материалы республ. научно-практ. конф. – Йошкар-Ола: Марийское кн. изд-во, 1989. Кн. 1. – С. 8–12.
8. Ощепков, Г. С. Марийский государственный технический университет: прошлое и настоящее / Г. С. Ощепков // ИВУЗ: Лесной журнал. – 2002. – № 4. – С. 7–11.
9. Марийский государственный технический университет. 70 лет. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002.

Статья поступила в редакцию 01.08.08

*E. M. Romanov, Yu. P. Demakov, A. I. Shurgin*

### HIGHER FORESTRY SCHOOL OF THE SREDNEYE POVOLZHYE REGION IS 90

*The basic stages of becoming mature and hard way of development of the faculty of forestry and ecology of the Mari State Technical University which celebrates its 90<sup>th</sup> anniversary in November 2008 are reflected.*

*РОМАНОВ Евгений Михайлович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор МарГТУ. Область научных интересов – экология, лесовосстановление. Автор более 150 научных работ.

*ДЕМАКОВ Юрий Петрович* – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ. Область научных интересов – устойчивость лесных биогеоценозов, модели в фитоценологии. Автор более 140 публикаций.

*ШУРГИН Алексей Иванович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной селекции, недревесных ресурсов и биотехнологий МарГТУ. Область научных интересов – биологические ресурсы леса, биотехнологии. Автор 57 публикаций.

УДК 630\*61

*А. И. Писаренко*

## **НОВАЯ ПАРАДИГМА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ РОССИИ**

*Анализируется история и законодательные изменения в современном лесном хозяйстве. Показаны ключевые проблемы управления лесами России, возникшие в результате реформирования лесохозяйственной отрасли.*

Анализ истории и законодательных изменений современного лесного хозяйства показывает, что с вступлением в действие Лесного кодекса 2006 года началась завершающая фаза ликвидации той системы лесного хозяйства, которую мы называем классическим русским лесным хозяйством. Эта система эволюционно развивалась в России несколько сот лет и выработала всемирно признанную и уважаемую формулу неистощительного и непрерывного лесопользования, которая полностью соответствует современным веяниям устойчивого развития и управления лесами.

Управление лесами России до принятия в 2006 году нового Лесного кодекса опиралось на следующие принципиально важные системы действий: 1) лесоустройство, разрабатывавшее проекты организации и ведения лесного хозяйства, а также лесопользования в объектах лесоустройства – лесхозах (субъектов управления); 2) ведение лесного хозяйства и лесопользования на территории субъектов управления в соответствии с материалами лесоустройства; 3) организация и осуществление лесопользования и лесовосстановления в субъектах управления согласно расчётным размерам пользования лесом (расчётная лесосека) и правилам рубок, а также предписаниям лесоустройства (проект организации и ведения лесного хозяйства). Лесное законодательство и вся правовая нормативная база обслуживали эту систему управления. Теоретической платформой всей деятельности в сфере управления лесами как объектом государственной собственности были: «Учение о лесе» Г. Ф. Морозова, «Учение о лесном хозяйстве» М. М. Орлова, и, считавшаяся лучшей в мире, система периодического лесоустройства.

Классическое лесное хозяйство предполагает бесконечный цикл процессов на неизменной территории леса, в котором активная и пассивная лесохозяйственная деятельность и пользование лесом осуществляются ежегодно в отношении участков леса, определяемых исключительно на основании только экономических расчётов пользования и возобновления леса. При этом пространственно-временное размещение этих участков на территории леса, в отношении которого ведётся правильное лесное хозяйство, определяется последовательностью связанных между собой хозяйственных мероприятий, устанавливаемых лесоустройством, исходя из столь любимой М. М. Орловым хозяйственной аксиомы – принципа бережливости, то есть получения наибольшей выгоды с наименьшими затратами.

Стержневое содержание учения о лесном хозяйстве – планирование на оборот рубки леса – было фактически исключено из лесоустроительной практики в результате тотального наступления идей планового экономического развития. Его заменила процедура составления плана рубок на ревизионный период. Очередность выбора насаждений в рубку стала определяться наличием транспортных путей для вывозки заготовленной древесины, но никак не соображениями учения о лесном хозяйстве. Но вот ис-

торический парадокс. В классическом лесном хозяйстве идея пользования лесом сбалансирована многоуровневым рыночным спросом на лесоматериалы, получаемые в результате пользования лесом и переработки заготовленной древесины. Изучение многоуровневого рынка (местного, ближнего и дальнего внутреннего, а также внешнего рынков сбыта лесной продукции) в классическом лесном хозяйстве предшествовало проведению работ по лесоустройству, точнее, было первым этапом лесоустройства. Благодаря наличию такого рынка и оплаченному спросу на лесоматериалы, существовала возможность реализации практически всей вырубаемой в лесу древесины. Без этого сама идея формирования пространственной, породной и возрастной структуры леса, позволяющей ежегодно вести лесозаготовку, приносящие высокий доход, была бы бессмысленной, поскольку была бы бесполезной. Авторитет М. М. Орлова, но, главным образом, простота изложения и практическая ясность его учения о нормальном лесу и правильном лесном хозяйстве, способствовали тому, что его основные положения вошли в Лесоустроительную инструкцию 1914 года. В частности, Инструкция 1914 года определяла следующие цели лесоустройства:

- обеспечение достижения лесным хозяйством главной цели – извлечения из леса постоянной наивысшей доходности при неистощительности пользования, сочетая это с возможно полным удовлетворением потребностей в лесу и лесных материалах населения, сельского хозяйства, промышленности и торговли;

- всестороннее изучение состава и роста лесов;

- организация эффективного пользования всеми нелесными площадями, входящими в состав лесных дач, при возможном уменьшении непроизводительных участков;

- обеспечение равномерности главного пользования в пределах ревизионного периода.

Начиная с момента зарождения лесного хозяйства России, его цели формировались как следствие сочетания ряда проблем, которые приходилось преодолевать государству. Первое место среди них следует отдать громадным размерам и транспортной неосвоенности территории России. Только на втором плане – рост потребностей в дешевой древесине; дешёвой – в смысле доступности. Потому что лес длительное время не стоил ничего. Основные затраты на получение древесины из леса были связаны с рубкой и транспортировкой. На цели лесного хозяйства длительное время влиял и основной уклад жизни населения России: несколько веков лес и древесина в России были основным строительным материалом и главным источником топлива. Государство делилось с народом своей собственностью: рубить казённый лес для насущных нужд разрешалось, а на продажу – нет.

Классическое лесное хозяйство и лесопользование основаны на принципе цикличности роста и развития лесов как географического явления. В существующую нормативную правовую базу ведения лесного хозяйства и лесопользования заложены представления о том, что всё многообразие и сложность явлений в лесу, с точки зрения извлечения лесного дохода, можно упорядочить в рамках схемы чередования на конкретной площади процессов рубки леса, возобновления леса, роста развития леса и опять рубки леса. Для достижения этого размер пользования и ежегодный доход от пользования лесом определяют или в виде конкретной площади леса, с которой планируется его вырубка, или в виде ожидаемого объёма вырубаемой древесины. Объёму вырубаемой на продажу древесины всегда должен соответствовать наличный запас древесины на намеченном к годовой вырубке участке леса (лесосеке). Период времени, в течение которого нужно вести лесное хозяйство и осуществлять лесопользование, измеряется

естественными циклами развития леса. В условиях России длине одного цикла соответствует период времени около 100–140 лет на астрономической шкале времени, в зависимости от древесной породы и установленного возраста рубки. Рубка леса завершает цикл выращивания леса, будь он естественный или искусственно созданный. Образующиеся после рубки на месте лесосек непокрытые лесной растительностью участки (вырубки) подлежат обязательному лесовосстановлению. Это и традиция, и закон, и здравый смысл: был лес, поспел, срубили, восстановили и вырастили для новой рубки. Цикл замкнулся и происходит поступательное развитие нового цикла. На этом основано лесное хозяйство во всём мире с учётом географических различий в скорости роста деревьев и возможности организации промежуточного лесопользования.

В классическом лесном хозяйстве все экономические расчёты в сфере лесопользования строятся на основе ограниченного круга экономических категорий, связанных с заготовкой, вывозкой и реализацией различных сортиментов заготовленной древесины. Иногда – связанных с ценами на продукцию глубокой переработки древесины на потребительском рынке (пиломатериалы, мебель, целлюлоза и бумажно-картонная продукция). Когда мы говорим о целях ведения лесного хозяйства, то мы должны со всей ответственностью понимать, что они меняются с течением времени и не могут быть неизменными, как-то всегда считали лесопромышленники, а сейчас им вторит даже Правительство: давать древесины больше, лучше и дешевле. Это тоже достаточно простая истина: всё меняется. И время дешёвой древесины, как и время дешёвого газа, увы, прошло и не вернётся. Глобальные и локальные биосферные функции лесов, их социальная и духовная роль уже потеснили экономические функции лесов как поставщика лесной продукции, древесины, живицы, грибов, ягод, технологического и прочего сырья. Водоохранная роль лесов, регулятора поверхностного стока атмосферных осадков и их фильтрации, стала доминирующей почти повсеместно, потому что химическая основа жизни – вода, а для людей – питьевая, то есть чистая и экологически безопасная вода. Возможность создания экономических механизмов получения лесного дохода при классическом лесном хозяйстве существует всегда для конкретной площади леса, в отношении которой может вестись в данных географических условиях расчёт пользования на весьма длительный период времени.

Учитывая географические особенности лесов России, весьма важно определиться с территориями лесного фонда, на которых организация управлением государственной собственностью – лесами – не сулит выгоды, поскольку невозможно по ряду причин создать механизм получения лесного дохода от управления лесами. В частности, если общее обилие лесов в России определяет высокую среднюю лесистость суши – более 45%, то это не должно затемнять фактор пространственной протяжённости наших лесов, практически, на весь континент (от Балтийского и Баренцева морей до Охотского). Показатель лесистости территории нашей страны, как отношение площади земель лесного фонда конкретной территории, покрытых лесной растительностью, к общей площади суши этой территории (например, субъекта Российской Федерации), значительно колеблется по регионам страны – от 80% на севере до 1% на юге страны. Более 74% территории России имеет лесистость свыше 30%, но на ней проживает 59% населения и там выделено 94% лесов, возможных для эксплуатации. И почти 2/3 этой территории приходится на Азиатскую часть страны, где проживает менее 1/5 населения и сосредоточено более 3/5 (69%) лесов, возможных для эксплуатации. Поэтому важнейшим фактором определения возможности экономического управления лесами является успешное и без значительного запаздывания во времени и в пространстве возобновление леса

на вырубленных участках, которое в конечном итоге зависит от того, когда, как и на какой площади вырубается лес. Правила рубки леса в России по главному пользованию учитывают лишь средние географические условия для мегарегионов страны: равнинные леса европейской части России, горные леса Северного Кавказа, леса Урала, леса Западной Сибири, леса Восточной Сибири, леса Дальнего Востока. К этому надо добавить, что леса России обладают выраженными бореальными чертами, в них доминируют процессы смены пород в результате пирогенных по преимуществу сукцессий. То есть леса наши легко горят по своей природе.

Сравнительно небольшой запас древесины на единицу площади, при том, что величина запаса древесины для промежуточного пользования оценивается весьма приблизительно, способствовал развитию в России сплошных лесосечных рубок. При таких рубках вся древесина на лесосеке вырубается полностью в один, максимум в два приёма. Но лесосеки всегда нарезались таким образом, чтобы происходило их обсеменение от стены невырубленного леса, а также оставались семенники – группы спелых деревьев, продуцирующих семена. Размер, конфигурация и сроки примыкания (дальнейшей рубки примыкающих к лесосеке участков) лесосек строго предписываются правилами рубок, с учётом средних оценок региональной специфики, что явно недостаточно в рыночных условиях. В сочетании с доминированием продажи собственником прав на заготовку древесины в выделяемых для этого участках леса, а также передачи лесов в аренду, что в обоих случаях является просто торговлей правом пользования собственностью, вместо создания разнообразных механизмов лесного дохода, – всё сказанное выше ориентирует лесное хозяйство на систему сплошных лесосечных рубок и содействие естественным процессам лесовозобновления. Исключения составляют территории с развитой транспортной инфраструктурой и таким состоянием лесов, которое делает искусственное лесовосстановление или создание лесных культур после рубки леса более предпочтительным, несмотря на более высокую стоимость работ по сравнению с мерами содействия естественному возобновлению леса. Этому способствуют также обширные пространства лесов и низкая плотность населения, что значительно повышает стоимость искусственного лесовосстановления.

Анализ распределения по территории России площади лесов по их производительности в соответствии с классами бонитетов основных лесобразующих пород (в первую очередь, хвойных), показывает, что в наиболее многолесных регионах России (Север Европейской части, Западная Сибирь и Восточная Сибирь) произрастают наименее производительные леса (класс бонитета V и ниже составляют 40 – 60 % площади эксплуатационных лесов). По всей России – только 10,3 % лесов с высшими классами бонитета по производительности, а площади лесов, где произрастают хвойные породы высших двух классов бонитета (I и II), составляют всего 5,8 % от площади земель, покрытых лесной растительностью. Более половины всех хвойных лесов России (53,1%) представлены V классом бонитета и ниже (9–15 м высотой деревья сосны в возрасте 100 лет). Эксплуатационные леса России на 72% представлены хвойными насаждениями, в которых, в свою очередь, почти 30% составляет лиственница. Она занимает в Азиатской части России свыше 55% от площади всех хвойных лесов, возможных для эксплуатации. В Дальневосточном регионе России хвойные леса составляют 81,5% от всей площади лесов, возможных для эксплуатации, из них более 78% приходится на лиственницу.

При современном и прогнозируемом социально-экономическом развитии Сибири только 1/3 площади лесов Азиатской части России может быть рыночным ресурсом древеси-

ны, хотя и нуждается в обеспечении экологической безопасности и сохранении разнообразия лесных экосистем при лесозаготовке. Остальные 2/3 площади лесов Азиатской части России, возможно, никогда не приобретут сырьевого значения в условиях рынка и будут сохраняться для выполнения биосферных и других экологических функций.

Сейчас существует тенденция обезлюдивания (депопуляции) Сибири и Дальнего Востока России. Основная часть российского населения там проживает в крупных городах вдоль транспортных магистралей и численность его неуклонно уменьшается, в том числе в последние десятилетия в результате реэмиграционных процессов в Европейскую Россию. Это даёт основания думать, что не следует ожидать быстрого освоения лесных ресурсов Азиатской России. Но тенденция может измениться существенным образом после изменения иммиграционной политики России в отношении сопредельных Азиатской части России стран, в первую очередь, Китая, для экономики которого леса Дальнего Востока России уже превратились в сырьевой придаток. В то же самое время, растёт угроза возможной переэксплуатации лесов в регионах традиционных лесозаготовок, отстоящих на выгодном расстоянии не только от западных границ России, но и от тихоокеанских портов и от границ Китая. Таким образом, реалистично говорить о среднем размере лесов, возможных для эксплуатации в России в обозримом будущем, не превышающем 250 млн. га, и расчетной лесосеке в интервале 250–350 млн. м<sup>3</sup>. Поэтому возникает естественный вопрос, а как быть с лесами, невозможными для эксплуатации, ведь таких лесов большинство. Ведение лесного хозяйства в этих лесах, нацеленного на получение лесного дохода от продажи прав пользования этой собственностью, невозможно в рыночной экономике, потому что невыгодно. На сегодняшний день ситуация в управлении лесами как объектом государственной собственности, прямо скажем, противоестественная. Государство несёт затраты на содержание своей собственности – лесного фонда, но получает фискальными методами доход только с одного гектара из каждых семи, на которые потрачены средства федерального бюджета. Практически весь лесной доход получают экспортёры древесины.

В ликвидированной системе управления лесами существовала возможность применения экономических методов управления для конкретной площади лесных земель государственного лесного фонда, в отношении которой может вестись расчёт пользования на весьма длительный период времени в данных географических условиях. Этот период в несколько раз больше существующего на сегодня норматива лесного плана субъекта Российской Федерации, лесохозяйственного регламента и проекта освоения лесов. Можно сказать, что расчёт пользования должен был вестись на период времени, соразмерный срокам роста и развития леса до спелого состояния. Как правило, этот период можно измерить количеством лет, потребных для возобновления леса после рубки и его роста до спелого состояния, то есть до следующей рубки на том же самом месте. Но как показывают многолетние исследования, в лесном фонде России для аренды привлекательны максимум 1/2 покрытых лесной растительностью земель лесного фонда, что соответствует примерно 1/3 общей площади лесного фонда страны. Поэтому заведомо ясно, что это никак не улучшит управляемость 2/3 территории лесного фонда, на которой арендаторов не будет, и вообще никаких видов использования лесов не предвидится. В условиях капитализма целью управления собственностью является получение дохода; в нашем случае – лесного дохода. Вместо управления собственностью Лесной кодекс 2006 года говорит об использовании лесов (глава 2 Лесного кодекса), об управлении в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов (глава 10 Лесного кодекса), но с оговоркой в пункте 10 статьи 1 Лесного кодекса, которая гласит

о недопустимости использования лесов органами государственной власти, органами местного самоуправления. Тем самым собственник лесов – государство Российская Федерация – отстраняется от непосредственного права собственника извлекать доход из своей собственности, в том числе путём её использования. И, кроме того, Лесной кодекс широко использует понятия государственного лесного контроля и надзора (Глава 12 – Государственный лесной контроль и надзор). Судя по этой терминологии в Лесном кодексе, его разработчики попытались заменить идеями и терминологией менеджмента традиционную систему управления лесами через ведение лесного хозяйства и разрешительное лесопользование. Одновременно при этом они пытались создать условия отделения управленческих функций от хозяйственных, которые исторически складывались совместно в рамках системы ведения лесного хозяйства на основе лесоустройства.

Государственному лесному контролю и надзору посвящена глава 12 Лесного кодекса 2006 года. Согласно статье 96 (Государственный лесной контроль и надзор) целью государственного лесного контроля и надзора является обеспечение соблюдения лесного законодательства, и оно осуществляется органами государственной власти в пределах их полномочий, определенных в соответствии со статьями 81–83 Лесного кодекса. В соответствии со статьей 96 Лесного кодекса РФ Правительство приняло Постановление от 22 июня 2007 г. №394 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного лесного контроля и надзора». Оно устанавливает порядок осуществления контроля и надзора за использованием, охраной, защитой и воспроизводством лесов. Для краткости всё это будет подразумеваться при употреблении термина: «государственный лесной контроль и надзор». Постановлением от 22 июня 2007 г. №394 определено, что государственный лесной контроль и надзор осуществляют Федеральная служба по надзору в сфере природопользования Министерства природных ресурсов Российской Федерации и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Осталось не разъяснённым, какими средствами осуществляют органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации государственный лесной контроль и надзор в отношении лесничеств и лесопарков, находящихся на территории соответствующего субъекта Российской Федерации. Аналогичный вопрос по поводу сил и средств, которыми Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) осуществляет непосредственно и через свои территориальные органы государственный лесной контроль и надзор в отношении лесничеств и лесопарков, полномочия управления которыми не переданы органам государственной власти субъектов Российской Федерации (часть 2 статьи 83 Лесного кодекса Российской Федерации), а также в отношении особо охраняемых природных территорий федерального значения.

Более того, не соответствует определению леса (статья 5 Лесного кодекса) ни как экологической системы, ни как природного ресурса. Это не более, чем замаскированная под использование лесов в соответствии с лесным законодательством процедура перевода земель из одной категории в другую, без оплаты потерь лесного хозяйства, т.е. упущенной выгоды собственника – государства.

Любая реорганизация управления оправдана лишь тогда, когда она приводит к улучшению эффективности реорганизуемой системы. Прежде всего, очевидна непродуктивность замены системы управления лесами через ведение лесного хозяйства, системой контроля и надзора, при том, что ведение лесного хозяйства будут вести арендаторы. Следует признать, что существует проблема недоопределённости объекта управления государственной собственностью с целью получения лесного дохода или

надо отказываться от постулатов капитализма, в частности, что собственность должна приносить доход.

Созданная на уровне законодательных правовых документов нормативная база государственного лесного контроля и надзора не имеет никакого отношения к управлению лесами, потому что она ориентирована только на последствия охраны, защиты, воспроизводства и использования лесов. Она никак не соединена с прогнозированием, планированием и принятием решений по управлению лесами. Ситуация напоминает казус со старым Лесным кодексом 1997 года, который создал механизм лесного дохода, но его никто не мог получить при мизерной пощённой плате за лесопользование, и поэтому изыскивали с помощью бензопил собственные средства для покрытия расходов на ведение лесного хозяйства и выживание.

Созданная многоуровневая система планирования и отчётности для обеспечения государственного лесного контроля и надзора (лесной план, лесохозяйственный регламент, проект освоения лесов, государственный лесной реестр, государственная и муниципальная экспертиза проектов освоения лесов, лесные декларации и пр.) только увеличила бумагооборот и фактически заменила ответственность отчётностью органов государственной власти субъектов РФ. В итоге лесничество/лесопарк, от эффективности и качества работы которых по организации ведения лесного хозяйства, зависит будущее русского леса, попали под многоярусную бюрократическую надстройку. Лесничий и лесные инспектора ежедневно должны быть в лесу и контролировать соблюдение лесоводственных правил рабочими, нанятыми арендаторами для выполнения лесохозяйственных, лесовосстановительных, противопожарных работ, рубки леса, с тем, чтобы не допускать отклонений от нормативов ведения лесного хозяйства и нарушений лесного законодательства. А если все же они будут допущены, то зафиксировать и ликвидировать их в самой начальной стадии. Но для этого в штате лесничества должна быть профессиональная команда специалистов лесной охраны (лесоводы, лесокulturники, лесопатологи, лесопожарные и т.д.), включая вспомогательный персонал. В противном случае арендатору надо оплачивать подготовку или наём таких специалистов. Для успешной работы лесничества должна быть разработана система стандартов ведения лесного хозяйства и использования лесов, без которой арендаторам не по силам будет реализовать не только положения лесохозяйственного регламента, но и собственного плана освоения лесов.

Следует признать, что реализация подзаконных правовых актов Лесного кодекса привела к тотальной смене парадигмы государственного лесного хозяйства и управления лесами в целом. Классическое лесное хозяйство, основанное на совмещении ведения лесного хозяйства и организации лесопользования, ликвидировано. Ему на смену предложена децентрализованная система управления, в которой руководящие функции центра заменены многоуровневой системой контроля и надзора над лесами, как федеральной собственностью, а леса, будучи объектом государственной собственности, фактически остались без присмотра.

С новым Лесным кодексом вместо ликвидированной системы управления лесами посредством ведения лесного хозяйства пришли гражданско-правовые отношения, называемые в кодексе лесными отношениями, которые опираются на уведомительное использование лесов (лесные декларации), взамен разрешительного лесопользования (лесорубочные билеты), и на децентрализацию управления лесами, взамен централизованной системы охраны, защиты, воспроизводства и лесопользования. Теперь субъекты Федерации наделены правами и полномочиями в области использования, охраны,

защиты и воспроизводства лесов, а на основные территориальные единицы управления (лесничества) возложены, прежде всего, функции государственного лесного контроля и надзора, выполнение работ по организации отвода насаждений в рубку, лесных аукционов, обеспечение исполнения арендаторами требований договоров аренды, организация работы по охране, защите и воспроизводству лесов на основе государственных контрактов и др.). Кроме того, расширен список разрешенных видов лесопользования, к которому добавлен внушительный список разрешённого использования лесных участков для нужд недропользования, строительства, развития инфраструктуры и ряда других целей без процедуры перевода земель, т.е. на общих условиях аренды.

Лесной кодекс 2006 года, отталкиваясь от пункта 10 статьи 1: «о недопустимости использования лесов органами государственной власти, органами местного самоуправления», устанавливает несовместимость реализации функций управления лесами как объектом государственной собственности и прав собственника получать лесной доход от своей собственности путём её непосредственного использования. В развитие этого положения мучительно решается задача отделения функций управления лесами от хозяйственных функций, включая в них воспроизводство лесов, охрану и защиту леса, организацию рубок промежуточного пользования. Но такой подход, втянув нас в поиски организационных выходов, не противоречивших закону и здравому смыслу, априори бессмысленный.

Планирование и доведение субвенций федерального бюджета до субъектов РФ выходит на первое место федеральной ответственности за леса, согласно новому Лесному кодексу. На федеральном уровне объективно доминирует значимость формирования перечня приоритетных инвестиционных проектов, финансирование конкретных проектов (киотские, модельные леса и т.д.), а также осуществление государственной инвентаризации лесов и организация лесоустройства. Кроме того, к первоочередным задачам федерального уровня ответственности за леса отнесены такие виды работ, как установление правил работ в лесу, обобщение информации, внесенной в государственный лесной реестр, а главное – контроль и надзор над исполнением полномочий субъектами РФ. Эти задачи решаются силами Федерального агентства лесного хозяйства Министерства сельского хозяйства РФ, а также Федеральной службой надзора в области природопользования, Министерством промышленности и энергетики и Министерством экономического развития и торговли РФ. Мы не ошибёмся, если сгруппируем задачи, которые должно решать согласно Лесному кодексу Федеральное агентство лесного хозяйства, в следующие блоки:

- сбор и накопление данных о лесах;
- ежегодная оценка состояния лесов;
- содействие реализации новой модели управления лесами (решение экономических и социальных вопросов);
- организация противодействия нелегальному обороту древесины;
- контроль и надзор над осуществлением переданных полномочий.

На региональном уровне управления лесами объективно на первое место выходит формирование и реализация следующих положений:

- воссоздание государственной лесной охраны;
- составление и исполнение Лесных планов субъектов РФ;
- разработка и исполнение лесохозяйственных регламентов;
- ведение государственного лесного реестра;

- осуществление зонирования территории лесного фонда в границах субъекта РФ;
- организация и проведение аукционов;
- работа с лесными декларациями;
- организация модельных лесов;
- содействие реализации приоритетных инвестиционных проектов в лесном секторе.

Практически все вопросы планирования, организации лесопользования и другие вопросы владения, пользования, распоряжения лесными участками, находящимися в муниципальной собственности, отнесены к полномочиям органов местного самоуправления. В том числе установление ставок платы за единицу объема лесных ресурсов и ставок платы за единицу площади таких лесных участков в целях его аренды, установление ставок платы за единицу объема древесины; разработка и утверждение лесохозяйственных регламентов, а также проведение государственной экспертизы проектов освоения лесов; осуществление муниципального лесного контроля и надзора в отношении таких лесных участков. Органы местного самоуправления могут наделяться отдельными государственными полномочиями в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

На уровне частного сектора объективно на первое место выходит создание комфортных условий для деятельности частных предпринимателей. Частные предприниматели выступают арендаторами лесных ресурсов и земель лесного фонда, они участвуют в аукционах и исполняют договоры аренды лесов и платят арендную плату. Для этого они должны разрабатывать проекты освоения лесов, заполнять лесные декларации и, самое главное, осуществлять мероприятия по ведению лесного хозяйства, предоставлять сведения в государственный лесной реестр, а также сведения по государственной статистике. Частные предприниматели могут, если им это выгодно, организовать переработку лесных ресурсов и создавать производственную и транспортную инфраструктуру. Благодаря этому создаются новые рабочие места в сфере лесохозяйственных услуг и переработки лесных ресурсов.

Предусмотренную новым Лесным кодексом схему организации использования лесов совершенно невозможно распространить на территории лесного фонда, использование на которой не сулит выгоды. Речь идёт о тех территориях лесного фонда, управление которыми носит сугубо затратный характер и не предполагает получение лесного дохода от управления этой собственностью по ряду причин.

Лесное хозяйство – это часть растениеводства. Система организации хозяйства в растениеводстве шлифовалась тысячелетиями. Это классический пример сочетания в одних руках как функций управления и контроля, так и хозяйственной деятельности, включающей все циклы производства. Данная схема не вызывает сомнений в отношении одного-двухгодичных циклов оборота сельскохозяйственных культур. Но когда вопрос касается лесного хозяйства с его вековыми циклами, то здесь всё становится с ног на голову и выстраивается схема реструктуризации всего лесного комплекса, предусматривающая разделение его на четыре составные части: а) управление лесами, б) ведение лесохозяйственной деятельности, в) организация и осуществление лесозаготовительной деятельности и г) переработка древесины. Мы полагаем, что применительно к лесу, лесному хозяйству и лесопользованию в основу должен быть положен принцип, заложенный в сельскохозяйственном производстве. Лесное хозяйство должно отвечать за все циклы – от лесовыращивания до рубки спелой древесины и её реализации. Только в этом случае дело может быть поставлено на действительно научной ос-

нове, а отрасль сможет стать рентабельной и обеспечить получение ощутимого лесного дохода государству.

В мировой практике немало примеров применения данной схемы. Это, прежде всего, находящаяся рядом с нами Финляндия. В ней в государственных лесах, расположенных в северной части страны, органы лесного хозяйства выполняют все функции управления через ведение лесного хозяйства, организации лесозаготовок и поставок заготовленной древесины потребителям. В частных лесах – аналогичная схема, реализация которой, включая ведение непрерывного лесоустройства, осуществление всех видов лесохозяйственной деятельности, лесозаготовительной и иной лесопромышленной деятельности, выполняют специально уполномоченные акционерные общества. В Германии лесное хозяйство также занимается организацией лесозаготовок и реализацией заготовленной древесины, стрелёванной, например, к путям транспорта.

Сегодня управление лесами признается несовместимым с хозяйственной деятельностью. Отечественный и зарубежный опыт говорит о том, что лесохозяйственная деятельность при управлении лесами вполне допустима и более того, жизненно необходима для оптимального выполнения комплекса работ по лесовосстановлению, охране и защите леса, и уходу за ним, особенно в малонаселённых лесах.

Леса России, прежде всего, ценны не как накопители запасов древесины, а как экологический каркас среды обитания человека. Можно заменить древесину как источник древесного волокна синтетическими продуктами, но заменить биосферные свойства лесов, начиная от почвозащитных, водозащитных, рекреационных, оздоровительных и т. д., – заменить их просто нечем, никогда. Лес – восстанавливаемый ресурс. Стратегия управления такими ресурсами существенно отличается от стратегии управления невозстанавливаемыми ресурсами. Положение, закрепленное в Лесном кодексе о недопустимости использования лесов органами государственной власти, не только дискредитирует саму власть, но и лишает собственника лесов – государство – свободы выбора оптимальных решений. Как в сельском, так и лесном хозяйстве функции управления и хозяйственной деятельности неразделимы. И нужно не делить неделимое, а менять законодательство, которое не должно являться фетишем. Решение вопроса по структуре управления лесами лежит в плоскости четкого разграничения полномочий и ответственности между частным сектором лесопромышленного комплекса страны и государственным лесным хозяйством, при условии обеспечения независимого контроля со стороны неправительственных некоммерческих экологических организаций за всем циклом производства, заготовки, торговли и переработки лесных ресурсов.

Ресурсные свойства неотделимы от других свойств леса, и для оптимального использования этих свойств необходимо, как и двести лет тому назад, знать научно обоснованные ответы на вопросы: где, когда, сколько и по каким системам лесопользования рубить лес. Поэтому кажется вполне естественным, что вся полнота ответственности за уровень использования лесных ресурсов должна лежать на лесном хозяйстве. И тогда открывается поле для эффективного взаимодействия лесного хозяйства с лесопромышленным комплексом, разработки нормативно-правовых основ этого взаимодействия с учетом взаимной заинтересованности в повышении производительности труда и снижения себестоимости лесозаготовок без ущерба для каждой из сторон.

Нынешняя реформа лесного хозяйства может привести к результатам, абсолютно противоположным тем, что задумали её разработчики: лесное хозяйство как одна из стариннейших отраслей природопользования просто исчезнет. И государство окажет-

ся не способным осуществлять свою главную, записанную в Конституции, обязанность по созданию экологически благоприятных условий жизни населения. Лесничий был и мог бы дальше быть настоящим хозяином лесов: лесоводом, юристом, экономистом. Вместо этого он окажется «сопроводителем» бумаг в вышестоящие организации.

Статья поступила в редакцию 15.07.08

*A. I. Pisarenko*

#### **NEW PARADIGM OF FORESTRY AND RUSSIAN FORESTS MANAGEMENT**

*The history and legislative changes in modern forestry are analyzed. The key problems of managing forests of Russia arisen as a result of reforming forestry sector are shown.*

---

*ПИСАРЕНКО Анатолий Иванович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, президент Российского общества лесоводов. Область научных интересов – лесовосстановление, защитное лесоразведение. Автор более 270 научных работ.

УДК 630\*228.7

С. А. Денисов, Ю. П. Глушкова, Л. Е. Туева

## ВОЗМОЖНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ЕЛИ В РЕСПУБЛИКЕ МАРИЙ ЭЛ

*Проведен анализ потенциальной производительности ельников и возможности плантационного выращивания древесины ели в связи с передачей в аренду лесов Республики Марий Эл. Анализируется возможность обеспечения Волжского ЦБК еловой древесиной местного выращивания.*

**Введение.** Постепенное изменение взгляда на лес как на экологический каркас среды обитания привел в большинстве стран с богатыми лесными ресурсами к практической специализации лесов по видам использования. Одновременное совмещение сырьевой, социальной и экологической эффективности на одном и том же участке леса чрезвычайно сложная задача. Гораздо эффективнее разделять леса по основным их функциям, то есть выделять зоны по видам использования лесов. Плантационное выращивание древесного сырья позволяет отделить промышленные леса от защитных и рекреационных.

Одними из первых промышленные плантации для нужд ЦБП были созданы в 20-е годы прошлого столетия в Италии. Плантационное выращивание тополя в долине реки По продолжается и сейчас: 3% лесов страны представлены «лесными полями» тополя, дающими 50% качественной деловой древесины для ЦБП. В этот же период плантационное выращивание начали применять и в Новой Зеландии. В результате страна, не имевшая прежде хвойных лесов, более 13% доходов от внешней торговли получает за счет экспорта древесины. Большое внимание плантационному лесовыращиванию уделяется в странах Латинской Америки, США, Канаде, Франции, Японии. К 1990 г. в мире было уже создано 130 млн. га лесных плантаций (3% лесов планеты), из которых 99 млн. га находятся в странах умеренного климата.

Переход на плантационное лесовыращивание – это переход на более высокий уровень ведения лесного хозяйства. Монокультуры, как свидетельствуют многочисленные научные публикации, в подавляющем большинстве случаев не являются устойчивыми. Они подвержены болезням и вредителям. Поэтому химические меры защиты неизбежно используются на таких плантациях. Альтернативой монокультурам являются смешанные лесные культуры. В странах Евросоюза сейчас идет работа по производству смешанных плантаций из нескольких пород.

В России большой вклад в развитие идеи плантационного лесовыращивания внесли И. В. Шутов, Е. Л. Маслаков и И. А. Маркова [1]. Под их руководством в 1976 г. по этой проблеме, получившей краткое название «Плантации», были начаты широкомасштабные исследования. В результате уже в 1981 г. были изданы первые рекомендации по плантационному лесовыращиванию и началось создание плантаций в основном для выращивания балансовой древесины.

И. В. Шутов [2] считает, что важнейшим условием для выращивания лесосырьевых плантаций является форсированный рост деревьев. Прирост древесины на плантациях должен быть выше, чем в естественных лесах, в 3–4 раза. Для этого необходимы минеральные удобрения, гербициды, биологическая мелиорация. Однако автор отмечает,

что ему не известны случаи столь большого увеличения прироста в культурах ели по сравнению с естественными фитоценозами в однотипных условиях произрастания.

Проведение рубок ухода в молодняках требует больших затрат, которые не окупаются, так как вырубаемая мелкотоварная древесина не пользуется спросом. Уход в них затруднен из-за сложности применения машин и механизмов. Не случайно поэтому в мировой практике лесного хозяйства рубки ухода в молодняках часто рассматриваются как экономически нецелесообразные. Анализ плантационного лесовыращивания на Северо-Западе России (таежная зона) показал его бесперспективность.

В Центрально-Черноземном районе (лесостепная зона) лесные культуры по плантационному типу создают, используя отселектированный материал по отработанным технологиям выращивания посадочного материала в теплице и открытом грунте, восстанавливая низкопродуктивные осиновые вырубки и непригодные для сельского хозяйства открытые площади.

Применение в качестве посадочного материала при закладке плантационных культур саженцев отселектированных форм позволяет добиться значительной интенсивности роста уже в молодом возрасте при хорошей приживаемости и сохранности культур, а также сократить количество уходов за посадками.

Главным аргументом в пользу применения интенсивных методов лесовыращивания является увеличивающийся спрос на балансы и пиловочник хвойных пород, на недревесную продукцию леса.

Таким образом, плантационное лесовыращивание в Центрально-Черноземном районе получает дальнейшее развитие и становится важным источником сырья и топливной древесины во всем мире.

Целевое плантационное выращивание еловых балансов в Республике Марий Эл, находящейся в зоне хвойно-широколиственных лесов, помогло бы в значительной мере закрыть проблему с поставкой сырья региональным предприятиям по переработке древесины на целлюлозу, а также экологически чистое топливо – топливные гранулы (пеллеты).

**Цель** работы заключалась в анализе потенциальной и фактической производительности ельников, оценки возможностей увеличения площадей ельников по наиболее перспективным типам лесорастительных условий для плантационного выращивания ели, обеспечивающего создание высокопродуктивных насаждений как сырьевой базы ЦБК.

**Решаемые задачи:** анализ динамики лесного фонда РМЭ и степени оптимальности размещения насаждений по типам лесорастительных условий; оценка фактической и потенциальной продуктивности ельников республики и обоснование предлагаемых мероприятий.

**Методы исследования** заключались в оценке потенциальной продуктивности ельников по радиационному балансу с учетом коэффициентов экологического соответствия по К. Б. Лосицкому и В. С. Чуенкову [3] и анализу основных лесоводственно-таксационных показателей по выделной базе данных лесного фонда Республики Марий Эл.

#### **Интерпретация результатов исследования.**

По лесорастительному районированию леса Республики Марий Эл относятся к зоне хвойно-широколиственных лесов, район хвойно-широколиственных лесов европейской части РФ (приказ МПР №68 от 28 марта 2007 г. «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации»).

Общая площадь государственного лесного фонда на 01.01.2008 года составляет 1174,2 тыс.га. Площадь сосновых лесов (табл. 1) за последние 80 лет оставалась стабильной, за исключением военных лет и послевоенных десятилетий (1945–1961 гг.). Формирование сосняков в борových условиях предопределяет во многом низкую вероятность смены пород. Для еловых лесов подобная стабильность отсутствует. Как отмечал М. Д. Данилов в своей работе «Леса Марийской АССР» еще в 1966 году, площадь еловых насаждений сокращается более интенсивно [4]. Этот процесс продолжается до настоящего времени. Происходит стабильное снижение их доли в лесном фонде от 38,7% в 1927 году до 10,4% в 2003. Место ели занимает береза, доля которой за 80 лет достигла более чем трети всех площадей лесного фонда республики. Площади осино-вых древостоев с 1966 года стабильно уменьшаются за счет создания на их вырубках лесных культур.

Таблица 1

**Динамика хвойных и мелколиственных в лесном фонде Республики Марий Эл  
за 1927–2003 годы**

(над чертой – площадь, га; под чертой – процент от общей площади лесного фонда)

Преобладающие породы	Годы учета								
	1927	1945	1956	1961	1966	1973	1983	1993	2003
Сосна	<u>396,0</u> 41,9	<u>365,8</u> 34,3	<u>425,6</u> 38,8	<u>404,7</u> 39,0	<u>422,1</u> 39,4	<u>364,3</u> 39,4	<u>433,8</u> 41,2	<u>452,3</u> 42,3	<u>457,2</u> 40,6
Ель	<u>366,0</u> 38,7	<u>295,7</u> 27,7	<u>233,5</u> 21,3	<u>183,3</u> 17,6	<u>172,6</u> 16,1	<u>126,1</u> 13,6	<u>133,3</u> 12,7	<u>127,8</u> 12,0	<u>116,8</u> 10,4
<b>Итого хвойных</b>	<u>762,0</u> 80,6	<u>661,5</u> 62,0	<u>659,1</u> 60,1	<u>588,0</u> 56,6	<u>594,7</u> 55,5	<u>490,4</u> 53,0	<u>567,1</u> 53,8	<u>580,1</u> 54,3	<u>574,0</u> 50,9
Береза	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>0,0</u> 0,0	<u>262,7</u> 25,3	<u>277,8</u> 25,9	<u>265,4</u> 28,7	<u>326,7</u> 31,0	<u>339,7</u> 31,8	<u>392,1</u> 34,8
Осина	<u>150,0</u> 15,9	<u>352,4</u> 33,0	<u>378,0</u> 34,5	<u>100,4</u> 9,7	<u>106,5</u> 9,9	<u>79,2</u> 8,6	<u>66,0</u> 6,3	<u>58,9</u> 5,5	<u>58,2</u> 5,2
<b>Итого мелколи- ственных</b>	<u>150,0</u> 15,9	<u>352,4</u> 33,0	<u>378,0</u> 34,5	<u>363,1</u> 35,0	<u>384,3</u> 35,9	<u>344,6</u> 37,3	<u>392,7</u> 37,3	<u>398,6</u> 37,3	<u>450,3</u> 39,9
<i>Дуб и другие породы</i>	<u>33,075</u> 3,5	<u>53,365</u> 5,0	<u>59,8026</u> 5,4	<u>87,8</u> 8,4	<u>92,1</u> 8,7	<u>89,5</u> 9,7	<u>93,6</u> 8,8	<u>90,0</u> 8,4	<u>103,1</u> 9
<b>Всего</b>	<u>945,0</u> 100,0	<u>1067,3</u> 100,0	<u>1096,9</u> 100,0	<u>1038,9</u> 100,0	<u>1071,1</u> 100,0	<u>924,5</u> 100,0	<u>1053,4</u> 100,0	<u>1068,7</u> 100,0	<u>1127,4</u> 100,0

Леса республики в настоящее время представлены на 51% хвойными и на 40% мелколиственными. Остальные 9% занимают дуб, липа, ольха, ивы и совсем немного – культуры лиственницы и кедра.

Шесть лесничеств: Килемарское, Советское, Моркинское, Куженерское, Зеленогорское, Оршанское (рис. 1), имеют в своем фонде более 6 тысяч гектар еловых насаждений. В этих лесничествах сосредоточено 20,5% площадей свежих и влажных суборей и сураменей республики ( $B_2$  и  $B_3$  – 70,1 тыс. га,  $C_2$  и  $C_3$  – 144,3 тыс. га), или 214,4 тыс. га. Из них елью занято в условиях  $B_2$  и  $B_3$  только 12,1 тыс. га, в типах лесорастительных условий (ТЛУ)  $C_2$  и  $C_3$  – 47,1 тыс. га, что составляет 17,3 и 32,6%. Остальные площади в этих ТЛУ занимают береза – 46,4%, сосна – 27,1% и осина – 12,7%. Если в условиях суборей сосна дает качественную древесину, то в условиях сураменей целесообразней выращивать ель. Тем не менее, 38 тыс. га в этих лесничествах занято сос-

ной. Таким образом, ключевые «еловые» лесничества далеко не полностью используют почвенный потенциал, наиболее подходящий для выращивания ели, передав его под другие породы.

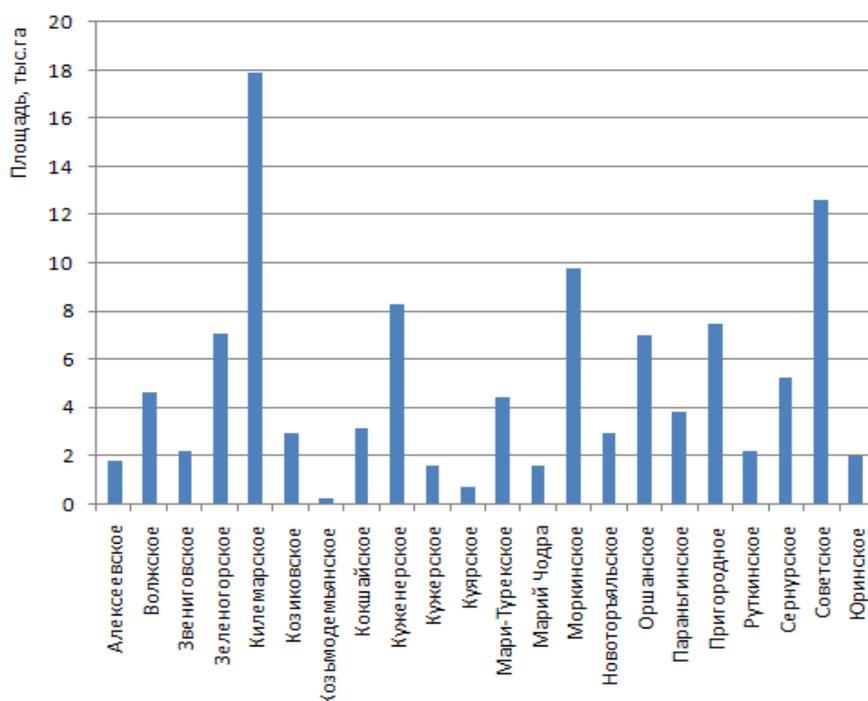


Рис. 1. Распределение площадей еловых лесов по лесничествам

В лесном фонде республики ТЛУ В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, С<sub>2</sub> и С<sub>3</sub>, как наиболее соответствующие еловым лесам, представлены на 319,4 тыс. га лесных земель, тогда как покрытых елью в этих условиях имеется только 96,3 тыс. га.

В целом еловые насаждения в республике имеют высокую производительность (средний класс бонитета I,8), обусловленную расположением еловых древостоев в основном в условиях свежих сураменей (С<sub>2</sub>), которые в республике преобладают (рис. 2). Именно здесь в прошлом, как указывает М. Д. Данилов [4], ссылаясь на работы А. Я. Гордягина, «...господствовало царство «тиранической» ели и светлой могучей боровой сосны».

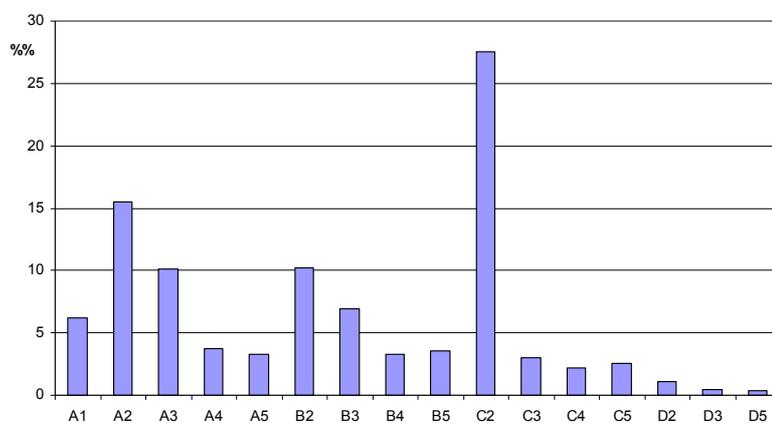


Рис. 2. Распределение земель лесного фонда Республики Марий Эл по типам лесорастительных условий

Обращает на себя внимание наличие больших площадей березняков и осинников в относительно богатых и богатых условиях (рис. 3).

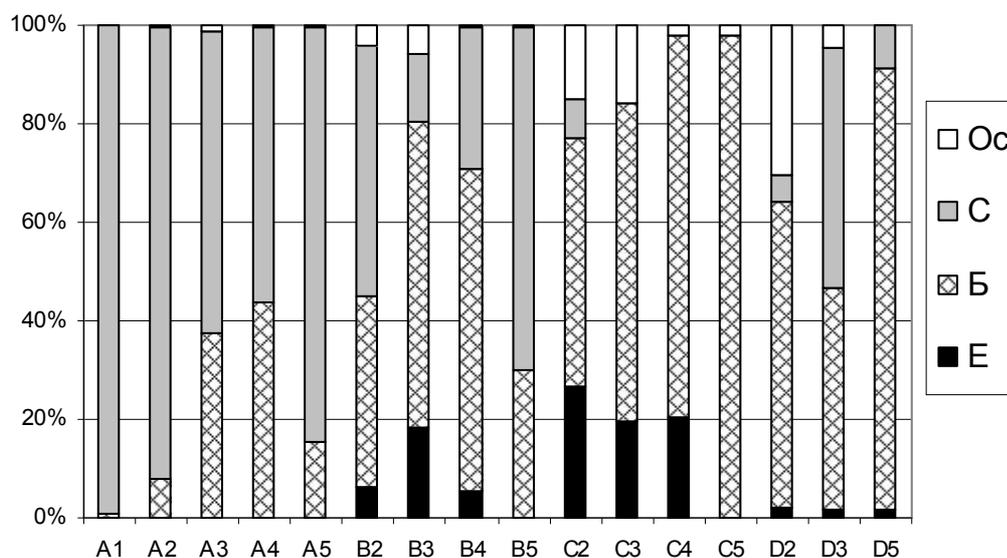


Рис. 3. Распределение площади насаждений преобладающих пород по типам лесорастительных условий

Среди насаждений с преобладанием ели древостои высших классов бонитета (Iб и Ia) представлены лишь на 0,4% площадей, тогда как I и II классов бонитета занимают соответственно 39 и 46%; III и IV – 12 и 2%. Ельников V и ниже классов бонитета практически нет.

Запасы стволовой древесины спелых и перестойных еловых древостоев в зависимости от ТЛУ имеют свои особенности. Так, максимальные запасы, как и следовало ожидать, обнаруживаются в свежих сурамянях. В Килемарском лесничестве в ТЛУ С<sub>2</sub> имеется 110-летний ельник липово-кисличный с относительной полнотой 0,9 и запасом 500 м<sup>3</sup>/га. Аналогичные древостои того же типа леса имеются в Оршанском, Мари-Турекском, Кокшайском лесничествах, но с меньшим запасом (390–400 м<sup>3</sup>/га) при полноте 0,8 в возрасте 80...90 лет.

Средние запасы древесины в спелых древостоях ели в условиях, наименее благоприятных для её роста (боровая ряд и гигротопы значительного избыточного увлажнения), мало отличаются от максимальных запасов в этих же условиях (табл. 2). Следует отметить, что выделов таких насаждений в республике мало. Так, в условиях свежего бора различия между максимальными и средними запасами отсутствуют, а в условиях влажного бора – минимальны.

Однако в суборевом ряду обнаруживается значительный разброс между максимальными и средними величинами запасов стволовой древесины, который еще более увеличивается в сурамянях (рис. 4). Это свидетельствует о том, что хозяйственные воздействия на самые высокопродуктивные ельники приводят к снижению возможных запасов к возрасту спелости. Основной причиной может являться интенсивное изреживание древостоев коммерческими рубками (прореживанием и проходными рубками), которые дают возможность получать товарную древесину. Хотя это вполне допустимое хозяйственное мероприятие, но проведенные с нарушениями по интенсивности и критериям отбора деревьев такие рубки резко снижают возможность получения спелой высококачественной древесины в значительных объемах. Так, в условиях С<sub>2</sub> различия между максимальным и средним запасом стволовой древесины достигают от 100 до 56%.

Таблица 2

**Фактические запасы древесины ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в спелых и перестойных древостоях ели по ТЛУ**  
(над чертой – максимальный запас, под чертой – средний)

ТЛУ	Возраст древостоев					Запас по ТЛУ
	80	90	100	110	120	
A <sub>2</sub>	<u>220</u>	<u>210</u>	-	<u>220</u>	-	<u>220</u>
	220	210	-	220	-	217
A <sub>3</sub>	<u>270</u>	<u>290</u>	<u>210</u>	-	<u>220</u>	<u>290</u>
	260	250	210	-	220	237
B <sub>2</sub>	<u>350</u>	<b><u>380</u></b>	<b><u>380</u></b>	<u>330</u>	<u>350</u>	<b><u>380</u></b>
	241	248	231	234	262	242
B <sub>3</sub>	<u>350</u>	<b><u>380</u></b>	<b><u>380</u></b>	<b><u>390</u></b>	<u>350</u>	<b><u>390</u></b>
	249	257	265	256	245	254
B <sub>4</sub>	<u>320</u>	<u>260</u>	<u>290</u>	<u>330</u>	<u>340</u>	<u>340</u>
	223	185	223	234	212	217
B <sub>5</sub>	<u>140</u>	<u>160</u>	<u>160</u>	-	-	<u>160</u>
	140	160	155	-	-	150
C <sub>2</sub>	<b><u>400</u></b>	<b><u>380</u></b>	<b><u>390</u></b>	<b><u>500</u></b>	<b><u>380</u></b>	<b><u>500</u></b>
	240	244	235	246	247	242
C <sub>3</sub>	<u>310</u>	<u>290</u>	<u>340</u>	<u>350</u>	<u>380</u>	<b><u>380</u></b>
	216	218	225	247	247	229
C <sub>4</sub>	<u>340</u>	<u>310</u>	<u>310</u>	<u>290</u>	<u>330</u>	<u>340</u>
	220	215	207	221	219	217
D <sub>3</sub>	<u>270</u>	<u>280</u>	<u>260</u>	<u>280</u>	-	<u>280</u>
	250	280	260	240	-	253
D <sub>5</sub>	<u>150</u>	<u>250</u>	<u>260</u>	<u>250</u>	<u>200</u>	<u>260</u>
	150	204	230	233	200	212
<b>Максим.</b>	<b><u>400</u></b>	<b><u>380</u></b>	<b><u>390</u></b>	<b><u>500</u></b>	<b><u>380</u></b>	<b><u>500</u></b>
<b>Средний</b>	239	241	236	244	238	240

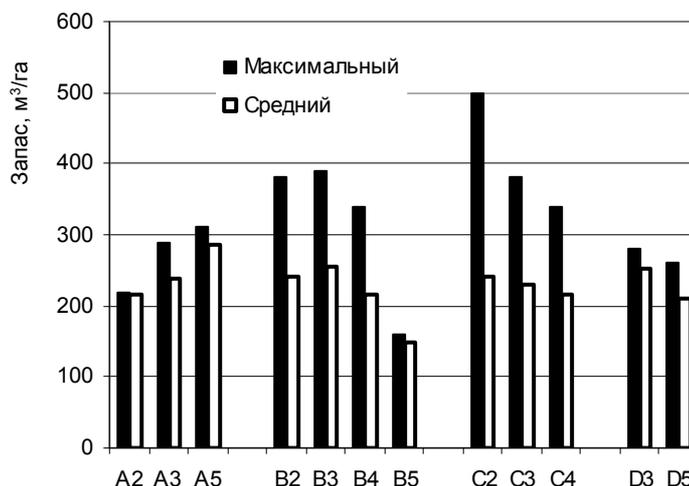


Рис. 4. Средние и максимальные запасы стволовой древесины спелых ельников в разных ТЛУ

Анализ относительных полнот еловых древостоев старше 80 лет (табл. 3) показывает, что преобладающая их часть относится к нижней границе среднеполнотных (0,6–0,7) насаждений. Наиболее производительные ельники в условиях B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> имеют среднюю полноту ниже 0,6.

В целом в древостоях ели средняя относительная полнота составляет 0,62. Еловых древостоев с полнотой 0,9...1,0 по республике всего 9% (рис. 4) и все они относятся к возрастной категории «молодняки».

Таблица 3

**Средние полноты спелых ельников  
по Республике Марий Эл**

ТЛУ	Возраст, лет					Среднее
	80	90	100	110	120	
A <sub>2</sub>	0,60	0,50		0,50		0,53
A <sub>3</sub>	0,60	0,60	0,45		0,50	0,54
B <sub>2</sub>	0,62	0,58	0,52	0,49	0,59	0,57
B <sub>3</sub>	0,63	0,60	0,60	0,58	0,54	0,60
B <sub>4</sub>	0,63	0,52	0,60	0,60	0,55	0,58
B <sub>5</sub>	0,60	0,50	0,60			0,58
C <sub>2</sub>	0,58	0,57	0,53	0,54	0,54	0,56
C <sub>3</sub>	0,58	0,54	0,54	0,59	0,58	0,56
C <sub>4</sub>	0,61	0,56	0,53	0,54	0,55	0,56
D <sub>3</sub>	0,63	0,60	0,60	0,60		0,61
D <sub>5</sub>	0,50	0,58	0,63	0,63	0,60	0,59
Среднее	0,60	0,57	0,55	0,56	0,55	0,57

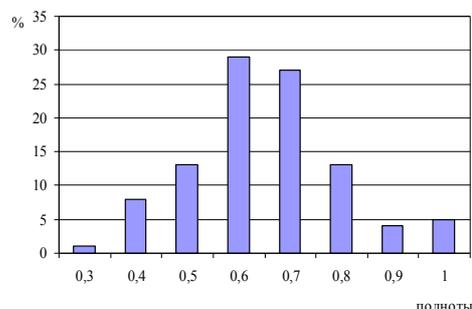


Рис. 4. Распределение площади насаждений ели по полнотам

Снижению полноты также способствует наличие болезней и вредителей, ослабление еловых древостоев сильными ветрами, вплоть до образования ветровальников.

В настоящее время, по данным государственного учета лесного фонда, средний запас ели в спелых насаждениях РМЭ составляет 240 м<sup>3</sup>/га.

В соседних республиках и областях имеются положительные примеры максимальной продуктивности ельников. Так, В. И. Пчелин приводит в своих работах [5, 6] характеристику еловых культур 70-летнего возраста в Татарстане (Арский лесхоз) и Нижегородской области (Сергачский лесхоз), где отмечает высокие полноты и запасы в более чем 600 кубометров ствольной древесины на 1 гектар (табл. 4).

Таблица 4

**Таксационные показатели кулисных культур ели I класса бонитета**

Возраст древостоя, лет	Состав	Кол-во деревьев, шт./га	Средние		Абсолютная полнота, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га
			d, см	h, м		
<b>Арский лесхоз, Республика Татарстан</b>						
50	10Е	1847	17,8	20,2	46,00	495
70	10Е	1431	20,9	23,1	50,10	631
<b>Сергачский лесхоз, Нижегородская область</b>						
Сомкнутый древостой						
70	10Е	1024	25,5	24,9	51,9	660
Изреженный древостой						
70	10Е	385	31,0	25,6	29,2	347

Сопоставляя таксационные показатели приведенных культур данных лесхозов с таблицами хода роста А. В. Тюрина [7], можно констатировать, что ельники Арского и Сергачского лесхозов превысили их параметры.

Для оценки потенциальной продуктивности ельников республики были вычислены потенциальные запасы ствольной древесины спелых еловых насаждений исходя из радиационного баланса и показателя потенциальной продуктивности.

Потенциальная продуктивность ельников в Республике Марий Эл рассчитывалась исходя из общего положения, что продуктивность древостоев в первую очередь связана с

почвенными и климатическими условиями региона. При этом использовалась методика К. Б. Лосицкого и В. С. Чуенкова [3], которые обосновали показатель потенциальной продуктивности леса на единицу тепла (Pr). Величина его является для насаждений отдельной древесной породы в одном и том же возрасте величиной постоянной и не зависит от географического района лесной зоны. Так, для ели приход тепла на поверхность полога в 1 кДж/см<sup>2</sup> в год соответствует приросту по запасу на корню 0,06 м<sup>3</sup>/га в год. Таким образом, средний потенциальный прирост и запас древесины в ельниках Республики Марий Эл изменяется в соответствии с картой радиационного баланса [8] (рис. 5).

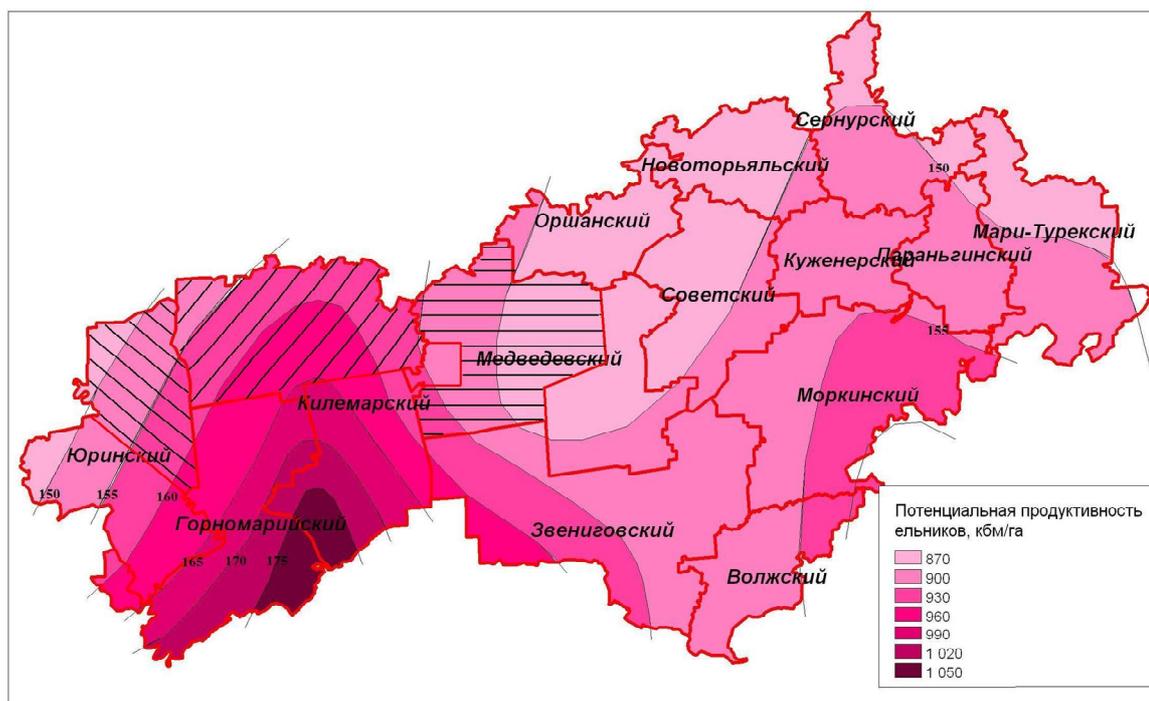


Рис. 5. Карта потенциальной продуктивности еловых насаждений на территории Республики Марий Эл (штриховкой обозначены наиболее перспективные площади для выращивания ели по почвенным условиям)

Данная карта потенциальной продуктивности не противоречит таблицам хода роста ельников. Основываясь на умеренных цифрах потенциальных запасов и распределения насаждений древесных пород по типам лесорастительных условий, можем дать прогноз оптимальной площади ельников в лесном фонде лесничеств. При определении этого показателя запас и продуктивность ели брались для возраста 100 лет (табл. 5).

Таблица 5

**Потенциальная продуктивность ельников Республики Марий Эл при Pr=0,06 м<sup>3</sup>/га/год**

Радиационный баланс (R), кДж/см <sup>2</sup> /год	Средний годичный прирост (Z), м <sup>3</sup> /га	Потенциальный средний запас в возрасте 100 лет (M), м <sup>3</sup> /га
145	8,7	870
150	9,0	900
155	9,3	930
160	9,6	960
165	9,9	990
170	10,2	1020

В качестве прогнозного показателя оценки почвенных условий принимался коэффициент экологического соответствия ( $K_{ЭС}$ ). Он вычислялся как отношение величины запаса на корню в возрасте спелости к запасу насаждений на почвах наиболее высокого плодородия, обеспечивающих выращивание насаждений наивысшей продуктивности.

Таблица 6

**Потенциальные запасы стволовой древесины в 100-летних ельниках по ТЛУ и R в лесном фонде Республики Марий Эл**

ТЛУ	Максим. фактич. запас в 100 лет, м <sup>3</sup> /га	$K_{ЭС}$	R, кДж/см <sup>2</sup> /год					
			145	150	155	160	165	170
A <sub>3</sub>	210	0,538	470	480	500	520	530	550
B <sub>2</sub>	380	0,974	850	880	910	940	960	990
B <sub>3</sub>	380	0,974	850	880	910	940	960	990
B <sub>4</sub>	290	0,744	650	670	690	710	740	760
B <sub>5</sub>	160	0,410	350	370	380	390	410	420
C <sub>2</sub>	<b>390</b>	<b>1,000</b>	<b>870</b>	<b>900</b>	<b>930</b>	<b>960</b>	<b>990</b>	<b>1020</b>
C <sub>3</sub>	340	0,872	760	780	810	840	860	890
C <sub>4</sub>	310	0,795	690	720	740	760	790	810
D <sub>3</sub>	260	0,667	580	600	620	640	660	680
D <sub>5</sub>	260	0,667	580	600	620	640	660	680

Сравнение фактической продуктивности с минимальной потенциальной («пессимистический» вариант) показывает значительные резервы, имеющиеся у лесного хозяйства республики при выращивании еловой древесины. Целенаправленная работа по достижению на практике минимальных потенциальных запасов ельников к 100-летнему возрасту (см. выделенную колонку табл. 6) в существующих средневозрастных ельниках позволит, как минимум, вдвое увеличить объемы выращиваемой древесины.

Лесной фонд республики имеет 498,6 тыс. га, или 47,7% площади, отнесенной к ТЛУ B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>. Это резерв для выращивания ельников.

Недоиспользование таких площадей можно видеть на примере указанных выше шести «еловых» лесничеств. Из 221,9 тыс. га площадей свежих и влажных суборей и сураменей ельниками представлены лишь 62,8 тыс.га. На спелые еловые древостои приходится 18,9 тыс. га; приспевающие – 11,2 тыс. га, средневозрастные – 4,4 тыс. га, 6,0 тыс. га ельников в возрасте 21–40 лет, на этапе прочисток 9,5 тыс. га и 12,7 тыс. га находится на ранней стадии развития молодняков. Остальные площади заняты березой, осинкой и сосной (рис.6). Только за счет осинников можно увеличить площади еловых древостоев с реконструкцией молодняков на 3,7 тыс. га на этапе до 20 лет, в том числе на 1,7 тыс. га до 10 лет. Аналогично за счет березняков – 19 тыс. га. Однако березняки здесь могут давать высококачественный фанерный кряж. Поэтому однозначных решений по их поводу нет. Значительный резерв для восстановления ельников имеется в перестойных мелколиственных насаждениях березы (23,0 тыс. га) и осины (10,8 тыс. га). К возрасту спелости в осинниках (их в возрасте 21–60 лет около 11,9 тыс. га) и березняках (27,6 тыс. га) при наличии подроста ели чересполосно-постепенными рубками следует переводить в еловое хозяйство.

Имеющиеся площади ельников распределены неравномерно по группам возрастов. Так, через 20 лет площади спелых ельников уменьшатся вдвое, а в последующее 20-летие еще в два раза. Это приведет к дефициту еловой древесины в республике и может

сказаться на обеспеченности еловыми балансами Волжского ЦБК. Поэтому создание надежной постоянной базы для производства еловых балансов для лесного хозяйства республики является одной из важнейших задач ближайшего времени.

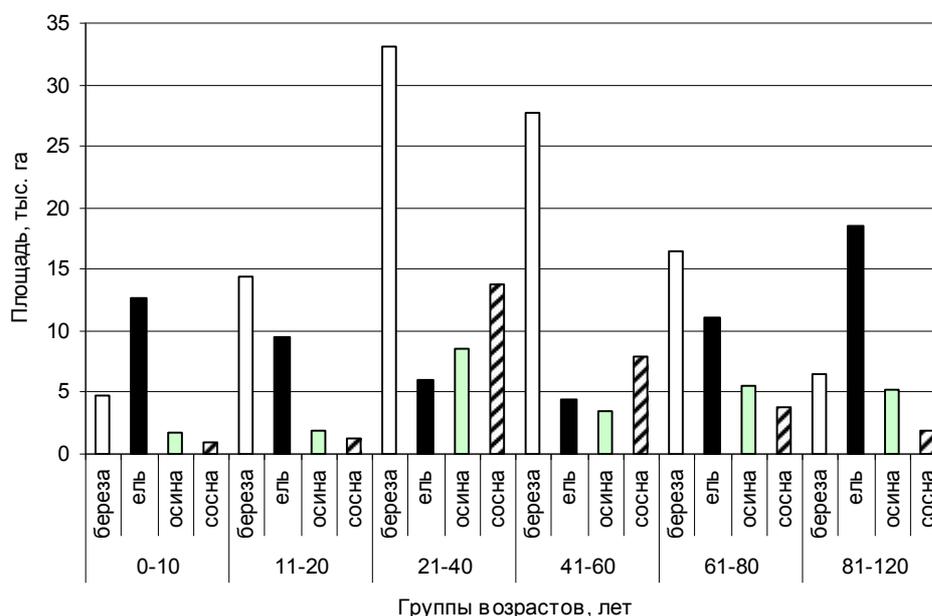


Рис. 6. Площади древостоев с преобладанием древесных пород в свежих и влажных суборях и сурамях в Килемарском, Советском, Моркинском, Кузенерском, Зеленогорском, Оршанском лесничествах

Основанием для рекомендаций по созданию такой базы в виде плантационных культур ели служат опытные объекты, переданные кафедре лесоводства В. И. Пчелиным (работа начата под его руководством в 1985 году). В плантационных культурах ели, расположенных в кв.11 Пектубаевского лесного участка Новоторьяльского участкового лесничества Новоторьяльского лесничества в 1985 году (возраст ели 17 лет), были проведены рубки ухода разной интенсивности (табл. 7). Вариант 1 – с вырубкой одного ряда через ряд (интенсивность выборки 50 %). Вариант 2 – рубка двух смежных рядов через 1 ряд (интенсивность выборки 67 %). Вариант 3 – контроль. Вариант 4 – рубка двух смежных рядов через 2 ряда (интенсивность выборки 50 %). Вариант 5 – равномерное изреживание (интенсивность выборки 50 %). Каждый вариант имел двукратную повторность с площадью по 0,5 га [9].

Таблица 7

Общая таксационная характеристика ельника липового через 20 лет после проведения лесоводственных уходов

Вариант - повторность	S, га	Количество стволов, шт. /га		d <sub>1,3</sub> , см	h, м	P абс, м <sup>2</sup> /га	M, м <sup>3</sup> /га	Масса стволовой древесины, т/га
		живые	сухой					
a1 - 1	0,3	1237	627	17,3	16,5	31,3	269	103,6
a1 - 2	0,25	1508	568	16,1	17,5	32,6	282	108,7
a2 - 1	0,26	1327	838	15,5	16,4	27,3	221	75,1
a2 - 2	0,24	1192	671	16,7	17,2	34,6	249	84,6
3 - 1 (К)	0,27	2926	2107	12,7	16,5	40,7	338	132,8
3 - 1 (К)	0,24	2733	1963	13,6	16,7	43,6	358	140,7
a4 - 1	0,25	1560	904	15,7	16,7	32,4	209	72,9
a4 - 2	0,25	1444	616	15,4	17,0	29,2	262	91,4
a5 - 1	0,27	1589	848	16,3	17,9	35,3	287	104,4
a5 - 2	0,25	1808	720	14,9	16,9	33,8	271	98,6

Все проведенные уходы снизили запас стволовой древесины, в то время как на контроле, участках, не тронутых рубкой, запас оказался самым большим. Плотность древесины, определенная по методике О. И. Полубояринова [10,11], утвержденной затем как ОСТ 81-119-79, оказалась достоверно большей при наивысшей густоте, которую имел «контроль». При густоте 2,53 тыс. стволов на гектар плотность древесины оказалась самой высокой –  $443,9 \pm 22,95 \text{ кг/м}^3$ . Во всех остальных вариантах рубок плотность не превышала  $361,2 \pm 6,86 \text{ кг/м}^3$ . При этом масса стволовой древесины к возрасту древостоя 40 лет на контроле оказалась наибольшей, превышающая предыдущее значение в первом варианте ухода на 24 тонны. Судя по таблицам хода роста, запас в  $358 \text{ м}^3/\text{га}$  характерен для 1а класса бонитета при наивысшей полноте. Для выращивания баланса все эти показатели являются наиболее желательными, а условия произрастания использованы наиболее полно. Даже при угрозе поражения корневой губкой эти насаждения способны до своего распада дать товарную продукцию.

Кроме того, при проведении рубок ухода в молодняках лесное хозяйство несет затраты, поскольку древесина от прочисток не находит сбыта. Древостой же, не подвергавшийся рубкам ухода, имеют значительно большую массу стволовой древесины. При 40-летнем обороте рубки можно обеспечить ежегодную потребность в еловом балансе ( $600 \text{ тыс. м}^3$ ) Волжского ЦБК, имея 80 тыс. гектар плантаций еловых насаждений. Это вполне реально сделать в свежих и влажных субориях и сураменях на базе шести лесничеств: Килемарского, Советского, Моркинского, Куженерского, Зеленогорского, Оршанского.

#### **Выводы.**

1. В целом почвенно-климатические условия РМЭ обуславливают формирование высокопродуктивных ельников в условиях свежих и влажных сураменей и суборей, способных давать более  $600 \text{ м}^3$  стволовой древесины с гектара к 80...100-летнему возрасту. Природный же потенциал ельников используется в настоящее время на 50 и менее процентов. Продуктивность ельников РМЭ может быть увеличена за счет сохранения и воспитания высокополнотных древостоев. Это значит, что следует отказаться от интенсивных рубок ухода, поддерживая высокую полноту за счет регулирования густоты и состава на этапе молодняков.

2. Наиболее продуктивными еловыми лесами в республике являются ельники, формирующиеся в типах лесорастительных условий В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>. Площади таких земель в республике достигают 498,6 тыс. га, или 47,7% лесопокрытой площади. Использование только пятой части этих площадей в качестве плантационных насаждений с оборотом рубки 40 лет дает возможность получать ежегодно до 400 тыс.  $\text{м}^3$  балансовой древесины.

3. В целом по РМЭ площадь еловых лесов может быть увеличена в четыре раза. Увеличение площадей ели предлагается провести за счет замены березняков и осинников на ельники. Мерами, позволяющими перевести мягколиственные насаждения в еловые, являются: при наличии подростка ели – выборочные рубки, при наличии второго яруса ели – чересполосно-постепенные рубки с сохранением второго яруса. При отсутствии возобновления ели и второго яруса рекомендуется искусственное восстановление ели.

4. По своим природным особенностям специализированными по выращиванию еловой древесины могут быть: территории Килемарского, Советского, Моркинского, Куженерского, Зеленогорского, Оршанского лесничеств.

5. При 40-летнем обороте рубки можно обеспечить ежегодную потребность в еловом балансе ( $600 \text{ тыс. м}^3$ ) Волжского ЦБК, имея 80 тыс. гектар плантаций еловых насаждений. Для этого имеются все необходимые предпосылки.

6. В условиях современного лесопользования создание плантационных культур ели с оборотом рубки 40 лет и отказом от осветлений и прочисток является одним из перспективных направлений обеспечения целлюлозно-бумажной промышленности балансовой

древесиной. Этому может способствовать долгосрочная основа лесопользования, способная привлечь инвестиции для развития лесопромышленного и лесохозяйственного производства, заинтересовать арендаторов в рациональном ускоренном использовании ресурсов древесины, в т.ч. и низкотоварных. В этих условиях у таких арендаторов появится необходимость в устройстве лесохозяйственных дорог, содержании лесной инфраструктуры, что позволит лесному хозяйству выйти на новый уровень своего развития.

### Список литературы

1. Шутов, И. В. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / И. В. Шутов, Е. Л. Маслаков, И. А. Маркова [и др.]. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 248 с.
2. Шутов, И. В. Лесосырьевые плантации: возможности и перспективы / И. В. Шутов, Е. Л. Маслаков, И. А. Маркова // Лесная промышленность. – 1995. – №1. – С. 29.
3. Лосицкий, К. Б. Эталонные леса / К. Б. Лосицкий, В. С. Чуенков. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 191 с.
4. Данилов, М. Д. Леса Марийской АССР / М. Д. Данилов // Леса Северной и Средней Тайги Европейской части СССР / Акад. наук СССР. Сибирское отд-е. Ин-т леса и древесины. Т.1. 1966. – С. 378–426.
5. Пчелин, В. И. Ельники и осинники Среднего Поволжья (природные особенности, биоразнообразие и рост древостоев) / В. И. Пчелин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. – 220 с.
6. Пчелин, В. И. Выращивание высококачественной древесины целевого назначения (на примере ельников и осинников Среднего Поволжья) / В. И. Пчелин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 265 с.
7. Тюрин, А. В. Лесная вспомогательная книжка / А. В. Тюрин, И. М. Науменко, П. В. Воропанов. – М.: Гослестехиздат, 1945. – 408 с.
8. Экология ландшафтов Волжского бассейна в системе глобального изменения климата / Отв. ред. д. б. н. Розенберг Г. С., д. геогр. н. Коломыц Э. Г. Нижегород. ун-т, Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Волго-Вятского территориального управления. Интер-Волга, 1995.
9. Глушкова, Ю. П. Состояние лесных культур ели плантационного типа после рубок ухода / Ю. П. Глушкова, В. И. Пчелин, Е. И. Патрикеев, С. А. Денисов и др. // Наука в условиях современности: сборник статей. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – С. 6–9.
10. Полубояринов, О. И. Оценка качества древесного сырья: учеб. пособие / О. И. Полубояринов. – Л.: ЛТА, 1971. – 70 с.
11. Использование кернов древесины в лесоводственных исследованиях. Методические рекомендации / Составители: Д. П. Столяров, О. И. Полубояринов, Н. Н. Декатов и др. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1988. – 43 с.

Статья поступила в редакцию 22.07.08

*S. A. Denisov, Yu. P. Gloushkova, L. Ye. Tuyeva*

### OPPORTUNITIES AND PROSPECTS OF PLANTATIONAL CULTIVATION OF SPRUCE IN THE REPUBLIC OF MARY EL

*The analysis of potential productivity of fir-groves and opportunities of plantational cultivation of spruce wood is carried out in connection with leasing the forests of the Mary El Republic. The possibility of supplying the Volga CPP with spruce wood of local cultivation is analyzed.*

---

*ДЕНИСОВ Сергей Александрович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой лесоводства МарГТУ. Область научных интересов – лесоведение и лесоводство, биология и экология леса, закономерности естественного возобновления. Автор более 120 публикаций.

*ГЛУШКОВА Юлия Павловна* – инженер лесного хозяйства, ведущий специалист – эксперт отдела использования и воспроизводства лесов Министерства лесного хозяйства Республики Марий Эл. Область научных интересов – плантационное выращивание леса, лесоводство. Автор трех публикаций.

*ТУЕВА Любовь Евгеньевна* – магистр лесного дела. Область научных интересов – лесоведение и лесоводство, модельные леса. Автор двух публикаций.

УДК 630\*160:582.47

*Р. И. Винокурова, О. В. Силкина***РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХВОИ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*ABIES SIBIRICA* L.) И ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PICEA ABIES* L.)**

*Исследовано содержание микроэлементов и хлорофиллов a и b и выявлен общий характер их распределения и соотношения в растущей хвое деревьев ели *Picea abies* и пихты *Abies sibirica*. Установлена их взаимосвязь с параметрами роста хвои первого года вегетации в сезонной динамике. Представлено математическое уравнение, описывающее закономерности изменения содержания микроэлементов и хлорофиллов от динамики ростовых процессов исследованных видов растений. Предложен индекс расчета удельной скорости роста хвои растений *Picea abies* и *Abies sibirica*.*

**Введение.** Оценку физиологического состояния растительного организма проводят по параметрам роста и развития, с учетом степени активности фотосинтетического аппарата, который тесно взаимосвязан с пигментным составом и накоплением биомассы листьев или хвои, а также содержанием микроэлементов. Прирост хвои в длину и по массе происходит за счет активности меристематических тканей, которые составляют очень небольшую часть общей массы растений. Хвоя растений различных климатических зон растет с неодинаковой скоростью, и нередко активизация ее роста происходит с различной интенсивностью.

Продуктивность растений определяется важнейшим процессом синтеза органических веществ – фотосинтезом [1–4]. Выявлено, что в ряде случаев интенсивность фотосинтеза в растении может быть решающим фактором, определяющим скорость накопления сухого вещества. Задача повышения эффективности процесса фотосинтеза в свою очередь требует детального изучения деятельности пигментной системы, выполняющей многообразные функции, связанные с поглощением и трансформацией солнечной энергии. В работе Ю. Е. Андриановой и И. А. Тарчевского [5] показано, что с помощью данных о пигментном составе фотосинтезирующих органов можно определять потенциальную продуктивность лесного фитоценоза. Адаптационные свойства растений, их потенциальная продуктивность в значительной мере зависят от содержания хлорофиллов и обеспечения оптимальных условий для работы фотосинтетического аппарата, что в конечном итоге определяет рост и устойчивость растений [6, 4].

Во многих жизненных процессах, происходящих в растениях на молекулярном уровне, микроэлементы принимают самое активное участие. Действуя через ферментную систему или непосредственно связываясь с биополимерами растений, микроэлементы могут стимулировать или ингибировать процессы роста, развития и продуктивность древесных растений [7].

По своей физиолого-биохимической роли все микроэлементы можно разделить на два основных вида: микроэлементы, непосредственно входящие в состав ферментов, и микроэлементы, опосредованно влияющие на ферментативную активность растения.

К первому виду относятся такие элементы, как Cu, Co, Mn, Zn и Mo. Данные химические элементы входят в состав ферментов и белков, играют значительную роль в жизнедеятельности растения, влияют на процессы фотосинтеза и накопления пигментов в хлоропластах. Микроэлементы Ba, B, Cd, Be, Ag, V, Pb и ряд других оказывают значительное влияние на активность ферментов. Недостаток или полное отсутствие

данных элементов в почве или питательной среде негативно влияет на общий уровень всех физиологических процессов растительного организма.

**Цель** работы состояла в выявлении закономерностей роста и развития фотосинтезирующих органов хвойных деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies*, произрастающих в естественных фитоценозах на фоновых территориях, в связи с особенностями формирования фотосинтетического аппарата и содержания микроэлементов в хвое разных лет вегетации.

**Объектом исследований** служили елово-пихтовые насаждения Республики Марий Эл. Изучение динамики содержания фотосинтетических пигментов и микроэлементов в хвое деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* в связи с ее ростом проводили в 2003–2004 гг.

Описание пробных площадей приведено в работах Р. И. Винокуровой и др. [7]. Отбор проб проводили с 40–50-летних деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* в течение всего периода вегетации с интервалом в две недели. Пробы отбирали в одни и те же дневные часы. Для исследования хвои срезали ветви из верхней, средней и нижней частей кроны деревьев в четырех геодезических направлениях, с последующим разделением на хвою первого-пятого годов вегетации.

При исследовании динамики роста хвои использовали метод средней хвоинки, изложенный в работах А. А. Молчанова и В. В. Смирнова [2].

Для оценки физиологического состояния и развития хвои использовали термин «удельная скорость роста». По полученным первичным данным рассчитывали индекс роста ( $I$ ) и удельную скорость роста ( $\mu$ ) как по длине хвои, так и по ее массе.

Индекс роста по длине хвои ( $I_l$ ) и по массе хвои ( $I_m$ ) в момент времени ( $t_i$ ) определяли по формуле:

$$I_{l(m)} = X_i / X_0, \quad (1)$$

где  $X_0$  и  $X_i$  – значения критерия роста ( $l$  – длина хвои,  $m$  – масса хвои) в начальный момент времени и момент времени  $t_i$  соответственно.

Удельную скорость роста по длине хвои ( $\mu_l$ ) и по массе хвои ( $\mu_m$ ) в момент времени  $t_i$  определяли по формуле:

$$\mu_{l(m)} = (\ln X_i - \ln X_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}), \quad (2)$$

где  $X_i$  и  $X_{i-1}$  – значения критерия роста ( $l$  – длина хвои,  $m$  – масса хвои) в момент времени  $t_i$  и  $t_{i-1}$  соответственно.

Для определения содержания ( $C$ ) хлорофилла а ( $X_{л а}$ ) и хлорофилла b ( $X_{л б}$ ) точную навеску хвои экстрагировали 80%-м раствором ацетона, после чего измеряли оптическую плотность экстракта ( $D$ ) на спектрофотометре СФ 26 на длинах волн 649 и 665 нм. [8]. Измерения проводили в трех биологических и трех аналитических повторностях. Концентрацию хлорофилла а ( $C_{X_{л а}}$ ), хлорофилла b ( $C_{X_{л б}}$ ) и суммарное содержание хлорофиллов ( $C_{X_{л а} + X_{л б}}$ ) рассчитывали по уравнениям Верона [9].

Для проведения химического анализа содержания микроэлементов в образцах хвои исследуемых растений использовали измельченные в зерновой мельнице воздушно-сухие образцы, которые поэтапно озоляли в муфельной печи (300–450<sup>0</sup>С) до получения светлой золы по принятой методике [10, 11]. Для возможности расчета на сухую массу специально определяли зольность растений. Содержание химических элементов (Pb, Mn, Mo, Zn, Co, Cu, B, Ba, Be, V, Ag, Ni, Cd, As) в золе растений определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии (ААС) (спектрометр типа СЭ-1 на базе дифракционного спектрографа ДФС – 458С и регистрирующих устройств типа ФП-4, совмещенных с ПЭВМ), на базе аккредитованной лаборатории экологического контроля Казанского государственного университета (РОСС RU.0001.510958). Суммарная погрешность измерений массовой доли микрокомпонентов не превышала 15%.

Приведенное содержание микроэлемента ( $I_{MЭ}$ ) в определенный месяц вегетации определяли по формуле:

$$I_{MЭ} = X_i / X_0, \quad (3)$$

где  $X_0$  – абсолютное содержание микроэлемента в начале вегетации;

$X_i$  – абсолютное содержание микроэлемента в определенный месяц вегетации.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При исследовании ростовых характеристик хвой пихты и ели выявлены закономерности развития хвой первого года вегетации по длине и накоплению биомассы.

Вначале происходит активное удлинение хвой деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* (рис.1,2). Для хвой деревьев *Picea abies* этот процесс происходит в течение первых 30 суток, причем рост идет по экспоненциальному закону. Удельная скорость роста при этом составляет около  $0,08 \text{ сут.}^{-1}$ . Это означает, что в сутки хвоинки удлиняются в среднем на 8% от начальной длины. После 30 суток удлинение хвой практически прекращается. Для *Abies sibirica* закономерности удлинения хвой несколько другие. Процесс роста хвой в длину более длителен (44 дня) и имеет 2 фазы: более интенсивную в первые 14 суток ( $\mu_1 = 0,11$ ) и менее интенсивную – до 44 суток ( $\mu_1 = 0,04$ ).

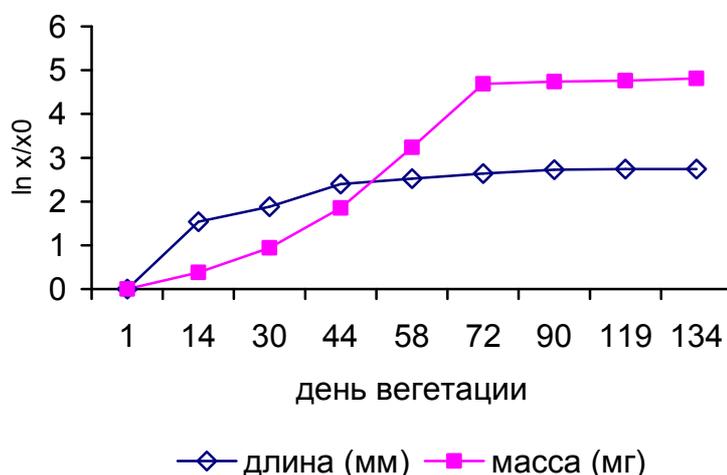


Рис. 1. График скорости относительного удлинения и накопления биомассы хвой первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики

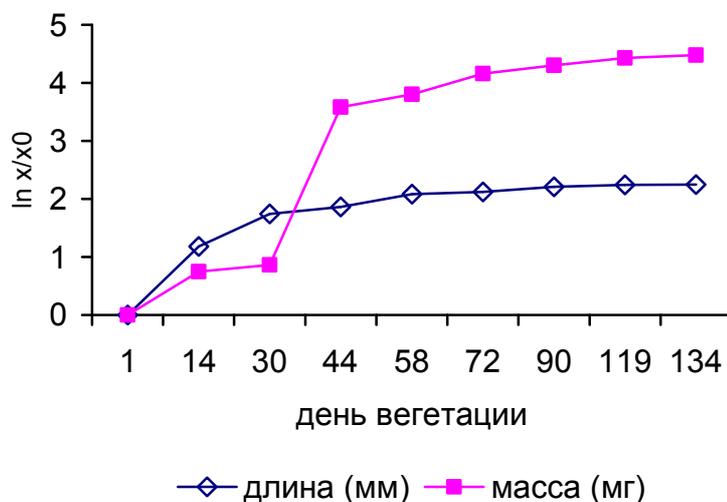


Рис. 2. График скорости относительного удлинения и накопления биомассы хвой первого года вегетации деревьев *Picea abies* в ходе сезонной динамики

Для обоих исследованных видов активное увеличение массы хвои начинается после замедления или остановки относительного роста хвои. Однако динамика этого процесса различна для хвои деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies*. Для *Picea abies* (рис. 1) активное увеличение массы хвои с очень высокой удельной скоростью –  $0,2 \text{ сут}^{-1}$  (20% в сутки) наблюдается в период с 30 по 44 день вегетации.

Далее увеличение массы хвоинок практически заканчивается. Можно предположить, что к этому моменту хвоинка начинает активно функционировать.

Для *Abies sibirica* (рис. 2) к моменту замедления роста хвои в длину скорость увеличения массы возрастает и составляет ( $\mu_m = 0,11 \text{ сут}^{-1}$ ), что примерно в 2 раза ниже, чем максимальная удельная скорость увеличения массы хвоинок у деревьев *Picea abies*.

В целом период увеличения массы хвои для *Picea abies* гораздо меньше, чем для *Abies sibirica* (для *Picea abies* он заканчивается к 44 дню, для *Abies sibirica* – к 72).

Изменение ростовых характеристик хвои приводит к накоплению биомассы, соответственно к увеличению удельной скорости роста (формула 3). Сравнительный анализ фитопродукционной активности двух видов хвойных деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* (табл.1) показал, что удельная скорость роста хвои деревьев *Abies sibirica* в среднем в 1,7 раза выше, чем параметр данной величины для хвои деревьев *Picea abies*.

Таблица 1

Удельная скорость роста хвои первого года вегетации *Abies sibirica* и *Picea abies* в ходе сезонной динамики (2003–2004 гг.)

Дата отбора	День отбора	Удельная скорость роста хвои, мкг/сут.	
		<i>Abies sibirica</i>	<i>Picea abies</i>
15.V	1	1,42 ± 0,06	3,33 ± 0,14
29.V	14	2,81 ± 0,12	0,62 ± 0,20
13.VI	30	11,14 ± 0,47	98,13 ± 4,06
27.VI	44	56,40 ± 2,38	26,41 ± 1,09
10.VII	58	172,92 ± 10,25	57,11 ± 1,36
24.VII	72	13,90 ± 0,58	21,17 ± 0,87
12.VIII	90	3,41 ± 0,14	14,15 ± 0,58
11.IX	119	16,75 ± 0,10	12,72 ± 0,53
14.X	153	5,36 ± 0,22	15,34 ± 0,63
18.I	247	0	0
12.III	301	0	0

Однако в начале вегетации хвоя *Picea abies* активнее накапливает биомассу, удельная скорость роста данного вида хвойных составляет 3,3 мкг/сут. Хвоя деревьев *Abies sibirica* начинает накапливать биомассу менее интенсивно, однако в середине вегетации ее удельная скорость роста составляет 173 мкг/сут.

Полученные в эксперименте данные согласуются с результатами ряда научных исследований [3, 4, 10]. По уровню накопления фотосинтетических пигментов на единицу массы прироста хвои древесные породы хвойных располагаются в убывающем порядке: виды рода *Abies sp.*, рода *Picea sp.* и рода *Pinis sp.* [12].

При рассмотрении не только морфологической, но и физиологической характеристики хвои проведено сопоставление процесса роста хвои и динамики биосинтеза хлорофилла. В связи с этим представлен расчет приведенного содержания хлорофиллов ( $C_{\text{хл}}$ ) в отдельной хвоинке обоих изученных видов. Для растений *Abies sibirica* основной биосинтез хлорофиллов происходит в июле (рис.3).

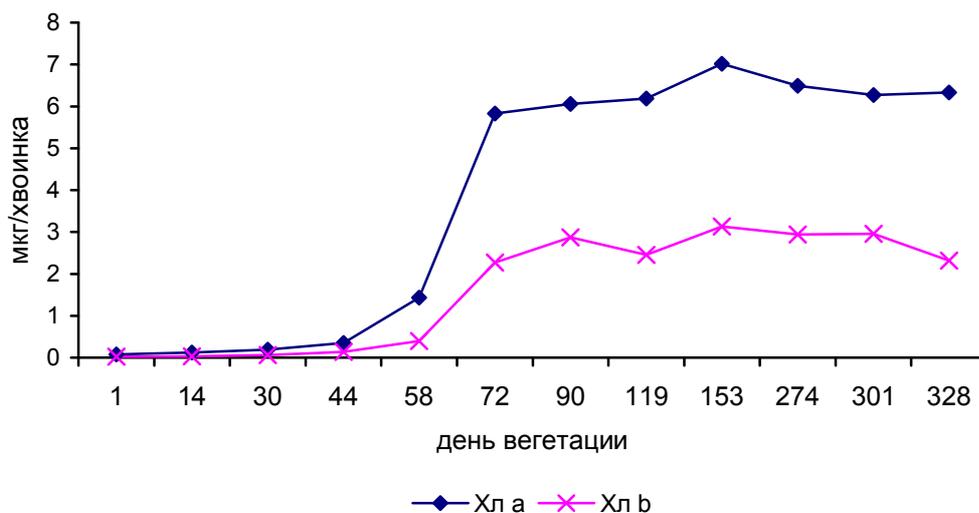


Рис. 3. Сезонная динамика накопления Хл а и Хл б в хвое первого года вегетации *Abies sibirica*

При этом за данный месяц количество Хл а и Хл б в хвое увеличивается в 16 – 17 раз (с 0,35 до 6 мкг и с 0,14 до 2,3 мкг соответственно). Аналогичные исследования для хвоинки *Picea abies* выявили ряд особенностей характера динамики накопления хлорофилла (рис.4).

Интенсивный синтез хлорофилла в хвое *Picea abies* протекает более длительно и начинается раньше – с середины июня до середины сентября. При этом вначале синтезируется Хл а. В конце периода накопления основного фотосинтетического пигмента начинается синтез Хл б.

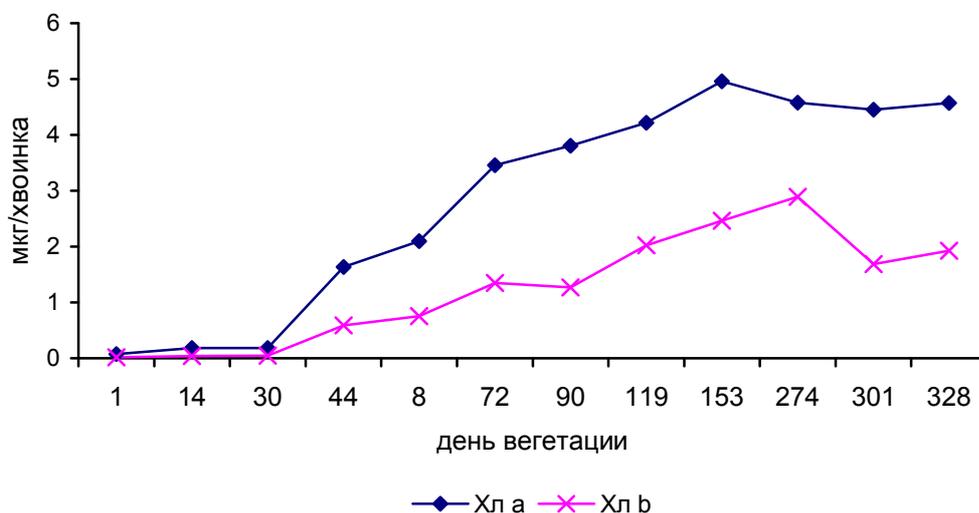


Рис. 4. Сезонная динамика накопления Хл а и Хл б в хвое первого года вегетации деревьев *Picea abies*

В июле (58–72 день вегетации) наблюдается максимальная интенсивность увеличения массы хвои и биосинтеза хлорофилла. Во время интенсивного накопления биомассы хвои происходит увеличение суммарного содержания хлорофиллов, по-видимому, за счет активного синтеза органических метаболитов. С августа (90–119 день вегетации) рост хвои и активный биосинтез хлорофиллов практически прекращается.

Выявлены математические зависимости динамики биосинтеза хлорофилла и изменения ростовых характеристик хвои деревьев *Picea abies* и *Abies sibirica*.

Характер изменчивости приведенных значений содержания Хл а и Хл b и увеличения массы хвои первого года вегетации деревьев *Picea abies* и *Abies sibirica* описывается уравнением:

$$C_{\text{Хл а}} = (a) * I_m^b * \exp(-(c) * I_m) + (m). \quad (4)$$

Наблюдается тесная корреляция скорости биосинтеза фотосинтетических пигментов с накоплением биомассы хвои (табл.2).

Таблица 2

Параметры уравнения зависимости содержания Хл а и Хл b в хвое деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* от увеличения биомассы

Вид дерева	Параметр	Коэффициенты			$\Delta_{\text{max}}, \%$
		a	b	c	
<i>Abies sibirica</i>	$C_{\text{Хл а}}$	0,870	3,361	0,861	4,14
	$C_{\text{Хл b}}$	0,249	4,660	1,209	3,82
<i>Picea abies</i>	$C_{\text{Хл а}}$	0,422	5,686	1,701	1,12
	$C_{\text{Хл b}}$	0,472	2,376	0,735	0,57

Таким образом, в течение июля наблюдается максимальная интенсивность увеличения массы хвои и биосинтеза хлорофиллов. С августа рост хвои и активный биосинтез хлорофиллов практически прекращается.

Выявлены тесные корреляционные связи между изменением приведенного содержания Хл а и Хл b и увеличением массы и длины хвоинки в хвое первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* в ходе сезонной динамики.

В летний период, когда практически отсутствует накопительная динамика прироста хвои по массе, общее содержание хлорофиллов в молодой хвое также снижается. Такая коррелятивная зависимость подтверждается и средними значениями коэффициентов детерминации ( $R^2 = 0,33-0,45$ ) и критериев Фишера ( $F_{\text{факт.}} = 5,65-6,85 > F_{\text{станд.}} = 3,15-3,21$ ).

Коэффициенты уравнения (4) взаимосвязи между приведенными средними значениями содержания хлорофиллов в хвое, а также удельной скоростью прироста по длине и массе хвои в ходе сезонной динамики представлены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты математической модели, характеризующей изменчивость содержания Хл а и Хл b в ходе сезонной динамики в хвое деревьев *Abies sibirica*

Период	Параметр	Коэффициент математической модели			$\Delta_{\text{max}}, \%$
		a	b	c	
Весенний	$C_{\text{Хл а}}$	0,87	3,36	0,86	4,14
	$C_{\text{Хл b}}$	0,25	4,66	1,21	7,82
Летний	$C_{\text{Хл а}}$	0,42	5,69	1,70	1,12
	$C_{\text{Хл b}}$	0,47	2,38	0,74	0,57
Осенний	$C_{\text{Хл а}}$	1,76	1,87	0,56	8,34
	$C_{\text{Хл b}}$	16,56	0,03	0,10	2,98
Зимний	$C_{\text{Хл а}}$	55,81	0,04	0,01	3,55
	$C_{\text{Хл b}}$	16,82	0,48	0,02	5,71

Доверительная вероятность описываемых моделей  $100 - |\Delta_{\text{max}}, \%|$  довольно высока, такие значения подтверждают адекватность приведенных математических моделей.

Характер изменчивости приведенного содержания Хл а и Хл b и приведенных значений увеличения массы хвоинки ( $I_m$ ) для растущей хвои деревьев *Picea abies* на примере летнего периода вегетации (июнь-август) описан следующими уравнениями:

для Хл а ( $C_{Хл а}$ ):

$$C_{Хл а} = (0,453) * I_m^{1,759} * \exp(-(0,018) * I_m) + (0,435); \quad (5)$$

для Хл b ( $C_{Хл b}$ ):

$$C_{Хл b} = (0,520) * I_m^{1,308} * \exp(-(0,009) * I_m) + (0,089). \quad (6)$$

Графическое изображение приведенной математической модели (6) представлено на рис. 5.

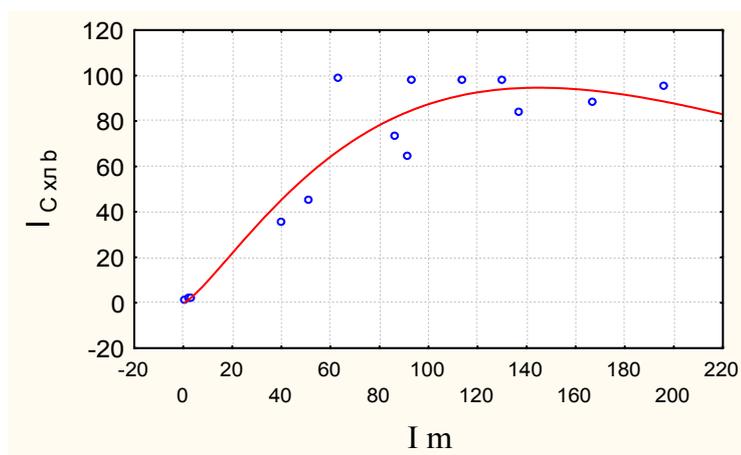


Рис.5. Зависимость изменения приведенного содержания хлорофилла b ( $I_{C_{Хл b}}$ ) от индекса роста по массе ( $I_m$ ) хвои первого года вегетации деревьев *Picea abies* в ходе сезонной динамики (летний период)

Анализ изменения содержания хлорофиллов в сопоставлении с интенсивностью роста хвои показывает, что для *Picea abies* наблюдается тесная корреляция скорости биосинтеза фотосинтетических пигментов с накоплением биомассы хвои в летний период вегетации с июня по август.

Изучение сезонной динамики микроэлементов в хвое первого года позволяет выявить следующие закономерности: максимальное содержание отмечено для двух микроэлементов – Ва и Мп, высокое содержание которых в хвое, по-видимому, связано с почвенно-химическими условиями произрастания изученных видов растений [7]. Минимальное – для As, Cd и Ag, роль которых в функционировании растений не установлена однозначно. В табл. 4 представлено среднее абсолютное содержание микроэлементов в хвое первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies*.

Возможно, столь большой диапазон в содержании микроэлементов в фотосинтезирующем органе связан с различной физиологической значимостью микроэлементов.

Для изучения динамики содержания в хвое микроэлементов, абсолютное количество которых отличается на несколько порядков (табл.4), целесообразно анализировать безразмерные величины ( $C_c$ ), нормированные относительно содержания в начальный период вегетации (6). При рассмотрении характера накопления и распределения микроэлементов в процессе вегетации хвои изученных растений выявлен ряд закономерностей, позволивших охарактеризовать их потребность в процессе фотосинтеза [13, 14].

Таблица 4

**Статистические показатели среднего содержания микроэлементов в хвое  
первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies***

МЭ	Статистические показатели									
	<i>Abies sibirica</i>					<i>Picea abies</i>				
	X	m <sub>x</sub>	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	V, %	X	m <sub>x</sub>	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	V, %
Ba	41,20	11,86	12,68	69,85	58	44,56	9,53	16,06	79,80	22
Mn	15,30	3,735	8,71	25,31	49	17,78	1,62	14,54	23,35	16
B	3,43	0,846	1,70	5,42	49	2,35	0,33	1,61	3,40	27
Cu	5,15	0,220	4,61	5,66	9	1,74	0,23	1,04	2,36	26
Ni	2,32	0,542	1,20	3,83	47	1,82	0,40	0,96	2,81	44
Zn	2,16	0,499	1,21	3,63	46	1,60	0,67	0,68	3,48	83
Pb	0,99	0,347	0,43	1,81	70	0,57	0,07	0,42	0,81	24
Co	0,33	0,062	0,15	0,49	37	0,25	0,06	0,17	0,44	49
Cr	0,52	0,177	0,28	1,05	67	0,59	0,15	0,25	0,98	51
Mo	0,01	0,003	0,01	0,01	78	0,02	0,00	0,02	0,04	29
V	0,05	0,016	0,01	0,08	69	0,17	0,04	0,10	0,27	42
Be	0,07	0,012	0,01	0,25	34	0,04	0,00	0,02	0,04	10
Cd	0,03	0,001	0,01	0,03	35	–	–	–	–	–
Ag	0,01	0,001	0,01	0,02	39	0,00	0,00	0,00	0,01	37

*Примечание:* X – среднее значение; m<sub>x</sub> – стандартная ошибка; X<sub>min</sub> – минимальное значение; X<sub>max</sub> – максимальное значение; V – коэффициент вариации, %

Для сопоставления характера распределения хлорофиллов в хвое деревьев обоих видов и микроэлементного состава хвои в процессе вегетации проведен корреляционный анализ данных параметров (табл. 5). Накопление хлорофиллов наиболее тесно связано с содержанием микроэлементов Cu, Mn, Co, Zn, Mo и B в хвое исследуемых деревьев, что подтверждается достаточно высокими значениями коэффициентов корреляции (R). Максимальные значения R (0,87–0,97) отмечены для Cu. По-видимому, это объясняется тем, что медь входит в состав пластоцианина – белка-переносчика электронов [3, 4].

Таблица 5

**Коэффициенты корреляции взаимосвязи между средним содержанием хлорофиллов (C<sub>хл</sub>)  
и микроэлементов в хвое деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies***

C <sub>хл</sub>	Микроэлемент										
	Zn	Co	Mn	Cu	V	Be	Pb	Ba	Cr	Mo	B
<i>Деревья Abies sibirica</i>											
Хл а	0,77	0,63	0,61	0,91	0,21	0,47	- 0,01	0,33	0,22	0,80	0,61
Хл б	0,62	0,62	0,88	0,89	0,26	0,45	- 0,05	0,27	0,20	0,68	0,65
<i>Деревья Picea abies</i>											
Хл а	0,83	0,66	0,86	0,97	0,34	0,34	0,21	0,19	0,27	0,86	0,59
Хл б	0,77	0,61	0,92	0,81	0,44	0,42	0,14	0,21	0,12	0,77	0,64

С целью исследования влияния микроэлементов на рост и развитие хвои первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* проведен корреляционный анализ между средним содержанием микроэлементов и ростовыми характеристиками хвои деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* (табл. 6).

Таблица 6

Коэффициенты корреляции (R) между средним содержанием микроэлементов и ростовыми характеристиками хвои деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies*

Параметр	Микроэлемент										
	Zn	Co	Mn	Cu	V	Be	Pb	Ba	Cr	Mo	B
Деревья <i>Abies sibirica</i>											
Длина (L)	0,84	0,42	0,84	0,65	0,31	0,52	0,11	0,44	0,14	0,61	0,86
Масса (M)	0,52	0,91	0,98	0,94	0,22	0,44	0,15	0,56	0,18	0,84	0,89
Деревья <i>Picea abies</i>											
Длина (L)	0,92	0,56	0,96	0,77	0,33	0,41	0,27	0,31	0,32	0,67	0,79
Масса (M)	0,44	0,87	0,93	0,97	0,37	0,38	0,24	0,42	0,21	0,92	0,94

Выявлены наиболее тесные связи между содержанием таких микроэлементов, как Zn, B, Mn и увеличением длины хвои ( $R=0,79-0,92$ ), по-видимому, данные микроэлементы накапливаются в период интенсивного увеличения линейных размеров хвои *Abies sibirica* и *Picea abies*. Содержание в растущей хвое микроэлементов Cu, Mo, Mn, B и Co наиболее тесно коррелирует с увеличением биомассы хвои ( $R=0,86-0,98$ ), причем содержание микроэлементов B и Mn коррелирует как с увеличением хвои в длину, так и с накоплением массы ( $R=0,79-0,94$ ;  $R=0,84-0,96$  соответственно).

Характер изменения длины и массы хвои первого года вегетации исследуемых видов растений в зависимости от приведенного содержания микроэлементов, имеющих тесную корреляцию с ростовыми процессами, проведено математическое моделирование изменчивости содержания данных параметров. Представленную математическую модель рассмотрели на примере зависимости характера изменения содержания микроэлемента Mo от динамики накопления массы и увеличения длины хвои деревьев *Abies sibirica*.

Изменение содержания Mo ( $C_{Mo}$ ) от динамики изменения длины (L):

$$C_{Mo} = (0,294) * I_L^{8,071} * \exp(-(2,172) * I_L) + (0,991). \quad (7)$$

Изменение содержания Mo ( $C_{Mo}$ ) от динамики увеличения массы (m):

$$C_{Mo} = (0,180) * I_m^{2,852} * \exp(-(0,334) * I_m) + (0,718). \quad (8)$$

Графическое изображение приведенных математических моделей (7) и (8) представлено на рис. 6 и 7.

Адекватность использованных моделей (7) и (8) подтверждается достаточно низкими значениями максимальной относительной погрешности ( $|\Delta_{max}|$ , %).

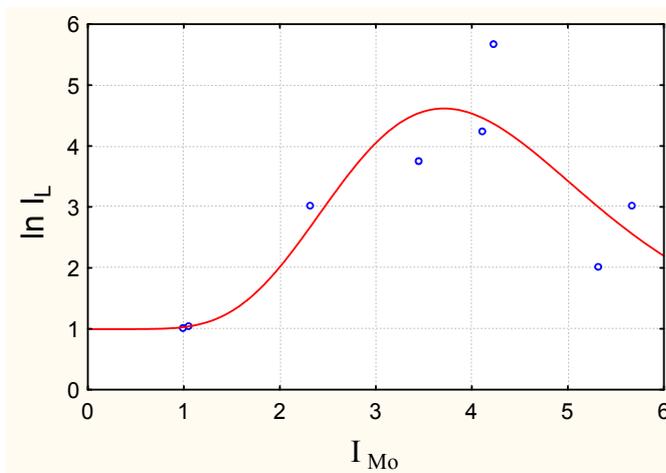


Рис. 6. Изменение содержания микроэлемента Mo в зависимости от изменения длины (L) хвои первого года вегетации деревьев *Abies sibirica*

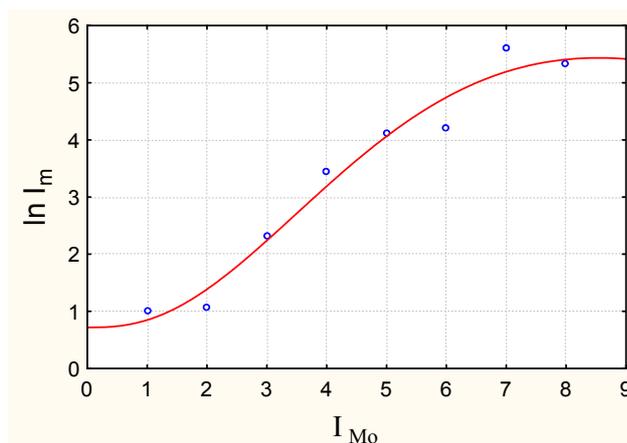


Рис. 7. Изменение содержания микроэлемента Мо в зависимости от увеличения массы ( $m$ ) хвои первого года вегетации деревьев *Abies sibirica*

**Выводы.** Для темнохвойных лесов фоновых территорий Республики Марий Эл проведено комплексное исследование ростовых характеристик, фотосинтезирующей активности и микроэлементного состава хвои первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies*.

Закономерности роста хвои обоих изученных видов деревьев одинаковы – сначала происходит рост хвоинок в длину, а затем увеличение их массы. Однако для деревьев *Picea abies* увеличение массы происходит быстрее, но в более короткий срок, для *Abies sibirica* более длительно, но с меньшей скоростью.

Проведена оценка содержания хлорофиллов и выявлено, что интенсивный их биосинтез в хвое *Abies sibirica* продолжается относительно короткое время – всего месяц. В то же время в хвое деревьев *Picea abies* активное увеличение содержания хлорофиллов идет достаточно долго (3 месяца).

Динамика биосинтеза хлорофиллов для двух видов хвойных деревьев тесно коррелирует с увеличением массы хвои и ее удельной скоростью роста.

Исследование содержания микроэлементного состава хвои первого года вегетации деревьев *Abies sibirica* и *Picea abies* выявили большую (на несколько порядков) изменчивость этого содержания, связанную, по-видимому, с их различной физиологической значимостью и свидетельствующую об эволюционной отработанности накопления микроэлементов фотосинтезирующими органами хвойных в зависимости от их физиологической роли.

Выявлены общие закономерности процесса накопления микроэлементов в зависимости от ростовых процессов и содержания зеленых пигментов хвои, что открывает новые возможности управления продуктивностью, поскольку микроэлементы могут выступать как специфические и неспецифические регуляторы обмена веществ в растении.

#### Список литературы

1. Бобкова, К. С. Состояние лесов в зоне влияния Сыктывкарского лесопромышленного комплекса / К. С. Бобкова, Ю. А. Паутов, Н. А. Терещук // Лесной журнал. – 1997. – № 5. – С. 84–88.
2. Молчанов, А. А. Методика изучения прироста древесных растений / А. А. Молчанов, В. В. Смирнов. – М.: Наука, 1967. – 99 с.
3. Ничипорович, А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А. А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 7–33.
4. Сафина, Н. И. Хлорофилльный фотосинтетический потенциал как показатель продуктивности

посевов и его дистанционное определение / Н. И. Сафина // Тр. Конференц. молодых ученых и специалистов Ин-та почвоведения и фотосинтеза АН СССР. – Пущино, 1985. – Ч. 1. – С. 35. (Деп. в ВИНТИ. 22.07.85, № 5301–85).

5. Андрианова, Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю. Е. Андрианова, И. А. Тарчевский. – М.: Наука, 2004. – 135 с.

6. Робакидзе, Е. А. Качественный и количественный состав углеводов в формирующейся хвое ели сибирской / Е. А. Робакидзе, А. И. Патов // Физиология растений. – 2000. – Т. 47, №2. – С. 248–254.

7. Винокурова, Р. И. Роль растений елово-пихтовых лесов в миграции химических элементов / Р. И. Винокурова, О. В. Андриянова, И. Ю. Волкова и др. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 196 с.

8. Канаш, Е. В. Изменение продуктивности и содержания пигментов у растений фасоли при ультрафиолетовом стрессе / Е. В. Канаш // Фотосинтез и продуктивность растений / ВАСХНИЛ. Всерос. отд-ние НИИСХ Юго-Востока. – Саратов, 1990. – С. 86–89.

9. Карасев, В. Н. Физиология растений: учеб. пособие / В. Н. Карасев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 304 с.

10. Атомно-адсорбционный метод определения токсичных элементов (Межгосударственный стандарт). – Минск: Изд-во стандартов, 1997. – 12 с.

11. Сборник методик по определению тяжелых металлов в почвах, тепличных грунтах и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1998. – 98 с.

12. Осторошенко, В. В. Бальзамопродуктивность пихты белокорой / В. В. Осторошенко // Информ. листок. – Хабаровск: ЦНТИ, 1996. – № 39–96. – 4 с.

13. Силкина, О. В. Характеристика фотосинтетической активности и микроэлементного состава формирующейся хвои Пихты сибирской (*Abies sibirica*) в процессе вегетации / О. В. Силкина, Е. А. Богатырева, Р. И. Винокурова // Материалы Всероссийской заочной науч.-практ. студ. конференции «Химия и лес». – Йошкар-Ола, 2005. – С. 59–63.

14. Силкина, О. В. Эколого-физиологическое состояние формирующейся хвои деревьев и растений подроста *Abies sibirica* и *Picea abies* / О. В. Силкина, Р. И. Винокурова, А. И. Винокуров, В. З. Латыпова // Вестник Северо-Кавказского гос. тех. университета. – Ставрополь, 2006. – № 2. – С. 46–51.

Статья поступила в редакцию 09.07.08

**R. I. Vinokurova, O. V. Silkina**

#### **GROWTH CHARACTERISTICS OF *ABIES SIBIRICA* L. AND *PICEA ABIES* L. NEEDLES**

*The contents of microelements and chlorophylls a and b is investigated and common character of their distribution and a ratio in growing Picea abies and Abies sibirica needles is revealed. Their interrelation with the parameters of growth of the first year of vegetation needles in seasonal dynamics is revealed. The mathematical equation describing the trends of change of microelements and chlorophylls contents depending on the dynamics of the processes of growth in the kinds of plants investigated is submitted. The index of calculation of specific growth rate of needles of Picea abies and Abies sibirica is offered.*

---

*ВИНОКУРОВА Раиса Ибрагимовна* – доктор биологических наук, профессор кафедры химии МарГТУ. Область научных интересов – устойчивое природопользование, биогеохимия, экология и физиология лесных растений. Автор более 150 научных и учебно-методических работ.

*СИЛКИНА Ольга Владимировна* – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры химии МарГТУ. Область научных интересов – экология и физиология лесных растений. Автор 15 научных работ.

## ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА

УДК 630\*372/375

Ю. А. Ширнин, А. Ю. Ширнин

### МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ТРЕЛЕВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

*Описано техническое решение для выполнения комбинированного способа трелевки, представляющее собой энергетический модуль и два сменных технологических для трелевки хлыстов лебедкой к магистральному волоку и сортиментов на лесопогрузочный пункт. Получена формула производительности и графики ее зависимости от параметров машины и лесосеки. Даются рекомендации по режимам работы трелевочной машины с технологическими модулями.*

**Введение.** В связи с истощением лесного фонда, особенно в Европейской части территории Российской Федерации, возникает необходимость вовлечения в эксплуатацию заболоченных лесных массивов с ограниченными возможностями использования на этих площадях колесных и гусеничных движителей. Одним из возможных вариантов освоения заболоченных лесосек может быть применение на трелевке канатных установок. Подобные установки могут также эффективно использоваться при разработке лесосек с целью сохранения территорий от разрушений почвы гусеницами и колесами трелевочных машин.

В связи с этим вопросы ограничения перемещений машин в лесной среде за счет использования комбинированного способа трелевки являются актуальными.

**Целью** настоящей работы является обоснование технологии и режимов работы трелевочной машины со сменными технологическими модулями. Для этого поставлены следующие **задачи**: описать устройство технологических модулей, разработать технологическую схему освоения лесосеки, составить информационно-логическую и математическую модели функционирования модуля, вывести формулу производительности в зависимости от параметров машины и лесосеки, дать рекомендации по целесообразным режимам работы машины со сменными технологическими модулями.

Предложены машина и способ для комбинированной трелевки леса. Машина лесозаготовительная в составе энергетического модуля 1 и двух технологических модулей 5 и 10 (рис. 1, 2). Модуль для трелевки канатом, представляющий собой колесное шасси 4 с лебедкой 6, заезжает по магистральному волоку к очередной пасеке с поваленными деревьями (хлыстами) или с небольшими пачками, приготовленными валочно-пакетирующей машиной. Оператор, управляя манипулятором 2, устанавливает на дереве-мачте отклоняющий блок 3, через который пропущен грузонесущий канат 7, который вручную растаскивается по пасечному волоку до места формирования пачки хлы-

стов (деревьев). Затем чокерами  $\delta$  чокеруются хлысты; включается гидропривод установленной на технологическом модуле лебедки на наматывание грузонесущего каната, хлысты формируются в пачки и подтрелевываются к магистральному волоку, где их отцепляют. Далее цикл повторяется до тех пор, пока не будут подтрелеваны все хлысты с пасеки.

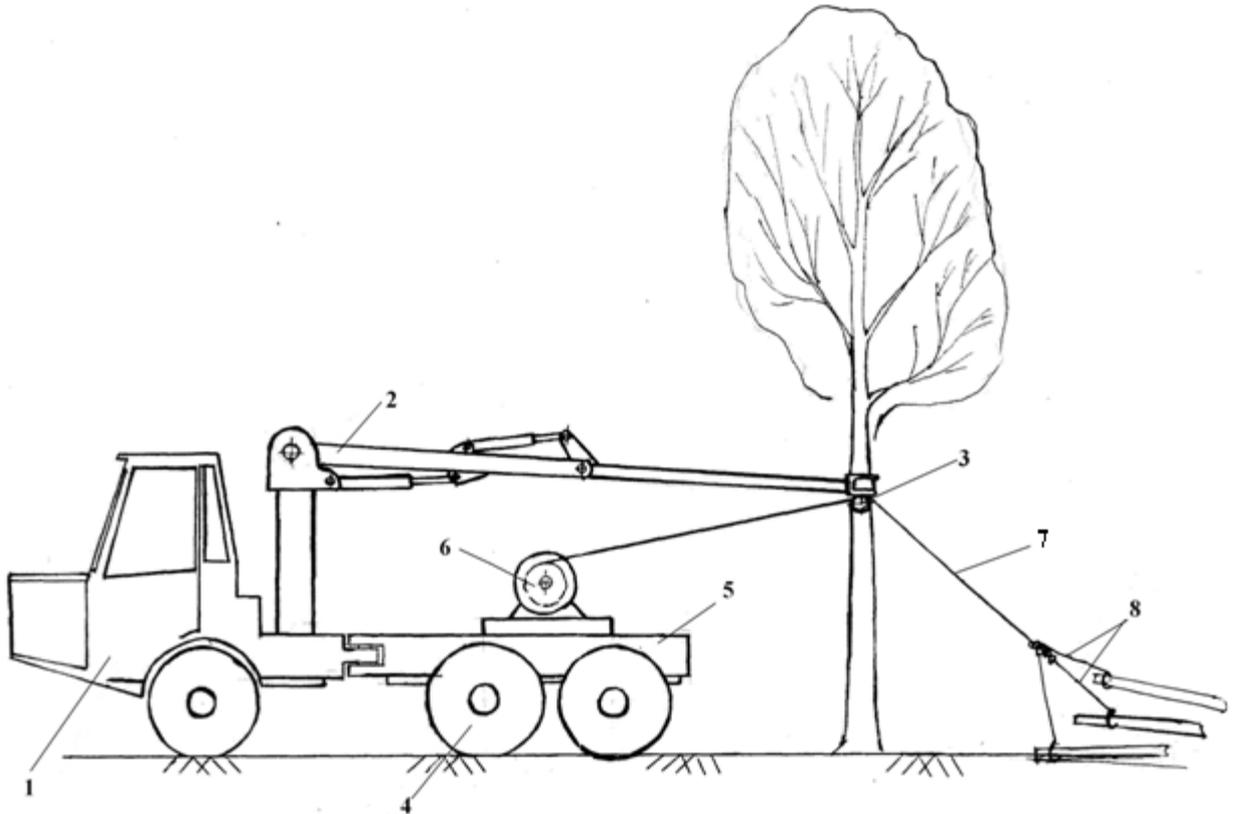


Рис. 1. Машина с модулем, оборудованным лебедкой, для трелевки хлыстов к магистральному волоку

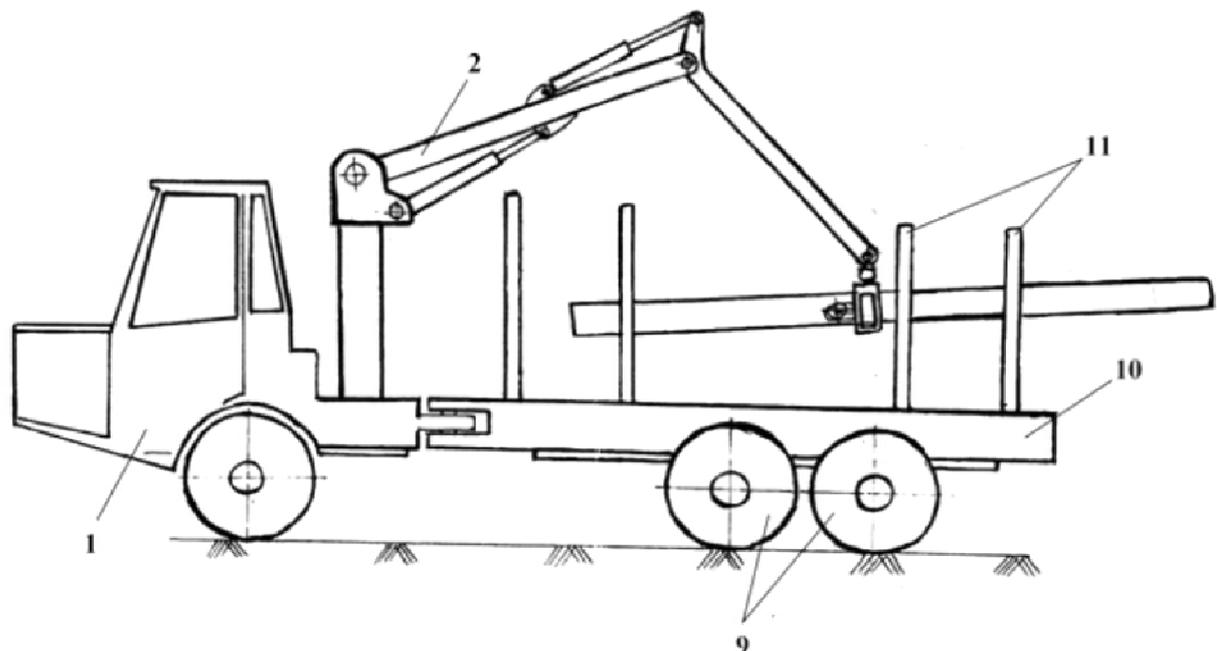


Рис. 2. Машина с модулем, оборудованным грузовым отсеком, для трелевки сортиментов на лесопогрузочный пункт

После окончания трелевки машина переезжает к другой пасеке, и цикл подтрелевки повторяется вышеописанным способом до тех пор, пока не будет подтрелевана вся древесина с пасек, примыкающих к магистральному волоку. Далее в соответствии с технологическим процессом деревья могут очищаться от сучьев, а хлысты раскряжевываться любым из известных способов. В это время лесозаготовительная машина меняет технологические модули на верхнем складе.

Модуль для трелевки сортиментов работает следующим образом. Сортименты грузятся грейферным захватом в грузовой отсек 11 на колесном шасси 9 и транспортируются на верхний склад (лесопогрузочный пункт). Предлагаемый способ позволяет трелевать деревья (хлысты) без заезда трелевочной машины на пасечные волока.

Схема разработки комбинированной трелевки [1] модульного типа представлена на рис. 3. Лесосека 1 разбивается на делянки с границей 2. В данном случае под делянкой понимается часть лесосеки, тяготеющая к одному магистральному волоку. По середине делянки разрубается магистральный волок 3. Делянку в свою очередь разбивают на пасеки 4. По середине пасеки размечают пасечные волоки 5. Валку деревьев проводят обычным способом вершинами к пасечному волоку бензомоторными пилами. Далее у поваленных деревьев обрезают сучья и оставляют хлысты 7. Во время валки, обрезки сучьев и трелевки на делянках сохраняют подрост, либо не подлежащие валке деревья 8 (при несплошных и выборочных рубках). Зачокерованные деревья (хлысты), образуя пачку 10, подтрелевываются к машине 9 лебедкой.

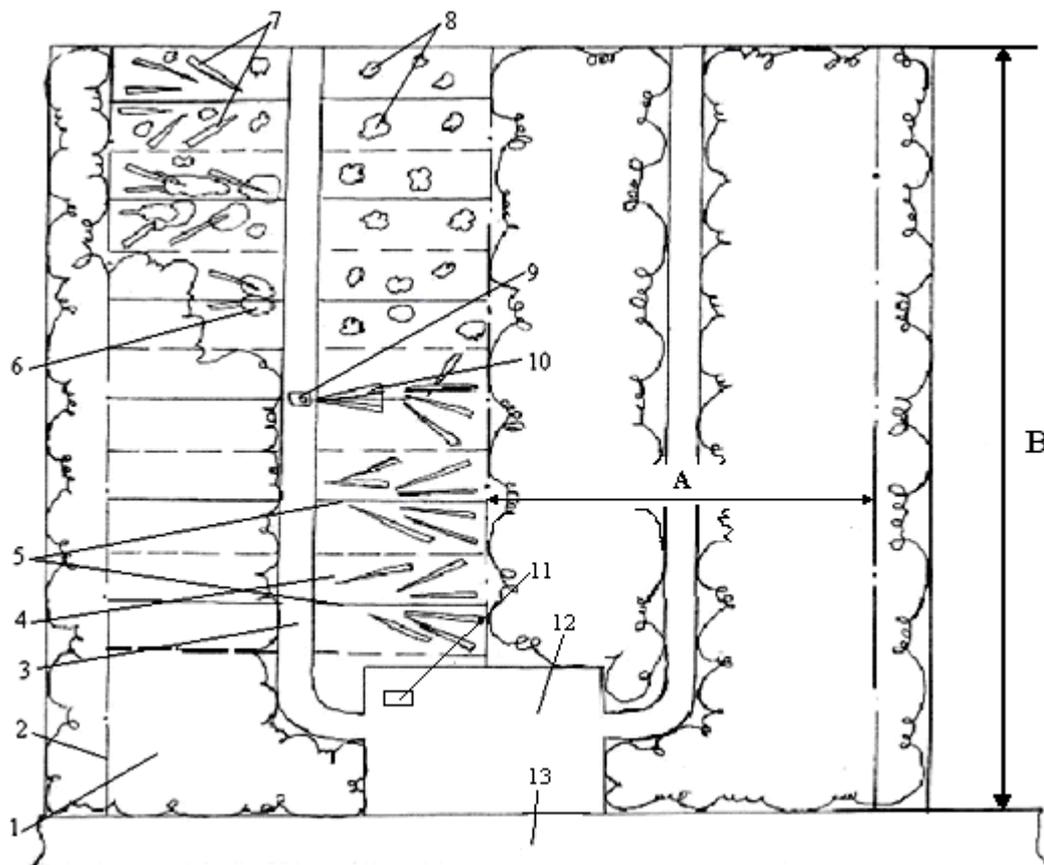


Рис. 3. Схема разработки лесосеки при трелевке комбинированным способом:

1 – лесосека; 2 – граница делянки; 3 – магистральный волок; 4 – пасека; 5 – пасечный волок; 6 – поваленные деревья; 7 – хлысты; 8 – деревья, не подлежащие валке; 9 – первый технологический модуль; 10 – пачка; 11 – второй технологический модуль; 12 – верхний склад; 13 – лесовозный ус

**Математическое моделирование.** В соответствии с методикой, изложенной в работе [2], выполнены последовательно информационно-логическое (рис. 4) и математическое (рис. 5) моделирование процесса трелевки хлыстов при помощи машины с технологическим модулем, оборудованным лебедкой.

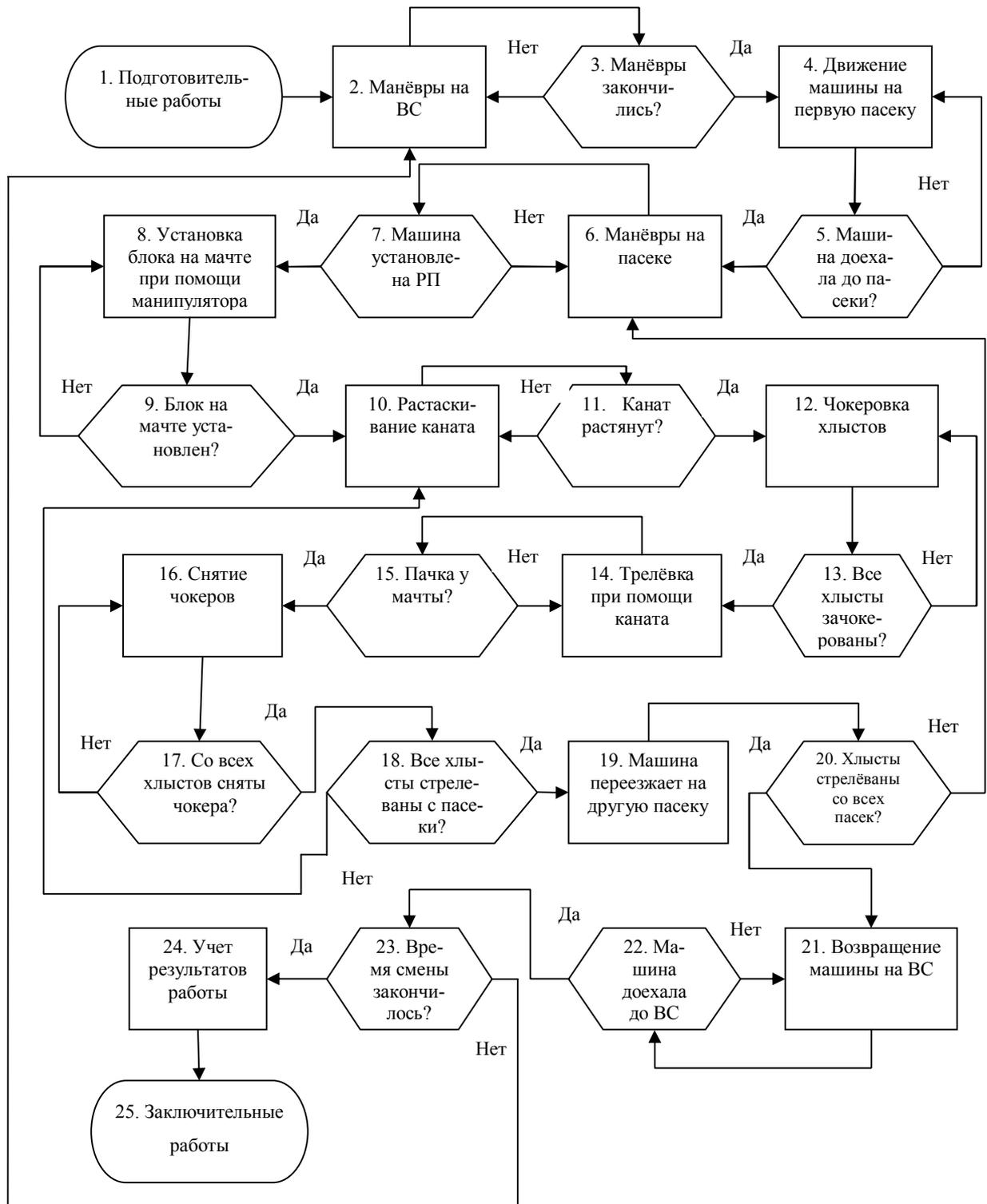


Рис. 4. Информационно-логическая модель трелевки хлыстов к магистральному волоку машиной с модулем, оборудованным лебедкой: РП – рабочая позиция; ВС – верхний склад

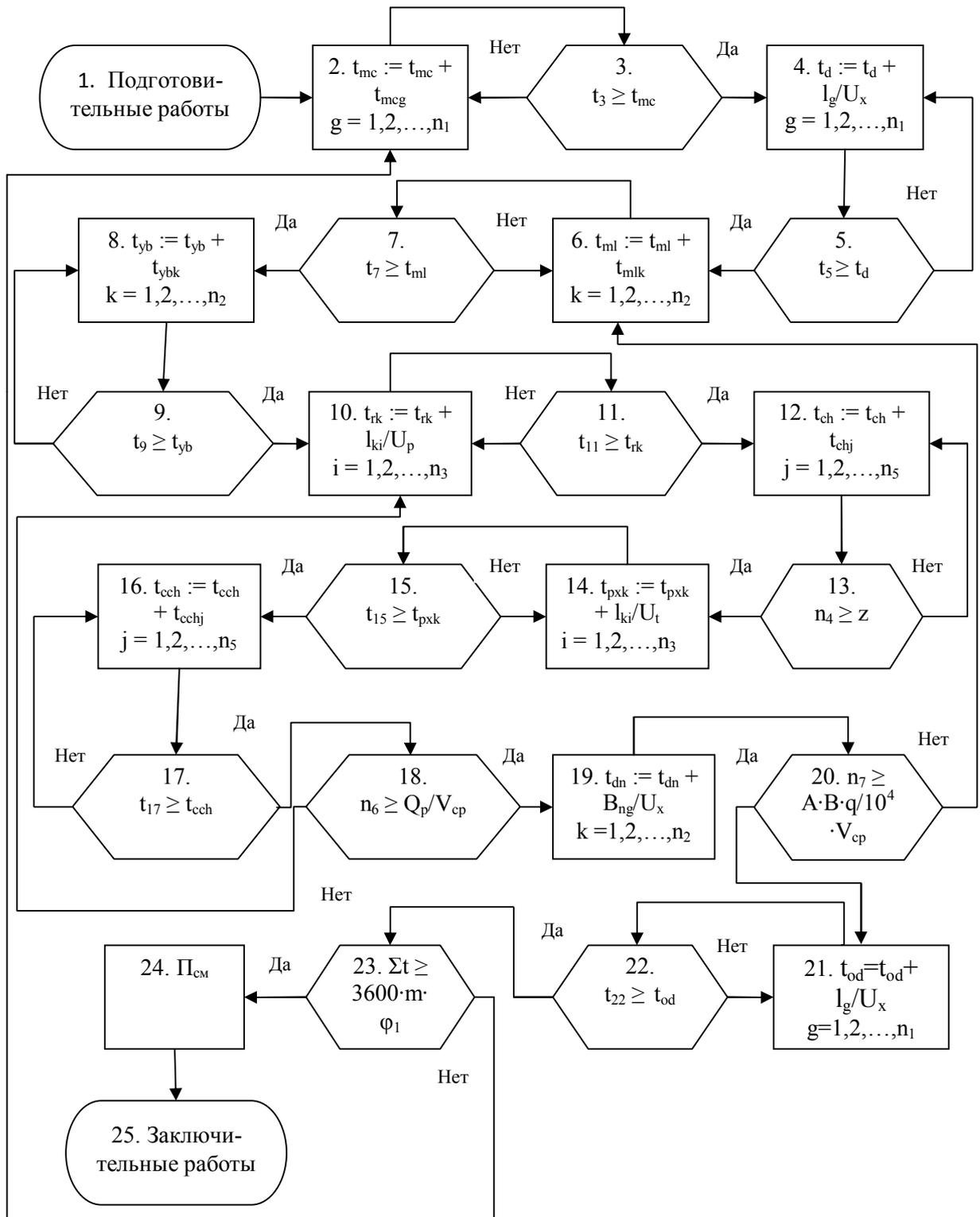


Рис. 5. Математическая модель трелевки хлыстов к магистральному волоку машиной с модулем, оборудованным лебедкой









## ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 628.35

*Д. И. Мухортов, В. В. Ускова*

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ТОКСИЧНОСТИ

*Определены основные параметры технологического процесса переработки осадков сточных вод очистных сооружений канализации червями *Eisenia foetida* (Sav.). Оптимизированы составы субстратов на основе осадков сточных вод и наполнителей, относящихся к категории органических отходов, в зависимости от токсичности ОСВ и температурного режима. Установлены оптимальная плотность посадки червей и продолжительность вермикомпостирования червями одной партии на основании интенсивности переработки отходов рядом поколений червей.*

**Введение.** В настоящее время остро стоит проблема утилизации органических отходов и, в частности, осадков сточных вод (ОСВ) очистных сооружений канализации (ОСК). Применяемые на очистных сооружениях канализации физические, химические и механические методы переработки осадков сточных вод, как правило, связаны со значительными затратами, чрезвычайно энергоемки, требуют больших затрат труда и материальных средств и не всегда обеспечивают экологическую безопасность при их утилизации.

Перспективными являются методы переработки и утилизации осадков сточных вод, основанные на использовании биологических объектов, например червей *Eisenia foetida* (Sav.). Они способны накапливать в теле тяжёлые металлы и переводить их в связанные формы, недоступные для растений, что позволяет расширить спектр применения конечного продукта переработки [1–4].

В настоящее время вопросами вермикомпостирования занимаются малые предприятия, фермерские хозяйства, научно-производственные объединения. Производство и практическое использование вермикомпостов осуществляется во многих случаях без достаточного научно-технологического обеспечения, без надлежащего агрохимического и санитарно-гигиенического контроля [5].

В научной литературе весьма малочисленны и нередко противоречивы данные по агробиологической, эколого-экономической оценке вермикомпостов и их влиянию на плодородие различных типов почв и продуктивность агроценозов. То есть работа в этом направлении находится на этапе накопления экспериментального материала.

Агроэкологические показатели осадков сточных вод различных очистных сооружений канализации имеют существенную вариабельность и зависят от метода очистки сточных вод, типов стоков (коммунальных или промышленных), длительности хранения и многих других факторов. Одним из обобщающих критериев быстрой оценки свойств ОСВ является определение их токсичности общепринятыми методиками. Такая оценка, по нашему мнению, может позволить определить направление выбора основных элементов технологического процесса переработки органических отходов червями *Eisenia foetida* (Sav.).

**Целью** настоящих исследований являлось определение особенностей переработки и утилизации осадков сточных вод, различающихся по токсичности, с помощью навозных червей *Eisenia foetida* (Sav.).

В соответствии с поставленной целью предусматривалось решение следующих **задач**:

- определить токсичность осадков сточных вод различных населенных пунктов и особенности адаптации к ним червей *Eisenia foetida* (Sav.);
- определить виды органических наполнителей и их оптимальную для жизнедеятельности червей *Eisenia foetida* (Sav.) долю в составе субстратов на основе осадков сточных вод, различающихся по токсичности;
- определить порядковый номер поколений червей *Eisenia foetida* (Sav.), позволяющих эффективно перерабатывать субстраты на основе осадков сточных вод;
- определить оптимальную плотность посадки червей *Eisenia foetida* (Sav.) для переработки субстратов на основе осадков сточных вод;
- определить оптимальную долю различных органических наполнителей в субстратах на основе осадков сточных вод при различных температурных режимах вермикомпостирования.

**Методика проведения работ.** Работа проводилась с использованием оборудования ЦКП ЭБЭЭ Марийского государственного технического университета. Объектом исследования являлись осадки сточных вод очистных сооружений канализации г. Йошкар-Олы, смесь сырого осадка сточных вод и избыточного активного ила ГТУП «БОС ОСК» г. Новочебоксарска после 1–2 лет и 5–8 лет хранения и активный ил очистных сооружений канализации г. Козьмодемьянска. Определение класса опасности отходов проводилось согласно методикам определения токсичности водных вытяжек из осадков сточных вод по смертности дафний и биотестирования с использованием семян растений [6, 7].

При постановке экспериментов использовали популяцию червей *Eisenia foetida* (Sav.), изучали их адаптационные способности к субстратам на основе осадков сточных вод, различающихся по токсичности, уточняли технологические параметры вермикомпостирования.

Для определения оптимальных для адаптации навозных червей субстратов на основе осадков сточных вод, различающихся по токсичности, в качестве наполнителей использовали низинный торф, солому, лиственной опад, опилки лиственных пород деревьев, бумажные отходы. Субстраты замешивали в следующих соотношениях 80:20, 60:40, 50:50, 40:60 и 20:80 % от объема. Подготовка субстратов заключалась в тщательном смешивании ингредиентов и закладкой смесей в пластиковые емкости объемом 1 дм<sup>3</sup>. По прошествии 14 дней в предварительно подготовленный и увлажненный субстрат заселяли половозрелых червей из расчета 6 особей на одну емкость. Продолжительность экспозиции составляла в среднем 91 день. Результаты исследований оценивались по плотности популяции, приросту биомассы молоди, приросту общей биомассы попу-

ляции, количеству коконов, количеству и качеству молодых и половозрелых особей навозных червей. Опыты проводились в трех повторностях.

При оптимизации плотности посадки и плотности популяции червей в субстраты на основе осадков сточных вод проводилось заселение червей из расчета 6, 9, 12, 15 и 18 половозрелых особей на 1 дм<sup>3</sup> субстрата.

В период проведения экспериментов влажность субстратов поддерживалась на уровне 80%, рН субстрата составляла 6,5–7,5; температурные колебания составляли в среднем 3–4°C. При изучении влияния температуры на продукционные характеристики навозных червей температурный режим был следующим: с 19.05 по 18.08 температура составила 15–17°C, с 11.08 по 10.11 – 16–18°C, с 17.11 по 9.02 – 20–23°C и с 13.03 по 14.06 – 22–25°C.

**Анализ результатов.** Как показали исследования, содержание тяжелых металлов в осадках сточных вод различных городов неодинаково (табл. 1). Это обусловлено различным составом промышленных объектов, численностью населения городов и методом обработки сточных вод.

Таблица 1

**Содержание валовых форм тяжелых металлов в осадках сточных вод городов, различающихся по составу промышленных объектов**

Место образования ОСВ / срок хранения	Содержание валовых форм тяжелых металлов, мг/кг					
	Cu	Pb	Mn	Ni	Cd	Zn
г. Йошкар-Ола / свежие	112,0	27,6	155,3	25,6	1,43	303,6
г. Козьмодемьянск / свежие	31,6	10,8	109,0	5,4	1,2	183,7
г. Новочебоксарск / (5–8 лет)	122,0	28,0	62,0	22,8	3,6	420,0
г. Новочебоксарск / (1–2 года)	233,1	65,8	145,6	105,8	24,1	872,8
НСП <sub>05</sub>	4,18	17,19	6,58	27,07	16,24	4,75

Так как содержание тяжелых металлов не в полной мере отражает токсичности осадков сточных вод, было произведено биотестирование с использованием различных тест-объектов для определения класса опасности отходов (рис. 1). Тестирование показало, что осадки сточных вод очистных сооружений канализации г. Йошкар-Олы и смесь сырого осадка сточных вод и избыточного активного ила РГУП «БОС» г. Новочебоксарска после 5–8 лет хранения относятся к IV классу опасности. Причем данные по осадкам сточных вод г. Йошкар-Олы лежат в верхней, а г. Новочебоксарска – в нижней границе предела. При этом между численными характеристиками присутствует достоверное на пятипроцентном уровне значимости различие. В связи с этим для удобства дальнейшего анализа IV класс опасности условно разделили на две подгруппы А и Б и отнесли осадки сточных вод очистных сооружений канализации г. Йошкар-Олы к IV<sup>б</sup> классу токсичности, смесь сырого осадка сточных вод и избыточного активного ила РГУП «БОС» г. Новочебоксарска после 5–8 лет хранения – к IV<sup>а</sup> классу токсичности, активный ил очистных сооружений канализации г. Козьмодемьянска – к V классу токсичности и смесь сырого осадка сточных вод и избыточного активного ила РГУП «БОС» г. Новочебоксарска после 1–2 лет хранения – к III классу опасности.

Тест-объект	Класс опасности ОСВ					
	Граница классов	III	Граница классов	IV	Граница классов	V
Дафнии	ЛКР=0,1	№4   0,44	ЛКР=0,91	№1   0,97    №3   1,02	ЛКР=1,1	№2   -
Редис	ИТФ=0,50	№4   0,66	ИТФ=0,71	№1   0,73    №3   0,89	ИТФ=0,90	№2   0,92
Овес		№4   0,56		№1   0,72    №3   0,88		№2   0,96

Рис. 1. Результаты биотестирования осадков сточных вод

- №1 – номер осадков сточных вод (1 – г. Йошкар-Ола; 2 – г. Козьмодемьянск; 3 – г. Новочебоксарск, 5–8 лет хранения; 4 – г. Новочебоксарск, 1–2 года хранения);  
0,72 – значение показателя токсичности осадков сточных (ЛКР – летальная кратность разбавления; ИТФ – индекс фитотоксичности)

Предварительная серия экспериментов показала достоверное на пятипроцентном уровне значимости влияние токсичности осадков сточных вод на показатели состояния червей. Осадки III и IV<sup>a</sup> класса опасности не являются витальной средой для червей. При исследовании ОСВ IV<sup>b</sup> и V класса опасности было зафиксировано, что из 100% заселенных в субстрат червей в ОСВ IV<sup>b</sup> класса опасности выживает 5%, а в V – 95%. Это говорит о том, что неподготовленные осадки сточных вод не являются благоприятной средой для жизнедеятельности червей и их переработка вермикомпостированием невозможна.

Многие исследователи рекомендуют перед переработкой органических отходов добавлять к ним наполнители [1–3, 8–10]. В качестве наполнителей используют измельченную солому, древесные опилки, макулатуру, торф, пищевые отходы и т.п.

При проведении экспериментов осадки сточных вод были смешаны с наполнителями, которые характеризуются в отличие от ОСВ низкой влажностью, крупной структурой и широким отношением C:N. Изучение состояния червей после переработки субстратов в вермикомпост показало, что применение различных видов наполнителей в субстратах на основе осадков сточных вод очистных сооружений канализации оказывает достоверное на пятипроцентном уровне значимости ( $F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}}$ ) влияние на основные показатели состояния червей (табл. 2).

В целом при добавлении к осадкам сточных вод всех видов наполнителей происходит увеличение плотности популяции. Существенные различия данного показателя наблюдаются между всеми опытными вариантами ( $F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}}$ ). Наибольшая плотность популяции зафиксирована в субстратах, содержащих такие наполнители, как листовой опад, бумажные отходы и опил лиственных пород деревьев. Плотность популяции в

субстрате, содержащем лиственной опад по сравнению с опытным вариантом без наполнителя, увеличилась в 65,6 раза, опил лиственных пород деревьев – в 116,7 раза и бумажные отходы – в 125,2 раза. При использовании таких наполнителей, как торф и солома, плотность популяции в конце экспозиции была наименьшей. Таким образом, более целесообразно для производства субстратов на основе ОСВ использовать такие органические материалы, относящиеся к отходам, как опилки лиственных пород деревьев, бумажные отходы и лиственной опад.

Таблица 2

**Показатели состояния червей *Eisenia foetida* (Sav.), находящихся в субстратах, содержащих 50% осадков сточных вод, относящихся к IV<sup>b</sup> классу опасности, и 50% наполнителя**

Вид наполнителя	Плотность популяции, особей/дм <sup>3</sup>	Общая биомасса, г/дм <sup>3</sup>	Биомасса молоди, г/дм <sup>3</sup>	Количество коконов, шт./дм <sup>3</sup>
Без наполнителя	1,3	0,6	0,0	0,0
Солома	23,7	11,6	8,8	6,7
Низинный торф	75,7	13,8	11,2	16,3
Листовой опад	85,3	23,1	20,9	47,3
Опилки	151,7	20,9	18,1	26
Бумажные отходы	162,7	30,4	26,9	21,7
НСР <sub>05</sub>	12,08	39,80	40,58	30,32

В ходе исследований было установлено, что класс опасности осадков сточных вод оказывает существенное влияние на показатели состояния червей и, как следствие, на технологические параметры вермикомпостирования субстратов на основе ОСВ. При вермикомпостировании субстратов на основе ОСВ с более низким классом опасности показатели состояния червей оказались намного выше, чем при использовании ОСВ III–IV<sup>a</sup> класса опасности независимо от доли и вида наполнителя (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние использования субстратов на основе осадков сточных вод различных классов опасности на прирост общей биомассы червей**

Класс опасности ОСВ	Общая биомасса червей при доле наполнителя в субстрате, г.					
	0%	20%	40%	50%	60%	80%
Листовой опад						
III	0	0	0	0	0	0
IV <sup>a</sup>	0	0	0	1,67	0,83	0
IV <sup>b</sup>	0	8,87	14,47	20,90	23,90	13,83
V	1,2	10,6	18,53	27,43	32,87	15,9
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,92	1,56	2,25	2,67	1,44
Бумажные отходы						
III	0	0	0	0	0	0
IV <sup>a</sup>	0	0	0,87	1,50	3,13	1,23
IV <sup>b</sup>	0	0	19,40	26,90	24,90	13,13
V	1,2	0,97	24,40	34,80	29,03	7,87
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,07	2,03	2,86	2,39	1,01
Опилки лиственных пород деревьев (древесные отходы)						
III	0	0	0	0	0	0
IV <sup>a</sup>	0	0	0,60	2,83	1,13	0,8
IV <sup>b</sup>	0	10,1	13,8	18,1	15,4	7,1
V	1,2	15,6	27,8	33,7	20,4	13,7
НСР <sub>05</sub>	0,05	1,26	2,14	2,51	1,66	1,05

Таким образом, переработка осадков сточных вод с помощью навозных червей возможна при условии, что они относятся к IV<sup>б</sup>–V классу опасности. При этом летальная для дафний кратность разбавления должна быть не ниже 1,0, а индекс фитотоксичности не ниже 0,8.

Важным технологическим параметром вермикомпостирования является состав смеси, состоящей из ОСВ и наполнителя. Подбор оптимальной доли наполнителя в составе субстрата позволяет улучшить условия питания и условия среды обитания червей, и, следовательно, повысить интенсивность процесса вермикомпостирования. Согласно полученным уравнениям, имеющим вид  $y=k \cdot x^{(b-1)} \cdot \exp(-a \cdot x^b)$ , описывающим зависимость между долей наполнителя в субстрате и показателями состояния червей, были определены оптимальные доли содержания наполнителя в субстратах на основе ОСВ с различными классами опасности (рис. 2). На основании зависимостей по каждому параметру состояния червей вычислено оптимальное соотношение осадков сточных вод и наполнителя, которое во всех случаях колеблется от 45 до 62% наполнителя в общем объеме субстрата.

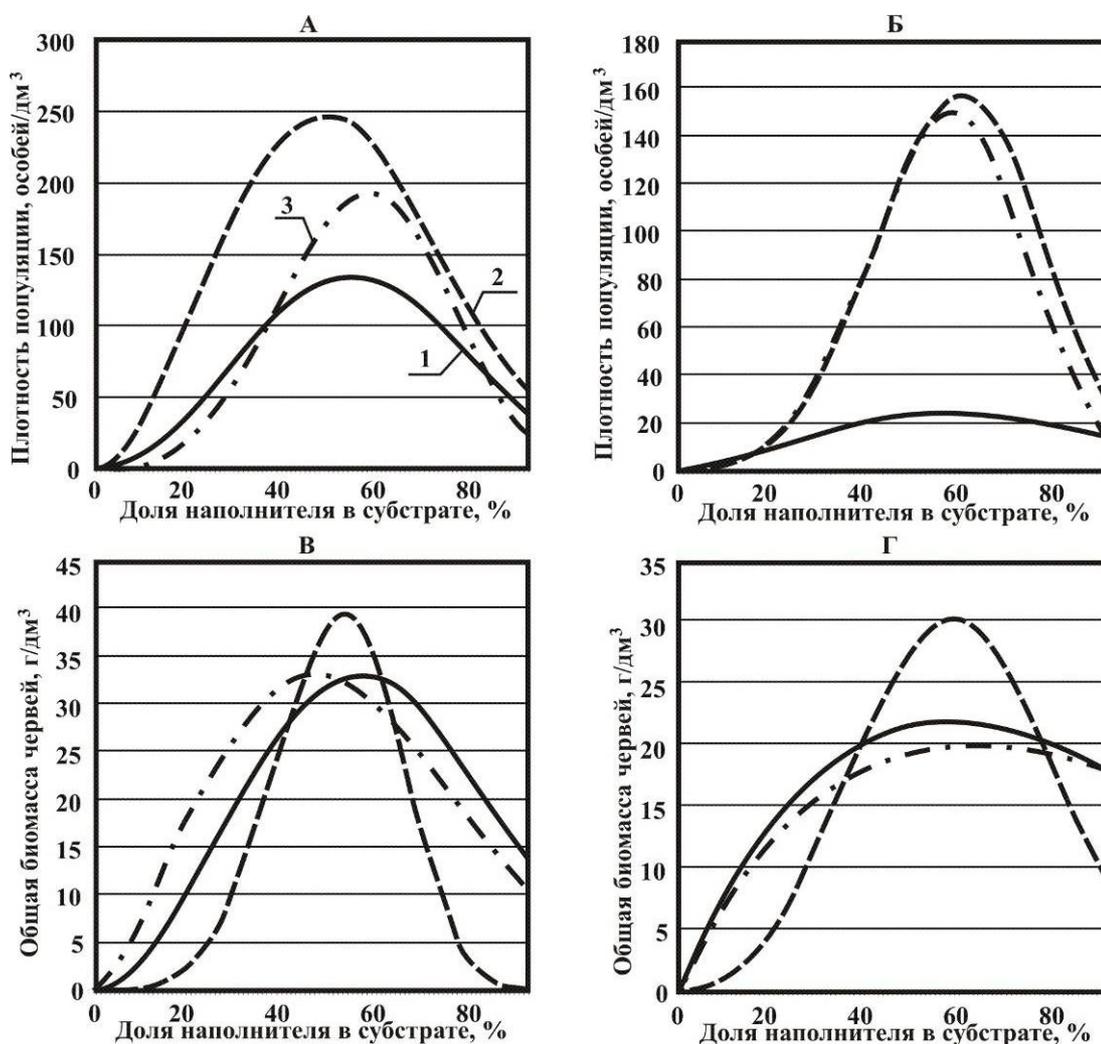


Рис. 2. Влияние доли наполнителя в объеме субстрата на основные показатели червей *Eisenia foetida* (Sav.) (А – плотность популяции червей в субстратах на основе ОСВ V класса опасности; Б – плотность популяции червей в субстратах на основе ОСВ IV<sup>б</sup> класса опасности; В – общая биомасса червей в субстратах на основе ОСВ V класса опасности; Г – общая биомасса червей в субстратах на основе ОСВ IV<sup>б</sup> класса опасности; 1 – наполнитель листовенный опад; 2 – наполнитель бумажные отходы; 3 – наполнитель опилки)

Осреднение полученных оптимальных значений доли наполнителя по всем показателям состояния червей (плотность популяции, общая биомасса, биомасса молодых особей, количество коконов) позволило рекомендовать составы смесей на основе осадков сточных вод, имеющих различные классы опасности, для каждого изучаемого вида наполнителя (табл. 4).

Таблица 4

**Оптимальные доли наполнителя в составе субстрата на основе ОСВ, относящихся к различным классам опасности**

Класс опасности ОСВ	Доля наполнителя в субстрате, %		
	лиственной опад	бумажные отходы	опилки
V	55	50	50
IV <sup>б</sup>	60	55	55

Важным параметром технологии вермикомпостирования является норма заселения червей в субстраты. Выбор оптимальной нормы заселения червей позволяет производить вермикомпостирование отходов при минимальных затратах маточной культуры и времени.

При определении оптимальной нормы заселения червей был использован субстрат на основе осадков сточных вод очистных сооружений канализации г. Йошкар-Олы (IV<sup>б</sup> класс опасности) и опилки в соотношении 60:40% по объему. Заселение червей проводили из расчета 6, 9, 12, 15 и 18 половозрелых особей на 1 дм<sup>3</sup>.

При обработке данных, полученных в ходе исследований, установлено, что плотность посадки существенно влияет практически на все основные показатели состояния червей (табл. 5). Различие доказано на пятипроцентном уровне значимости ( $F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}}$ ).

Таблица 5

**Показатели состояния червей в конце экспозиции при различной норме заселения в субстраты на основе ОСВ и опилок**

Плотность посадки, особей/дм <sup>3</sup>	Плотность популяции, особей/дм <sup>3</sup>	Биомасса молоди, г/дм <sup>3</sup>	Общая биомасса, г/дм <sup>3</sup>	Количество коконов, шт/дм <sup>3</sup>	Время переработки субстратов, сут.	Удельная масса червя, г
6	85,3	14,1	18,8	13,3	90,0	0,220
9	120,3	15,7	21,4	16,3	70,0	0,180
12	202,7	22,0	24,1	25,0	61,0	0,120
15	210,3	21,4	24,3	26,1	60,0	0,115
18	218,0	20,6	24,9	26,7	58,0	0,114
НСР <sub>0,5</sub>	2,22	0,42	0,72 (*)	0,91	1,70	0,0200
F <sub>расч.</sub>	11,51	5,90	1,72	4,51	4,01	3,99
F <sub>табл.</sub>	3,91					

\* – различие несущественно на пятипроцентном уровне значимости  $F_{\text{расч.}} < F_{\text{табл.}}$

Наибольшая плотность популяции, биомасса молоди и количество отложенных коконов зафиксированы при плотности посадки 18 особей/дм<sup>3</sup>. Значимых различий по такому показателю, как общая биомасса, установлено не было. Следует обратить внимание, что данные показатели в большей степени возрастают при увеличении плотности

посадки от 6 до 12 особей/дм<sup>3</sup> и в меньшей от 12 до 18 особей/дм<sup>3</sup> (рис. 3). Кроме того, происходит значительное снижение времени переработки при увеличении плотности посадки до 12 особей/дм<sup>3</sup>. Показательно, что отношение общей биомассы к плотности популяции, то есть удельная масса червя, снижается с повышением плотности посадки с 6 до 18 особей на дм<sup>3</sup> почти в два раза.

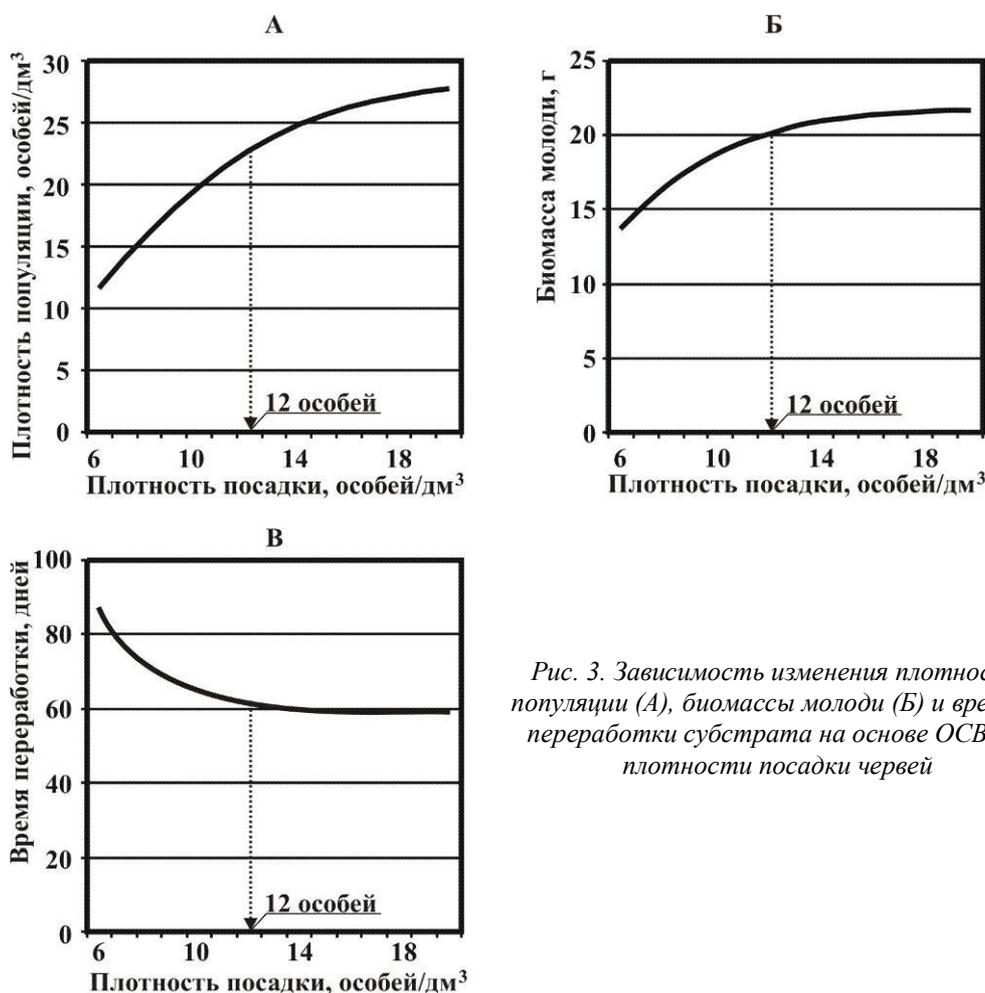


Рис. 3. Зависимость изменения плотности популяции (А), биомассы молоди (Б) и времени переработки субстрата на основе ОСВ от плотности посадки червей

Полученные результаты подтверждают данные других исследователей, культивировавших червей в субстратах на основе подстилочного навоза крупного рогатого скота [10]. Таким образом, оптимальной плотностью посадки при вермикомпостировании осадков сточных вод является 12 особей/дм<sup>3</sup>.

Интенсивность процесса вермикомпостирования определяется активностью особей, составляющих популяции червей. Известно, что адаптация червей к среде обитания происходит постепенно со сменой нескольких поколений. Поэтому для повышения эффективности переработки субстратов на основе осадков сточных вод важно установить порядковый номер поколения червей, которое будет наиболее приспособленным к среде обитания.

По фактическим данным были построены уравнения регрессии вида  $y = k \cdot (x+c)^{(b-1)} \cdot \exp(-a \cdot (x+c))^b$  (значения коэффициентов корреляции находятся в пределах 0,7–0,99), которые описывают зависимость между порядковым номером поколения и показателями состояния червей. Регрессионный анализ показал, что наибольшая плотность популяции, биомасса молоди и количество коконов характерны для червей 2–4 поколения (рис. 4).

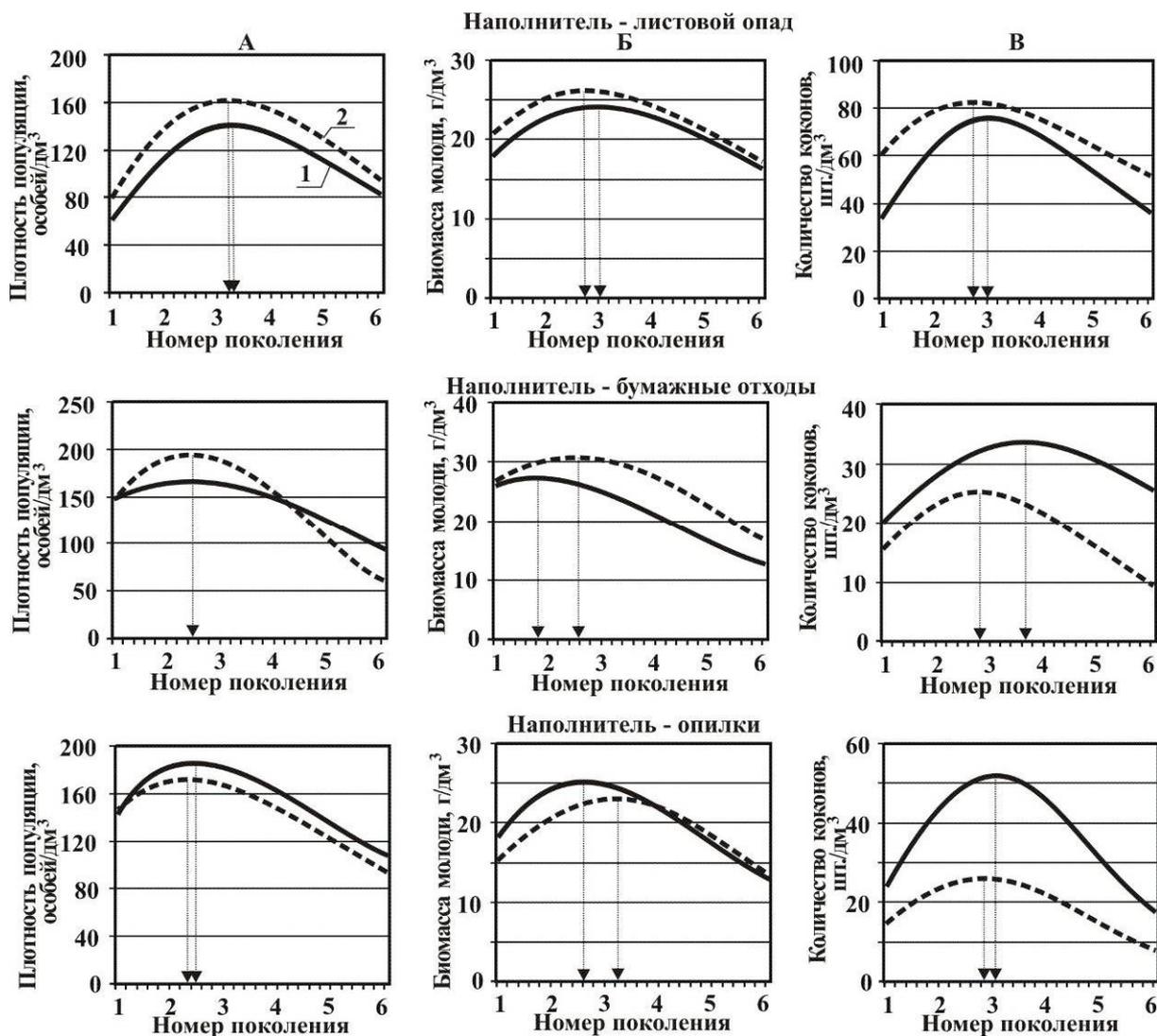


Рис. 4. Показатели состояния червей *Eisenia foetida* (Sav.) нескольких поколений при переработке субстратов на основе ОСВ IV<sup>б</sup> класса опасности (А – плотность популяции; Б – биомасса молоди; В – количество коконов; 1 – доля наполнителя 50%; 2 – доля наполнителя 60%)

Таким образом, при планировании переработки осадков сточных вод очистных сооружений канализации с использованием червей *Eisenia foetida* (Sav.) нужно учитывать, что наиболее эффективно переработка субстратов в вермикомпост осуществляется 2–4 поколениями червей. С учетом того, что пятое поколение червей, появляющееся примерно через 12–15 месяцев после первоначального заселения червей, снижает интенсивность переработки отходов, целесообразно производить подселение свежих червей из маточника.

Известно, что в естественных условиях темпы переработки растительных остатков и другой органики определяются не только общей численностью почвенных сапрофагов, биомассой, пищевой избирательностью, возрастной структурой популяции, пространственным распределением, но и температурными колебаниями. Температурные колебания во многом определяют активность биологических объектов, а, следовательно, и интенсивность процесса вермикомпостирования. В производственных условиях не всегда удается создать идеальные условия для переработки органических отходов

методом вермикомпостирования, а поддержание оптимальных температурных режимов не всегда оправдано с экономической точки зрения [11, 12].

До настоящего времени недостаточно изучен вопрос о влиянии температуры на продукционные функции червей *Eisenia foetida* (Sav.) при культивировании, в том числе в отапливаемых помещениях при незначительных колебаниях температуры. Отсутствие таких данных затрудняет решение теоретических и практических задач, связанных с разработкой биотехнологии утилизации органических отходов с помощью вермикомпостирования. В связи с этим были проведены исследования по изучению влияния сезонных изменений параметров среды на эколого-физиологические показатели червей.

Анализ результатов исследований обнаружил, что показатели состояния червей при их культивировании в различных температурных режимах зависят от соотношения осадков сточных вод и наполнителя (табл. 6).

Таблица 6

**Влияние состава субстратов на основе ОСВ ОСК г. Йошкар-Олы и листового опада на плотность популяции червей при различных температурных режимах вермикомпостирования**

Соотношение ОСВ и наполнителя	Плотность популяции червей при различных температурных режимах вермикомпостирования, особей/дм <sup>3</sup>			
	15–17°C	16–18°C	20–23°C	22–25°C
40:60	143,3	154,7	120,0	70,7
50:50	125,3	127,7	165,7	96,0
60:40	94,3	98,0	110,7	99,3
НСР <sub>05</sub>	13,63	19,82	9,29	17,55

Обработка полученных данных для субстратов, содержащих лиственный опад, методом дисперсионного анализа показала достоверное на пятипроцентном уровне значимости влияние изменения состава субстрата на плотность популяции червей при различных температурных режимах вермикомпостирования. При температуре 15–18°C наибольшая плотность популяции зафиксирована в субстратах, содержащих 40% листового опада, при температуре 20–23°C – 50%, а при температуре 22–25°C – 60%.

Зависимость между температурой окружающей среды и показателями состояния биологических объектов была описана линейным уравнением, имеющим вид:  $y=k+a \cdot x$  (рис. 5).

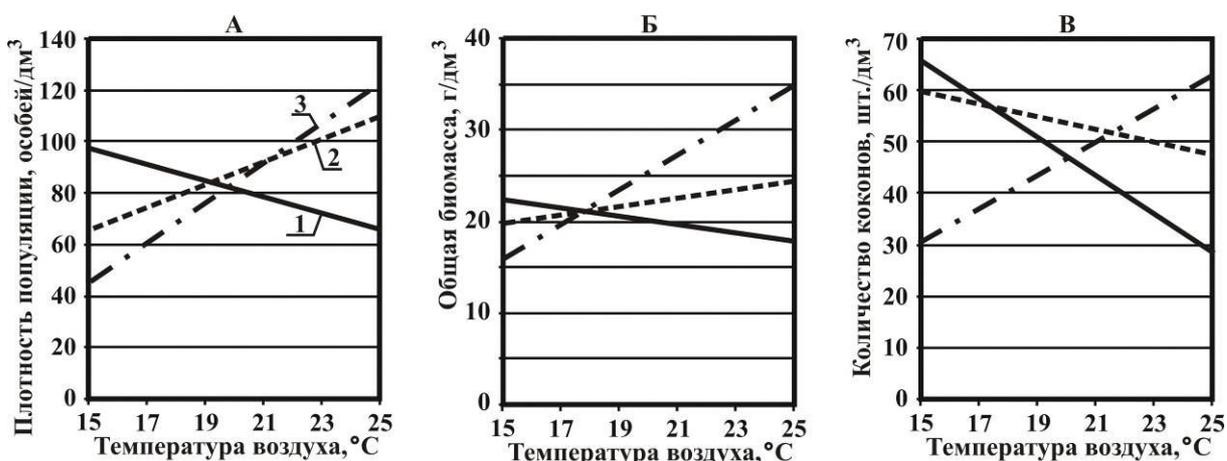


Рис. 5. Зависимость основных показателей состояния червей (А – плотность популяции, Б – общая биомасса червей, В – количество коконов) от температурного режима вермикомпостирования при использовании субстратов различного состава (соотношение ОСВ и листового опада: 1 – 60:40%, 2 – 50:50%, 3 – 40:60%)

При использовании субстрата с содержанием 40% наполнителя в общем объеме с повышением температуры наблюдается снижение основных показателей состояния червей, при повышении доли наполнителя, напротив, с повышением температуры окружающей среды состояние червей заметно улучшается.

Таким образом, для ускорения процесса вермикомпостирования при изменении температуры воздуха наиболее целесообразно регулировать состав субстрата: при повышении температуры увеличивать, а при снижении уменьшать долю наполнителя в составе субстрата в рамках оптимальных значений в зависимости от класса опасности осадков сточных вод.

#### **Выводы.**

1. Нативные осадки сточных вод не являются благоприятной средой для жизнедеятельности червей и их переработка вермикомпостированием невозможна. Показатели состояния червей *Eisenia foetida* (Sav.) ухудшаются с увеличением степени токсичности ОСВ независимо от вида используемого наполнителя и его доли в общем объеме субстрата.

2. При составлении компостной смеси на основе ОСВ для вермикомпостирования в качестве наполнителя можно использовать лиственный опад, опил лиственных пород деревьев или бумажные отходы. Состав компостной смеси нужно подбирать в зависимости от класса опасности ОСВ, опираясь на оптимальные значения доли наполнителя, представленные в табл. 4.

3. Оптимальной плотностью первоначальной посадки при вермикомпостировании субстратов на основе осадков сточных вод очистных сооружений канализации является 12 особей/дм<sup>3</sup>.

4. Загрязняющие вещества, содержащиеся в осадках сточных вод, оказывают негативное воздействие на репродуктивные способности червей *Eisenia foetida* (Sav.). У червей пятого поколения наблюдается заметный спад воспроизводства по сравнению с исходным поколением, при сохраняющихся темпах переработки отходов. Поэтому при планировании переработки осадков сточных вод очистных сооружений канализации с использованием червей *Eisenia foetida* (Sav.) нужно учитывать, что наиболее эффективно переработка субстратов в вермикомпост осуществляется 2–4 поколениями червей. С учетом того, что пятое поколение червей, появляющееся примерно через 12–15 месяцев после первоначального заселения червей, снижает интенсивность переработки отходов, целесообразно производить подселение свежих червей из маточника.

5. При повышении температуры окружающей среды необходимо увеличивать долю наполнителя в субстрате на основе ОСВ в рамках оптимальных значений в зависимости от класса опасности осадков сточных вод.

#### *Список литературы*

1. Покровская, С. Ф. Научные и практические аспекты приготовления компоста с помощью дождевых червей (вермикомпостирование) / С. Ф. Покровская // Информационный материал. – М., 1990. – С. 1–10.
2. Покровская, С. Ф. Вермикомпостирование / С. Ф. Покровская, Ф. Б. Прижуков // Земледелие. – 1990. – № 12. – С. 57–59.
3. Покровская, С. Ф. Новое в вермикомпостировании / С. Ф. Покровская // Земледелие. – 1993. – № 9. – С. 42–43.
4. Морев, Ю. Б. Вермикультивирование, производство и применение биогумуса / Ю. Б. Морев. – Екатеринбург: Корус, 1992. – 32 с.
5. Гоготов, И. Н. Характеристика биогумусов и почвогрунтов, производимых некоторыми фирмами России / И. Н. Гоготов // Агрехимический вестник. – 2003. – №1. – С. 11.

6. Жмур, Н. С. Методика определения токсичности вод и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и плодовитости дафний / Н. С. Жмур. – М., АКВАРОС, 2001. – 48 с.
7. Кабиров, Р. Р. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городских территорий / Р. Р. Кабиров. – Экология. – 1997. – №6. – С. 408–412.
8. Мельник, И. А. Технология разведения дождевых червей и производство биогумуса / И. А. Мельник // Земледелие. – 1991. – № 8. – С. 68.
9. Бирюкова, Т. Г. Адаптация *Eisenia foetida* (Sav.) к органическим отходам очистных сооружений / Т. Г. Бирюкова, Б. И. Колупаев, Е. А. Решетникова // Сборник науч. матер. Всероссийского популяционного семинара «Экология и генетика популяций». – Йошкар-Ола, 1998. – С. 191–192.
10. Вермикультура: производство и использование / И. А. Мельник [и др.]. – Киев: Укр. ИНТЭИ, 1994. – 128 с.
11. Ускова, В. В. Определение технологических параметров переработки осадка сточных вод с помощью вермикультуры / В. В. Ускова // Материалы круглого стола «Водные ресурсы. Проблемы и пути их решения», Йошкар-Ола. – 2003. – С. 171–173.
12. Ускова, В. В. Переработка осадков сточных вод с помощью биологических объектов / В. В. Ускова // Междунар. науч.-метод. конфер. «Экология – образование, наука и промышленность». Сборник докладов, ч. 2. – Белгород, 2002. – С. 171–175.

Статья поступила в редакцию 24.07.08

*D. I. Moukhortov, V. V. Ouskova*

#### OPTIMISATION OF PARAMETRES OF SEWAGE DEPOSITS WORM-COMPOSTING DIFFERING IN TOXICITY

*Key parameters of the technological process of processing sewage deposits of water drain clearing constructions by *Eisenia foetida* (Sav.) worms are determined. Structures of substrata are optimized on the basis of sewage deposits and stuff considered organic waste products depending on the toxicity of SD and a temperature mode. The optimum density of worms introduction and duration of worm-composting by the worms of one set are established on the basis of intensity of waste products processing by a number of worm generations.*

---

*МУХОРТОВ Дмитрий Иванович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ МарГТУ. Область научных интересов – применение органических отходов в лесном хозяйстве. Автор 51 публикации.

*УСКОВА Валентина Валерьевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – переработка органосодержащих отходов биологическими методами. Автор восьми публикаций.

УДК 574:519

С. Ф. Куркин, А. Г. Поздеев

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОДОРОЖНОЙ СЕТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

*Построена система АПК региона с учетом антропогенного воздействия на окружающую среду, формируемого за счет дорожно-транспортной инфраструктуры. Составлена система уравнений темпов и уровней и разработан алгоритм получения количественных значений параметров состояния АПК региона. Сформирована методика обоснования экологической безопасности региона на основе оценки динамики показателей системного комплекса природоохранной деятельности АПК во взаимодействии с дорожно-транспортной системой.*

**Введение.** Особенности развития производственно-хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса (АПК) приводят к возрастанию ее негативного воздействия на окружающую среду, что повышает ответственность предприятий за проведение эффективных природоохранных мероприятий с целью снижения отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду и экономного расходования природных ресурсов.

Необходимым условием успешного развития агропромышленного производства и одной из важнейших составляющих материально-технической базы сельскохозяйственного производства является автодорожный комплекс (АДК), который также негативно воздействует на окружающую среду.

В процессе строительства автомобильной дороги используются большие объемы природных материалов, значительная часть которых не возобновляема [1].

Придорожная полоса в результате движения транспортных потоков большой интенсивности превращается, по сравнению с прилегающей местностью, в зону с аномально высоким уровнем энергии, повышенным содержанием загрязняющих веществ, влияющих отрицательно не только на климат, но и на животный и растительный мир.

Кроме того, автомобильные дороги как линейные инженерные сооружения вносят существенные изменения в природный ландшафт. Возведение высоких насыпей и устройство глубоких выемок нарушают установившийся режим перемещения грунтовых вод. В результате прокладки автомобильных дорог активизируются процессы водной и ветровой эрозии земель, изменяется микроклимат в местах расположения высоких насыпей и глубоких выемок.

Процесс взаимодействия дороги со средой формирует несколько основных групп связей: взаимодействие дороги как технического сооружения с окружающими экосистемами; воздействие на окружающую среду технологических процессов строительства и эксплуатации дороги; потребление природных ресурсов. Каждая из этих связей оказывает влияние на литосферу, атмосферу, гидросферу, биосферу и антропогенные образования.

В связи с этим актуальной проблемой становится разработка системной модели, отражающей взаимодействие агропромышленного и автодорожного комплексов региона и учитывающей негативные экологические последствия их функционирования и развития.

**Цель работы** – формирование моделей экологической безопасности производственно-хозяйственной деятельности агропромышленных комплексов в их взаимосвязи с дорожно-транспортной системой, учитывающих экологический риск на всех стадиях их проектирования, разработки и эксплуатации, и создание на этой основе хозяйственно-экологических информационных систем.

**Решаемые задачи.**

1. Построение системы АПК региона на основе структуры, включающей шесть эшелонов: социально-демографический, производственно-технический, агропромышленный, сельскохозяйственно-ресурсный, природно-географический и эшелон антропогенного воздействия на окружающую среду, формируемый преимущественно за счет дорожно-транспортной инфраструктуры.

2. Составление уравнения состояния и динамики АПК региона на основе структурной схемы, включая уравнения темпов и уровней, представляющих собой систему конечно-разностных уравнений.

3. Разработка алгоритмической структуры, позволяющей получить количественные значения для оценки параметров состояния АПК региона.

4. Формирование методики обоснования экологической безопасности региона на основе оценки динамики показателей и устойчивости системного комплекса природоохранной деятельности АПК во взаимодействии с дорожно-транспортной системой.

**Элементы модели и их характеристика.** Система, в которую включен агропромышленный комплекс, представляет собой балансовую структуру региона, имеющую целью национально-экономическое развитие с учетом сохранения качества окружающей среды.

Выделим следующие эшелоны региональной системы: социально-демографический; производственно-технический; агропромышленный; сельскохозяйственно-ресурсный; природно-географический; антропогенного воздействия на окружающую среду.

Функционирование системы в целом обеспечивается значимыми связями между подсистемами, устанавливаемыми после построения структур последних.

В качестве расчетного региона выбрана Республика Марий Эл, показатели которой приведены на основании Государственного доклада о состоянии окружающей природной среды (ГДРМЭ) [2], Статистического сборника республики (СБРМЭ) [3], данных Минсельхозпрода РМЭ (СХРМЭ) [4] и пособия по определению расчетных гидрологических характеристик (ГХ) [5]. Данные перечисленных источников округлены и относятся к условному году.

Группа подсистем социально-демографического эшелона включает демографическую подсистему, определяющую естественный рост населения и учитывающую его миграцию между городами и сельскими регионами. Элементы этой группы подсистем сведены в таблицу (табл. 1).

Таблица 1

**Обозначения элементов подсистем социально-демографического эшелона**

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>PK</i>	Численность сельского населения	$3,0 \cdot 10^5$	чел.	СБРМЭ
<i>PKG</i>	Темп рождаемости сельского населения	$4,0 \cdot 10^3$	чел/год	СБРМЭ
<i>PKD</i>	Темп смертности сельского населения	$3,0 \cdot 10^3$	чел/год	СБРМЭ

В эшелон производственно-технического назначения входит подсистема агропромышленного строительства (табл. 2).

Таблица 2

**Обозначения элементов подсистем производственно-технического эшелона**

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>AS</i>	Объем агропромышленного строительства	$9,0 \cdot 10^7$	р.	СБРМЭ
<i>ASG</i>	Темп роста агропромышленного строительства	$1,0 \cdot 10^7$	р./год	СБРМЭ

Элементы подсистемы эшелона агропромышленного комплекса (табл. 3) образуют структуру, определяющую формирование фондов в сельском хозяйстве на основе прямого потребления природных ресурсов.

Таблица 3

**Обозначения элементов подсистем агропромышленного комплекса**

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>KI</i>	Капиталовложения в сельском хозяйстве	$3,0 \cdot 10^8$	р.	СХРМЭ
<i>KIG</i>	Фондообразование в сельском хозяйстве	$4,0 \cdot 10^5$	р./год	СХРМЭ

Сельскохозяйственные ресурсы образуют подсистемы (табл. 4), определяемые плодородием почв, мелиорацией земель и кадровым потенциалом АПК.

Таблица 4

**Обозначения элементов подсистемы сельскохозяйственных ресурсов**

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>AR</i>	Уровень сельскохозяйственных ресурсов	1,0	ед	СБРМЭ
<i>ARD</i>	Темп уменьшения сельскохозяйственных ресурсов	0,01	ед/год	СБРМЭ
<i>ARG</i>	Темп роста сельскохозяйственных ресурсов	0,05	ед/год	СБРМЭ

Природно-географический эшелон включает следующие подсистемы: с водонепроницаемой поверхностью территорий; запаса почвенной влажности; подсистему склонового стока; подсистему площади региона, включающую площадь, покрытую лесами, заболоченную площадь, поверхность зеркала водоемов, площадь полей и лугов.

Группа подсистем природно-географического эшелона приведена в табл. 5.

Воздействие автодорожного комплекса на окружающую среду определяется источниками нарушения экологии региона, которые объединяют пять эшелонов показателей: изъятие местных природных ресурсов; изменение рельефа; гидротехнические работы; технологические загрязнения; транспортные загрязнения.

Таблица 5

## Обозначения элементов подсистем природно-географического эшелона

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>VS</i>	Объем стока с водонепроницаемой территории	$1,5 \cdot 10^{-2}$	м	ГХ
<i>VSG</i>	Рост стока с водонепроницаемой территории	$4,0 \cdot 10^{-5}$	м/год	ГХ
<i>PW</i>	Запас почвенной влажности	0,25	м	ГДРМЭ
<i>PWG</i>	Темп роста почвенной влажности	0,05	м/год	ГДРМЭ
<i>QS</i>	Объем склонового стока	$1,0 \cdot 10^{-3}$	м	ГХ
<i>QSG</i>	Приток склонового стока	$3,0 \cdot 10^{-6}$	м/год	ГХ
<i>FL</i>	Площадь, покрытая лесом	$1,5 \cdot 10^{10}$	м <sup>2</sup>	ГДРМЭ
<i>FLD</i>	Темп уменьшения площади, покрытой лесом	$1,0 \cdot 10^6$	м <sup>2</sup> /год	ГДРМЭ
<i>FB</i>	Площадь поверхности болот	$4,0 \cdot 10^9$	м <sup>2</sup>	ГДРМЭ
<i>FBD</i>	Темп уменьшения площади поверхности болот	$1,5 \cdot 10^6$	м <sup>2</sup> /год	ГДРМЭ
<i>FR</i>	Площадь полей и лугов	$6,0 \cdot 10^9$	м <sup>2</sup>	ГДРМЭ
<i>FRG</i>	Рост площади полей и лугов	$5,0 \cdot 10^7$	м <sup>2</sup> /год	ГДРМЭ

В каждый из указанных эшелонов входит по пять показателей, идентификаторы которых приведены в табл. 6.

Таблица 6

## Обозначение элементов подсистем антропогенного воздействия на природную среду

Идентификатор элемента	Описание элемента	Начальное значение	Размерность величин	Источник информации
<i>NP</i>	Интенсивность транспортного потока	$1,5 \cdot 10^6$	авт.	ГДРМЭ
<i>NPG</i>	Рост интенсивности транспортного потока	$1,0 \cdot 10^4$	авт./год	ГДРМЭ
<i>US</i>	Загрязнение поверхностных вод	$1,0 \cdot 10^5$	м <sup>3</sup>	ГДРМЭ
<i>USG</i>	Темп роста загрязнения поверхностных вод	$3,0 \cdot 10^2$	м <sup>3</sup> /год	ГДРМЭ
<i>AM</i>	Минеральные загрязнения воздуха	$1,5 \cdot 10^4$	кг/га	ГДРМЭ
<i>AMG</i>	Темп роста минерального загрязнения воздуха	$4,0 \cdot 10^2$	кг/(га·год)	ГДРМЭ
<i>АН</i>	Уровень шума	70	Дб	ГДРМЭ
<i>АНГ</i>	Темп роста уровня шума	1	Дб/год	ГДРМЭ
<i>AG</i>	Выбросы отработанных газов	$5,0 \cdot 10^6$	кг	ГДРМЭ
<i>AGG</i>	Темп роста выброса отработанных газов	$1,5 \cdot 10^4$	кг/год	ГДРМЭ
<i>PO</i>	Площадь загрязнения в зонах обслуживания	$1,0 \cdot 10^3$	м <sup>2</sup>	ГДРМЭ
<i>POG</i>	Темп роста площади загрязнения в зонах обслуживания	$1,0 \cdot 10^2$	м <sup>2</sup> /год	ГДРМЭ

Подсистемы региональной системы агропромышленного комплекса охвачены информационными связями, которые определяются множителями влияния. В случае, когда к подсистеме присоединяется одна информационная связь, множитель определяется отношением величины темпа, в который она входит, к величине уровня, из которого она исходит (табл. 7).

Таблица 7

## Обозначения множителей информационных связей между подсистемами

Идентификатор элемента	Вербальное описание элемента	Начальное значение	Размерность
<i>KIPK</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на численность сельского населения	$1,3 \cdot 10^{-6}$	чел./р·год
<i>KIKI</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на темп их роста	$1,3 \cdot 10^{-3}$	1/год
<i>KIAR</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на уровень сельскохозяйственных ресурсов	$4,4 \cdot 10^{-12}$	ед./р·год
<i>KIAS</i>	Множитель влияния капиталовложений в АПК на объем сельскохозяйственного строительства	$4,0 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>QSAR</i>	Множитель влияния склонового стока на изменение уровня сельскохозяйственных ресурсов	3,0	ед./м·год
<i>QSFR</i>	Множитель влияния склонового стока на уменьшение площади полей и лугов	$1,8 \cdot 10^{10}$	м/год
<i>FBAR</i>	Множитель влияния площади поверхности болот на темп уменьшения ресурсов	$9,4 \cdot 10^{-14}$	ед./м <sup>2</sup> ·год
<i>FBFR</i>	Множитель влияния площади поверхности болот на площадь полей и лугов	$5,6 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>FBFL</i>	Множитель влияния площади поверхности болот на площадь, покрытую лесом	$1,4 \cdot 10^{-3}$	1/год
<i>VSQS</i>	Множитель влияния стока с водонепроницаемой территории на увеличение склонового стока	$1,8 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>PKAR</i>	Множитель влияния численности сельского населения на уровень сельскохозяйственных ресурсов	$1,1 \cdot 10^{-8}$	ед./чел·год
<i>PKAS</i>	Множитель влияния численности сельского населения на объем сельскохозяйственного строительства	1,0	р/чел·год
<i>PWVS</i>	Множитель влияния запаса почвенной влаги на объем стока с водонепроницаемой территории	$1,2 \cdot 10^{-2}$	м/год
<i>PWQS</i>	Множитель влияния запаса почвенной влаги на объем склонового стока	$8,0 \cdot 10^{-4}$	1/год
<i>PWFB</i>	Множитель влияния запаса почвенной влаги на площадь поверхности болот	$3,2 \cdot 10^9$	м/год
<i>FRFL</i>	Множитель влияния площади полей и лугов на площадь, покрытую лесом	$2,1 \cdot 10^{-2}$	1/год
<i>ASKI</i>	Множитель влияния объема агропромышленного строительства на капиталовложения в сельском хозяйстве	$3,7 \cdot 10^{-8}$	1/год
<i>ARFB</i>	Множитель влияния сельскохозяйственных ресурсов на площадь поверхности болот	$1,6 \cdot 10^8$	м <sup>3</sup> /(ед·год)
<i>ARFR</i>	Множитель влияния сельскохозяйственных ресурсов на площадь полей и лугов	$2,4 \cdot 10^8$	м <sup>3</sup> /(ед·год)
<i>FLPW</i>	Множитель влияния площади, покрытой лесом, на запас почвенной влаги	$1,1 \cdot 10^{-15}$	1/(м·год)
<i>FLFB</i>	Множитель влияния площади, покрытой лесом, на площадь поверхности болот	$1,8 \cdot 10^{-11}$	1/год
<i>AGUS</i>	Множитель влияния выбросов ОГ на загрязнение поверхностных вод	$6,0 \cdot 10^{-5}$	м <sup>3</sup> /(кг·год)
<i>POUS</i>	Множитель влияния площади загрязнения в зонах обслуживания на загрязнение поверхностных вод	$1,0 \cdot 10^{-3}$	м/год
<i>AMUS</i>	Множитель влияния минерального загрязнения воздуха на загрязнение поверхностных вод	$2,3 \cdot 10^{-1}$	м <sup>3</sup> ·га/(кг·год)
<i>NPAM</i>	Множитель влияния интенсивности транспортного потока на минеральные загрязнения воздуха	$6,7 \cdot 10^{-5}$	кг/(га·ед·год)

Окончание табл. 7

Идентификатор элемента	Вербальное описание элемента	Начальное значение	Размерность
<i>НПАИ</i>	Множитель влияния интенсивности транспортного потока на уровень шума	$3,1 \cdot 10^{-7}$	Дб/(ед.год)
<i>АSNP</i>	Множитель влияния объема агропромышленного строительства на интенсивность транспортного потока	$1,9 \cdot 10^{-3}$	авт./р.год
<i>PKPO</i>	Множитель влияния численности сельского населения на площадь загрязнения в зонах транспортного обслуживания	$1,1 \cdot 10^{-3}$	м <sup>2</sup> /(чел.год)
<i>NPAG</i>	Множитель влияния интенсивности транспортного потока на выбросы отработанных газов	$2,2 \cdot 10^{-2}$	кг/(авт.год)
<i>USAR</i>	Множитель влияния загрязнения поверхности на уровень сельскохозяйственных ресурсов	$3,0 \cdot 10^{-8}$	ед./м <sup>3</sup> .год
<i>АHPK</i>	Множитель влияния уровня шума на рост сельского населения	$6,1 \cdot 10^{-1}$	чел./Дб.год

**Уравнения системного комплекса.** Уравнения системного комплекса агропромышленной деятельности региона составляются на основе структурной схемы (рис. 1) и включают уравнения темпов и уровней субстанций, определяемых элементарными балансовыми подсистемами [6]. Используя введенные идентификаторы переменных системы и множителей, запишем уравнения элементарных подсистем. Сначала записываются уравнения уровня, а затем – соответствующее уравнение темпов.

1. Капиталовложения в сельском хозяйстве:

$$KI = KI + DT \cdot KIG; KIG = KIG + ASKI \cdot AS + KIKI \cdot KI.$$

2. Численность сельского населения:

$$PK = PK + DT \cdot (PKG - PKD); PKG = PKG + KIPK \cdot KI; PKD = PKD + AHPK \cdot AH.$$

3. Объем склонового стока:

$$QS = QS + DT \cdot QSG; QSG = QSG + VSQS \cdot VS + PWQS \cdot PW.$$

4. Объем агропромышленного строительства:

$$AS = AS + DT \cdot ASG; ASG = ASG + KIAS \cdot KI + PKAS \cdot PK.$$

5. Площадь поверхности полей и лугов:

$$FR = FR + DT \cdot FRG; FRG = FRG + ARFR \cdot AR + FBFR \cdot FB + QSFR \cdot QS.$$

6. Уровень сельскохозяйственных ресурсов:

$$AR = AR + DT \cdot (ARG - ARD); ARG = ARG + USAR \cdot US + KIAR \cdot KI;$$

$$ARD = ARG + QSAR \cdot QS + FBAR \cdot FB.$$

7. Площадь поверхности болот:

$$FB = FB - DT \cdot FBD; FBD = FBD + ARFB \cdot AR + PWFB \cdot PW + FLFB \cdot FL.$$

8. Объем стока с водонепроницаемой территории:

$$VS = VS + DT \cdot VSG; VSG = VSG + PWVS \cdot PW.$$

9. Запас почвенной влажности:

$$PW = PW + DT \cdot PWG; PWG = PWG + FLPW \cdot FL.$$

10. Площадь, покрытая лесом:

$$FL = FL - DT \cdot FLD; FLG = FLG + FBFL \cdot FB + FRFL \cdot FR.$$

11. Интенсивность транспортного потока:

$$NP = NP + DT \cdot NPG; NPG = NPG + ASNP \cdot AS.$$

12. Загрязнение поверхностных вод:

$$US = US + DT \cdot USG; USG = USG + AGUS \cdot AG + AMUS \cdot AM + POUS \cdot PO.$$

13. Минеральные загрязнения воздуха:

$$AM = AM + DT \cdot AMG; AMG = AMG + NPAM \cdot NP.$$

14. Уровень шума:

$$AH = AH + DT \cdot AHG; AHG = AHG + NPAH \cdot NP.$$

15. Выбросы отработанных газов:

$$AG = AG + DT \cdot AGG; AGG = AGG + NPAG \cdot NP.$$

16. Площадь загрязнения в зонах обслуживания:

$$PO = PO + DT \cdot POG; POG = POG + PKPO \cdot PK.$$

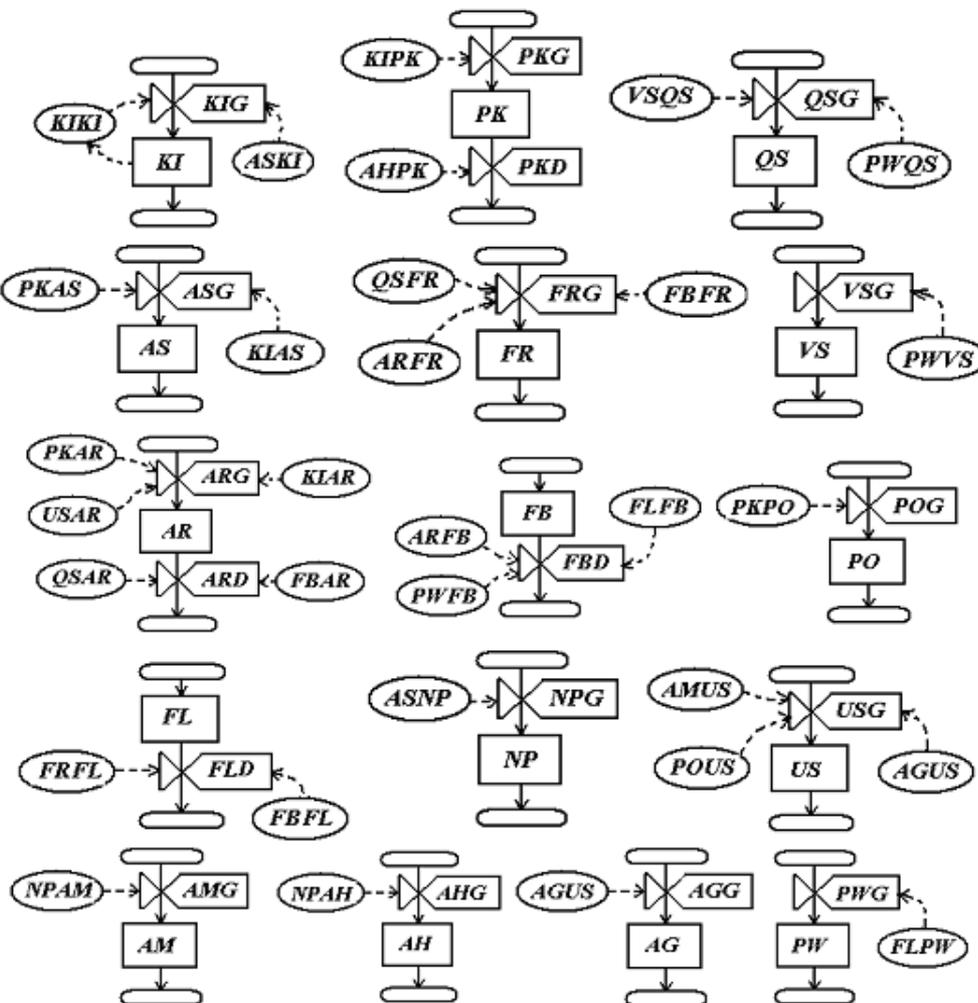


Рис. 1. Структурная схема системы хозяйственной деятельности АПК

**Аналитическое определение множителей влияния.** Уточнение связей между отдельными подсистемами и образуемыми ими эшелонами требует дальнейшего исследования и может быть произведено, например, аналитическим методом.

Определение множителей влияния при связи темпа подсистемы с двумя и более уровнями других подсистем может быть выполнено на основе определения частных производных в конечных разностях.

В качестве примера рассмотрим подсистему численности сельского населения  $PK$ . Системные связи от уровня капиталовложений (фондов) в сельском хозяйстве  $KI$  определяются действием множителей  $KIPK$  на темп роста сельского населения  $PKG$ .

Представим эту связь в виде конечных приращений:

$$KIPK = \frac{\Delta PK}{\Delta KI^2} KIG = \frac{3,0 \cdot 10^5}{(3,0 \cdot 10^8)^2} 4,0 \cdot 10^5 = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ чел./}(р \cdot \text{год}).$$

Численные значения для определения множителей влияния определяются по таблицам идентификаторов эшелонов системы (табл.1–7). Вычисленные значения заносятся в таблицу множителей информационных связей между подсистемами.

**Структурные диаграммы системы экологической безопасности.** Требование компактности представления структурной диаграммы системы хозяйственной деятельности АПК региона вызвало необходимость замены изображения информационных связей между подсистемами. В использованных ниже структурных диаграммах штриховые линии связей по информационным каналам определяются по идентификаторам множителей связи.

В двух первых символах множители связи содержат информацию о том, откуда исходит информационная связь. Множители всегда заканчиваются их информационной связью на некотором темпе, наименование которого определяет вторая часть имени множителя.

**Численное решение уравнений системного комплекса.** Для реализации программного комплекса экологической безопасности АПК региона определим период прогнозирования  $t=10$  лет. Используя данные таблиц идентификаторов, вводим численные значения для переменных системы. Составленные уравнения темпов и уровней реализуются в виде программного комплекса в среде MathCad.

Вычисления производятся в целочисленном цикле *for* по переменной цикла  $DT$  в диапазоне изменения времени от 0 до  $t$ .

Функции, подвергаемые циклическому изменению, являются функциями уровней и темпов изменения соответствующих субстанций, определяющих отдельные подсистемы комплекса.

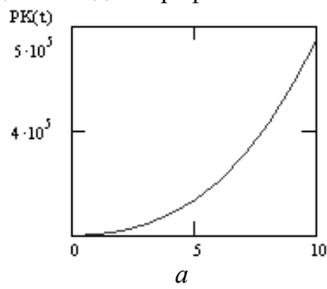
Выделение локальных переменных из цикла производится заменой глобального имени переменной в конце и начале программы.

В приведенном примере в качестве глобальной переменной объявлена численность сельского населения  $PK$ .

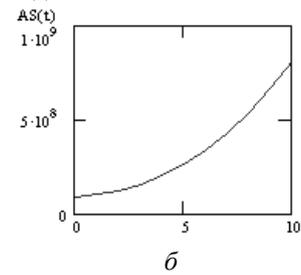
**Динамика показателей системного комплекса.**

В результате имитационного моделирования в среде MathCad получены зависимости динамики параметров системы (рис. 2), часть из которых приведена ниже.

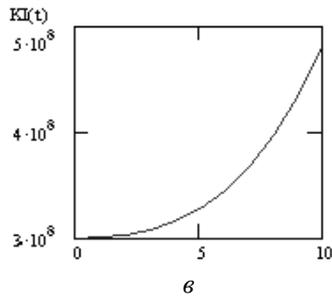
Социально-демографический эшелон



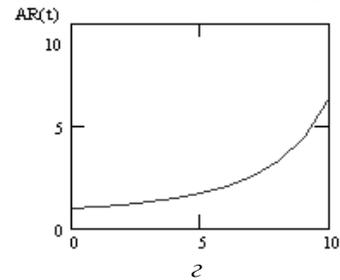
Производственно-технический эшелон



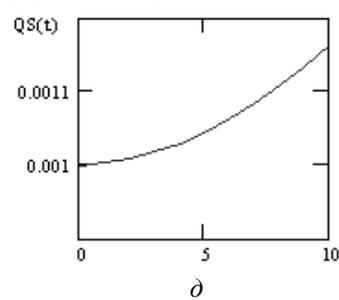
Агропромышленный эшелон



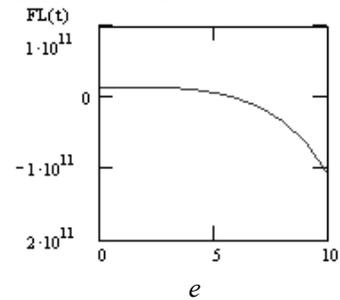
Эшелон сельскохозяйственных ресурсов



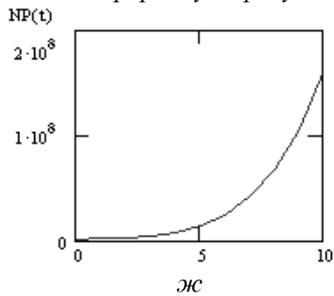
Природно-географический эшелон



Природно-географический эшелон



Эшелон антропогенного воздействия на природную среду



Эшелон антропогенного воздействия на природную среду

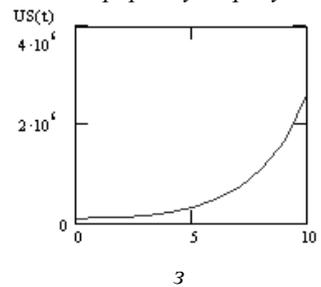


Рис. 2. Зависимость динамики параметров системы: а – динамика численности населения; б – динамика объема агропромышленного строительства; в – динамика капиталовложений в сельском хозяйстве; г – динамика сельскохозяйственных ресурсов; д – динамика склонового стока; е – динамика площади, покрытой лесом; ж – динамика интенсивности транспортного потока; з – динамика загрязнения поверхностных вод

**Заключение.** В результате оценки динамики показателей и устойчивости системного комплекса природоохранной деятельности составлена методика обоснования экологической безопасности агропромышленного комплекса региона:

1. Производится морфологический анализ экологического состояния природных ресурсов для выделения субстанциональных потоков, значимых при достижении цели хозяйственной деятельности агропромышленного комплекса региона.

2. Строится системная диаграмма экологического состояния природных ресурсов на основе соединения информационными связями балансовых подсистем выделенных субстанциональных потоков. Диаграмма позволяет составить систему уравнений, образующих алгоритмическую структуру, которая, воздействуя на исходные данные, определяет количественные значения параметров экологически безопасной хозяйственной деятельности предприятий АПК региона.

3. Определяются численные значения элементов подсистемы состояния природных ресурсов по данным натурных наблюдений.

4. Производится решение системы конечно-разностных дифференциальных уравнений динамики состояния природных ресурсов.

### Список литературы

1. Подольский, В. П. Дорожная экология / В. П. Подольский. – М.: Союз, 1997. – 196 с.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Марий Эл в 2001 году. – Йошкар-Ола: Мин. экологии и природопользования РМЭ, 2001. – 172 с.
3. Республика Марий Эл в цифрах: Статистический сборник. – Йошкар-Ола: Госкомстат Республики Марий Эл, 1996. – 252 с.
4. Сельское хозяйство Республики Марий Эл: Статистический сборник. – Йошкар-Ола: Госкомстат Марий Эл, 1997. – 279 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – М.: ГГИ, 1984. – 448 с.
6. Дмитриев, Ю. Я. Математическое моделирование экологических систем: Учеб. пособие / Ю. Я. Дмитриев, А. Г. Поздеев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – 206 с.

Статья поступила в редакцию 05.09.08

*S. F. Kirkin, A. G. Pozdeyev*

### ESTIMATION TECHNIQUE FOR ECOLOGICAL STABILITY OF AGRICULTURAL SECTOR OF THE REGION ROAD NETWORK FUNCTIONING

*The system of agricultural sector of the region is constructed in view of anthropogenous influence on the environment by the road and traffic infrastructure. The system of the equations of rates and levels is made and the algorithm of calculating quantitative values of parameters of the state of agricultural sector of the region is developed. The technique for substantiation ecological safety of the region is generated on the basis of estimating the dynamics of parameters of a system complex of nature protection activity of agricultural sector in the interaction with road and traffic system.*

*КИРКИН Станислав Федорович* – доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин МарГТУ. Область научных интересов – разработка экологически безопасных внедорожных самоходных амфибийных транспортных средств с управляемой воздушной разгрузкой (САВР) опорно-двигательных элементов. Автор более 80 научных работ.

*ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – проблемы водного транспорта и комплексного освоения водных ресурсов; математическое моделирование в гидродинамике и экологии. Автор более 60 научных работ.

УДК 574:519

*А. Г. Поздеев, В. П. Сапцин, В. И. Федюков*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРОИНЖЕНЕРНОГО МЕТОДА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО, ЛЕСНОГО, ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ (ВАКУУМНАЯ СУШКА И КРИОГЕННОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ)**

*Выявлены особенности растительного сырья, вовлекаемого в технологический процесс малого агропромышленного предприятия по переработке сельскохозяйственного, лесного и лекарственного сырья для производства сухих продуктов и криопорошков. Разработан технологический процесс, определены качества и технологические особенности получения конечного продукта.*

**Введение.** Ежегодно возрастает потребность населения городов и промышленных поселков в биологически полноценных и разнообразных продуктах питания, которые играют важную роль не только в повышении общего уровня здоровья, но и в предупреждении ряда заболеваний. Кроме того, рынок России свободен от продуктов детского питания, которые являются естественным источником витаминов и способствуют оздоровлению пищи.

В качестве выхода из создавшегося положения могут быть предложены различные альтернативные и нетрадиционные технологии переработки растительного сырья.

При создании малых агропромышленных предприятий возникает ряд проблем, связанных с привлечением новых эффективных процессов переработки не только сельскохозяйственного, но также лесного и лекарственного сырья. Особенностью таких процессов является требование к мобильности перестройки в широком диапазоне параметров технологического процесса при изменении характера исходного сырья и вида конечного продукта. Потребность в предлагаемой продукции определяется необходимостью решения проблемы полноценного питания при резком снижении поступления сельскохозяйственного сырья и его экологической чистоты. Особую остроту приобретают эти проблемы при организации малых фермерских хозяйств, расположенных на большом удалении от промышленных центров при отсутствии круглогодично функционирующих транспортных путей.

**Цель работы** – представить агроинженерный метод в переработке продуктов и криопорошков из сельскохозяйственного, лесного и лекарственного сырья, имеющего повышенное содержание витаминов и биологически активных веществ.

### **Решаемые задачи.**

1. Выявить особенности растительного сырья, вовлекаемого в технологический процесс проектируемого малого агропромышленного предприятия.
2. Определить потребительские качества и технологические особенности получения конечного продукта.
3. Дать описание вида предпринимательской деятельности.
4. Разработать технологический процесс и оборудование для достижения локальной цели проекта.

**Описание источников сырья.** Источниками сырья для планируемого производства являются, с одной стороны, культурно произрастающие плоды и овощи, а с другой

– дикорастущие плоды, ягоды и грибы [1]. Основная особенность культурно произрастающих плодов и овощей – высокое содержание в них воды, достигающее в отдельных видах 97%. Это обуславливает малую устойчивость к механическим воздействиям при транспортировании, хранении и товарной переработке. Рассматриваются: картофель, капуста, корнеплоды (морковь, петрушка, свекла), лук, томаты, тыква, яблоки, ягоды. Свойства этого сырья широко освещены в литературе.

Ценность дикорастущего сырья менее известна. Они обладают достаточно высокой энергетической ценностью. Например: брусника – 40/167; клюква – 28/117; черника – 40/167; белые сушеные грибы – 209/874; подосиновики сушеные – 299/1251 ккал/кДж. Ряд шляпочных грибов обнаруживает антибиотическое действие, подавляющее развитие золотистого стафилококка, палочек Коха и других возбудителей заболеваний. В белом грибе содержится алкалоид герценин, обладающий тонизирующим действием. Известны лечебные свойства ягод. Например, клюква оказывает тонизирующее действие на организм, повышая умственную и физическую деятельность человека. Благодаря бактерицидному действию, сок и морс из ягод клюквы применяется при заболевании почек. Листья и плоды брусники обладают антисептическими, вяжущими и мочегонными свойствами. Употребляют их главным образом при заболеваниях почек и мочевых путей. Черника применяется при заболеваниях полости рта, экземе кожи лица, ревматизме, подагре, диабете и как желчегонное средство. Экстракт плодов боярышника применяется как средство, улучшающее кровообращение сердечной мышцы и снижающее ее возбудимость. Широкое применение в медицине находит облепиховое масло, применяемое при лечении ожогов, пролежней, лучевых поражениях кожи, гинекологических заболеваниях. Практически все виды дикорастущих ягод являются поливитаминными средствами.

Однако использование дикорастущих ягод и грибов требует введения дополнительных звеньев в цепи технологического процесса: передвижных заготовительных пунктов по приемке сырья и сборно-разборной холодильной камеры КХС-2-12.

Контроль качества продукции должен осуществляться производственно-контрольной лабораторией, ориентированной на органолептический контроль качества продуктов леса и экспресс-методы физико-химического анализа.

В результате переработки получают: ягоды и грибы сушеные; порошки из грибов и ягод, а также грибные таблетки (прессованием порошка), грибная лапша и грибная крупка.

**Описание вида предпринимательской деятельности.** Известно, что снижение количества продукции на единицу питания, комплексная безотходная переработка растительного сырья и снижение потерь выращенного урожая возможно путем создания линий по переработке на базе сельскохозяйственных предприятий. Для более полного сохранения, удобной транспортировки и получения новых продуктов питания из растительного сырья предлагается вакуумная сушка с последующим криогенным измельчением [2].

Возможности криогенной мельницы позволяют получать монопорошок тонкого измельчения с размером частиц от 50 до 500 мкм. В результате этого процесса химическая структура и количественное содержание всей гаммы биологически активных веществ полученного продукта остаются стабильными. Кроме того такие порошки обладают хорошими вкусовыми и питательными свойствами и имеют следующие преимущества: высокое удельное содержание витаминов, свободны от консервирующих и подкрашивающих компонентов, при наличии асептической и герметичной упаковки имеют неограниченный срок хранения. В результате хозяйство получает: дополнитель-

ную прибыль; производит экологически чистую, обогащенную витаминами, пищевыми волокнами, растительным белком и другими биологически активными веществами продукцию; организует новые рабочие места и привлекает квалифицированные кадры.

**Технологический процесс.** Для обеспечения технологического процесса может быть использован комплекс технологического оборудования со следующей минимальной конфигурацией: участок подготовки сырья, укомплектованный серийно выпускаемым предприятиями страны оборудованием; участок сушки, где «ноу-хау» является вакуумная сушка. Данный метод уменьшает теплотраты, поскольку процесс проходит при низких температурах (не более 50°C), ускоряется процесс обезвоживания и, что самое ценное, практически все биологически активные вещества в продукте сохраняются, а герметичность вакуумной камеры обеспечивает его стерильность [3]; участок криопорошков, где для получения порошков применяется метод криогенного измельчения с использованием в качестве хладагента жидкого азота.

Вакуумные сушилки [4] имеют относительно высокую стоимость, что увеличивает капитальные затраты на проект, однако снижает эксплуатационные затраты по расходу тепла на 25–40%.

Выполнение рабочей камеры из пищевого алюминия позволяет осуществить эффективные санитарные мероприятия и удовлетворить требованиям санитарно-эпидемиологических норм.

В состав комплекса входят: вакуум-камера, противни-нагреватели, система охлаждения, вакуумный и насосный агрегаты, система автоматического управления. Его технические характеристики:

Максимальная загрузка сырья, кг.....	200
Электрическая мощность суммарная, кВт.....	25
Средняя по времени потребляемая мощность, кВт.....	5
Габаритные размеры:	
- диаметр камеры, м.....	1,4
- длина камеры, м.....	3
- максимальная высота, м.....	2
Расход воды, куб.м/час.....	3
Максимальное разряжение, Па.....	40
Температура нагрева сырья, °С.....	30..80
Время сушки, час.....	8-10

После замораживания осушенных продуктов с использованием жидкого азота производится криоизмельчение продукта на криогенной мельнице.

В результате он превращается в монодисперсные частицы диаметром 50–500 мкм.

Это позволяет иметь постоянными химическую структуру и количественное содержание гаммы биологически активных веществ.

**Особенности криоизмельченного продукта.** Получаемый криопорошок представляет собой мелкодисперсную систему с размером частиц не более 50 мкм и влажностью 2–3%, представляющую собой природный комплекс витаминов с неограниченным сроком хранения.

Способ получения порошков из свежих фруктов и овощей с помощью вакуумной сушки позволяет сохранить практически полностью биологическую ценность первоначального сырья [5].

Один из самых нестойких – витамин С – при таком способе сушки сохраняется на уровне до 63% от его первоначального количества в течение всего срока хранения, в то время как в плодах яблок за восемь месяцев хранения витамин С разрушается на 70%, другие витамины (особенно катехины) сохраняются на 80–90%.

Порошки овощей и фруктов могут служить наполнителями хлебобулочных и колбасных изделий, сливочного масла и кисломолочных напитков, употребляться самостоятельно, в смеси и как приправа к мясу, рыбе, творогу, кашам и т.д.

Таким образом, криопорошки и сухие продукты из растительного сырья различного происхождения выступают в качестве товара, богатого витаминами и биологически активными веществами.

**Заключение.** Предложено решение проблемы сохранения и более полного использования растительного сырья путем применения современных методов переработки с использованием вакуумной сушки и криогенного измельчения, обладающих щадящими режимами получения качественной продукции. Криопорошок обладает практически неограниченным сроком хранения и является естественным концентратом целого ряда биологически активных веществ, включая витамины, пектиновые вещества и микроэлементы. На основе данного агроинженерного подхода предлагается создание малого агропромышленного предприятия.

### Список литературы

1. *Круглякова, Г. В.* Заготовки, хранение и переработка дикорастущих ягод и грибов / Г. В. Круглякова; 2-е изд., перераб. – М.: Экономика, 1991. – 159 с.
2. *Гинзбург, А. С.* Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности / А. С. Гинзбург. – М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с.
3. *Гришин, М. А.* Установка для сушки пищевых продуктов: Справочник / М. А. Гришин, В. И. Атаназевич, Ю. Г. Семенов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 215 с.
4. *Левачев, Н. А.* Механизация погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ в пищевой промышленности / Н. А. Левачев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 184 с.
5. *Кац, З. А.* Производство порошкообразных фруктовых и овощных продуктов в СССР и за рубежом / З. А. Кац, Л. Я. Корнева, А. Н. Горенькова. Обзор информ. – М.: ЦНИИТЭИ. Пищепром, 1984.

Статья поступила в редакцию 05.09.08

*A. G. Pozdeyev, V. P. Sapsin, V. I. Fedukov*

### USE OF AGRO-ENGINEERING METHOD AT PROCESSING AGRICULTURAL AND WOOD RAW MATERIAL, CRUDE DRUG (VACUUM DRYING AND CRYOGENIC CRUSHING)

*Features of the vegetative raw material involved in the technological process of a small agro-industrial enterprise processing agricultural and wood raw material as well as crude drug for manufacturing dry products and cryogenic powders are revealed. Technological process is developed, qualities and technological features of getting end-product are determined.*

---

*ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – проблемы водного транспорта и комплексного освоения водных ресурсов; математическое моделирование в гидродинамике и экологии. Автор более 60 научных работ.

*САПЦИН Валерий Петрович* – доктор технических наук, профессор кафедры водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – агроинженерная экология, гидравлика, надежность и безопасность гидротехнических сооружений, водный транспорт леса. Автор более 100 научных работ.

*ФЕДЮКОВ Владимир Ильич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой стандартизации, сертификации и товароведения МарГТУ. Область научных интересов – экологическое лесоводство, квалитетрия. Автор более 130 научных работ.

УДК 574:519

С. Я. Алибеков, А. Г. Поздеев, Е. М. Царев

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ СКОРОМОРОЗИЛЬНЫХ АППАРАТОВ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Представлена методика расчета динамического теплообменника. Все теплофизические параметры динамического теплообменника сравниваются с базовым стационарным ребристым трубным воздухоохладителем с прямоугольными ребрами. Установлено преимущество динамических систем воздухоохлаждения над стационарными.*

**Введение.** Широкое распространение фермерских хозяйств вызывает необходимость создания новых типов холодильного оборудования малой производительности. Результаты системного анализа лесных комплексов показывают, что оборудование для лесного фермерства должно обладать мобильностью в регулировании рабочих параметров в широком диапазоне [1].

Холодильное технологическое оборудование и, в особенности, скороморозильные аппараты, отличается большими габаритами и весом, что в условиях работы малых предприятий приводит к дополнительным затратам при его транспортировке и эксплуатации на ограниченных площадях. Практически исключается создание мобильного холодильного оборудования, устанавливаемого на транспортных средствах. Основные проблемы в снижении массогабаритных показателей холодильного оборудования вызывают трубные теплообменники с пластинчатым оребрением, наиболее распространенные в источниках холодоснабжения [2].

Поэтому разработка новых типов теплообменников, в частности, оснащенных динамически устойчивой, замкнутой в кольцо ленты, приводимой в движение относительно трубопровода с хладагентом (динамический ленточный радиатор), является актуальной задачей.

**Цель работы** – создание методики расчета динамических теплообменных аппаратов воздухоохладителей, предназначенных для использования в составе мобильного и малогабаритного скороморозильного технологического оборудования агропромышленных комплексов.

**Принцип действия и схема расчета динамических теплообменников.** Принцип действия динамического ленточного радиатора (рис. 1) состоит в следующем. Замкнутая в кольцо тонкая металлическая лента постоянной толщины и ширины приводится во вращение участком трубопровода с холодильным агентом. Движение ленты без скольжения относительно трубопровода обеспечивается двумя вращающимися в противоположных направлениях роликами.

Лента в поперечном сечении трубопровода принимает удлиненную устойчивую форму и может быть разбита на несколько расчетных однотипных участков (рис. 2).

Трение и теплоотдача ленточного теплообменника определяются в следующей последовательности.

Задается длина ленты  $l$  и с помощью кинематического расчета определяется форма кривой и производится деление ее на три расчетных участка: два прямолинейных и криволинейный. Выбирается скорость движения  $v_c$  ленты и температура  $T_w$  ее поверхности. Задается температура охлаждаемой среды  $T_\infty$ .

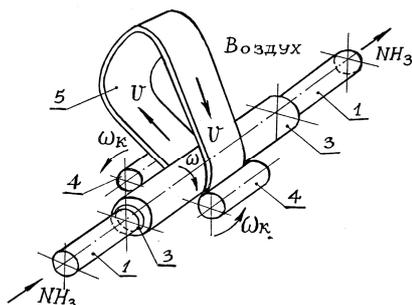


Рис. 1. Схема ленточного динамического воздухоохлаждителя с теплопередачей через подшипниковый узел: 1 – трубопровод с хладагентом; 2 – теплопоглощающий элемент (барaban), корпус подшипникового узла; 3 – сальниковые уплотнения подшипникового узла; 4 – кинематические связи (катки); 5 – ленточный радиатор

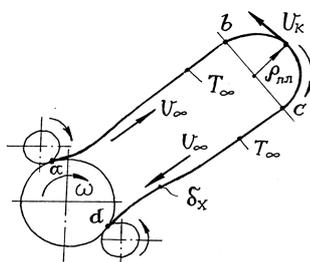


Рис. 2. Схема разделения динамического ленточного радиатора на расчетные участки

Создание устойчивой пространственной формы ленточного радиатора в виде тонкой металлической ленты требует высоких скоростей ее движения. Условие квазистационарности формы ленты ( $T_{\min} \geq 0$ , где  $T_{\min}$  – минимальная продольная сила в поперечном сечении ленты) требует довольно высоких оборотов теплопоглощающего элемента (барабана) порядка нескольких сотен оборотов в минуту. В этих условиях надежность работы сальниковых уплотнений, гарантирующая от утечек аммиака в атмосферу, не может быть обеспечена. Кроме того, при повышенных требованиях к быстроходности барабана на него воздействуют быстропеременные нагрузки со стороны ленточного радиатора. Существенная динамическая асимметрия нагрузок на сальниковые уплотнения приводит к быстрому их износу.

Для обеспечения надежной работы динамических воздухоохлаждителей необходимо включение в систему подшипникового узла (см. рис. 1).

Далее рассматривается только подшипниковый узел, заполненный теплопроводной смазывающей жидкостью.

Решение контактно-гидродинамической проблемы [3] в общей постановке заключается в совместном решении трех взаимосвязанных задач: гидродинамической – для протекающего через зазор смазывающего вещества; контактной – для трущихся поверхностей; тепловой – для смазочного вещества и трущихся поверхностей. Поэтому для инженерных расчетов ограничимся решением указанных задач методом суперпозиции решений [4].

Предположим, что жидкость обладает ньютоновскими свойствами и ее вязкость зависит от давления по закону Баруса:

$$\mu = \mu_0 e^{\eta k_0},$$

где  $\mu_0$  – вязкость при атмосферном давлении, Па с;

$\eta$  – пьезокоэффициент вязкости, м<sup>2</sup>/Н;

$k_0$  – гидродинамическое давление в данной точке, Па.

Определим поверхности теплообмена. Расчеты будем основывать на совместном решении уравнений теплового баланса и теплопередачи.

#### Методика расчета воздухоохладителя.

Ребристотрубный воздухоохладитель с прямоугольными ребрами полагается базовым. Номинальную холодопроизводительность примем равной  $Q = 10^4$  Вт, в качестве холодильного агента используется аммиак при рабочей температуре  $t_0 = -40^\circ \text{C} = 233,15 \text{ К}$ . Исходная температура воздуха  $t_1 = +20^\circ \text{C} = 293,15 \text{ К}$ . Вид теплообмена – от охлаждаемого воздуха к хладагенту с перекрестным током.

Введем постоянные величины, характеризующие процесс охлаждения:

1) барометрическое давление  $Ba = 1,013 \cdot 10^5$  Па; 2) ускорение свободного падения  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ; 3) газовая постоянная сухого воздуха  $R_{1C} = 29,27 \text{ м/К}$ ; 4) теплоемкость сухого воздуха при исходной температуре  $t_{1H} = 20^\circ \text{C}$  равна  $C_{p1H} = 1,005 \cdot 10^3$  Дж/кг, а при конечной температуре  $t_{1K} = -35^\circ \text{C}$  она составит  $C_{p1K} = 1,013 \cdot 10^3$  Дж/кг, поэтому расчетное значение равно  $C_{p1} = 1,009 \cdot 10^3$  Дж/кг; 5) примем массовое расходное паросодержание аммиака на входе в теплообменник  $X_1 = 0,2$ , и, задавая кратность циркуляции аммиака  $P_c = 5$ , найдем величину массового расходного паросодержания на выходе из аппарата  $X_2 = X_1 + \frac{1}{k_c} = 0,4$ ; 6) удельная теплота парообразования аммиака при заданной температуре  $r_0 = 1,3915 \cdot 10^6$  Дж/кг; 7) коэффициент теплопроводности материала трубы (сталь)  $\lambda_m = 45,4 \text{ Вт/(м·К)}$ ; 8) коэффициент теплопроводности материала ребра (сталь)  $\lambda_p = 45,4 \text{ Вт/(м·К)}$ ; 9) шаг труб по фронту  $S_1 = 0,06 \text{ м}$ ; 10) шаг труб по потоку воздуха  $S_2 = 0,06 \text{ м}$ ; 11) наружный диаметр труб  $d_n = 0,022 \text{ м}$ ; 12) внутренний диаметр труб  $d_g = 0,018 \text{ м}$ ; 13) число труб по фронту  $n_\phi = 20$ ; 14) толщина ребра  $\delta_p = 0,001 \text{ м}$ ; 15) высота пластины по фронту  $H_n = 0,117 \text{ м}$ ; 16) ширина пластины по потоку  $b_n = 0,117 \text{ м}$ ; 17) число труб, охватываемых пластиной  $n_1 = 4$ ; 18) расход воздуха  $L_1 = 5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Для расчета динамических теплообменников используем однотрубную систему снабжения хладагентом, ориентируясь на параметры базового ребристотрубного воздухоохладителя. Оставив геометрические характеристики сечения без изменения, определяем минимальную длину трубопровода в его активной части.

В заключение определим характеристики движения ленты теплообменника.

Найдем параметр скорости ленты  $\mu = \frac{C_f V_c^2}{m_0} = 5,3 \text{ м/с}$ , который меньше величины

$g (\mu < g)$ , поэтому равновесных форм стационарного движения ленты не существует. Лента может сохранять свою динамическую форму только в направляющих.

**Выводы.** В результате расчетов получаем тепловые характеристики теплообменников с динамическим ленточным радиатором и теплопроводным подшипником.

Сравнение теплофизических параметров воздухоохладителей позволило выявить преимущество динамических систем воздухоохлаждения над стационарными.

---

*Список литературы*

1. Арзамасцев, А. Д. Проект программы «Управление ресурсным потенциалом сельскохозяйственно-го и лесного комплексов Республики Марий Эл» / А. Д. Арзамасцев, Ю. Я. Дмитриев, А. Г. Поздеев, В. Г. Самойленко // Управление ресурсным потенциалом сельскохозяйственного и лесного комплексов Республики Марий Эл. Материалы научно-практ. семинара. – Йошкар-Ола: Институт гос. службы и управления при Президенте Республики Марий Эл, 1996. – 60 с.
2. Арманд, А. А. Расчет переходных процессов в теплообменниках / А. А. Арманд // Теплообмен при высоких температурах и других специальных условиях. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – С. 150–156.
3. Кодонир, Д. С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин / Д. С. Кодонир. – М.: Машиностроение, 1976. – 304 с.
4. Галицкий, Б. М. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках / Б. М. Галицкий, Ю. А. Рыжов, Е. В. Якут. – М.: Машиностроение, 1977. – 256 с.

Статья поступила в редакцию 05.09.08

*S. Ya. Alibekov, A. G. Pozdeyev, E. M. Tzaryov*

**DYNAMIC HEAT EXCHANGERS OF FAST-FREEZING DEVICES  
OF AGRO-ENGINEERING COMPLEXES**

*The technique for calculating the dynamic heat exchanger is submitted. All the thermal physical parameters of the dynamic heat exchanger are compared with a basic stationary ribbed-pipe air cooler with rectangular ribs. The advantage of dynamic systems of air cooling above stationary ones is established.*

---

*АЛИБЕКОВ Сергей Якубович* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машиностроения и материаловедения МарГТУ. Область научных интересов – вопросы инженерной экологии, композиционные порошковые материалы, термическая обработка сплавов. Автор более 120 научных работ.

*ПОЗДЕЕВ Анатолий Геннадиевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водных ресурсов МарГТУ. Область научных интересов – проблемы водного транспорта и комплексного освоения водных ресурсов; математическое моделирование в гидродинамике и экологии. Автор более 60 научных работ.

*ЦАРЕВ Евгений Михайлович* – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленных производств. Область научных интересов – вопросы инженерной экологии и защиты водных ресурсов при сплаве леса. Автор 76 научных работ.

## ДАТЫ. СОБЫТИЯ. КОММЕНТАРИИ

УДК 634.9

### Юбилей профессора **Ивана Алексеевича Алексева**

Исполнилось 80 лет профессору Ивану Алексеевичу Алексеву – замечательному ученому, человеку большого масштаба, которым по праву гордится наш университет.

Иван Алексеевич Алексеев родился 28 августа 1928 года в Цивильском районе Чувашской АССР. После окончания Цивильской средней школы в 1945 году он поступил в Поволжский лесотехнический институт им. М. Горького, который с отличием окончил в 1950 году.

Вся жизнь Ивана Алексеевича, начиная со студенческих лет, связана с наукой. И его первые шаги в науке уже свидетельствовали о большом даре ученого, широте его интересов и организаторском таланте.

Первые попытки научной деятельности профессора И. А. Алексева относятся к работам в студенческом научном кружке по таксации леса под руководством профессора П. В. Воропанова по километрическим определениям объемов маломерных стволов сосны, ели, березы и осины.

После окончания института Иван Алексеевич был направлен на работу таксатором в Западно-Сибирский аэрофотолесоустроительный трест Всесоюзного объединения «Леспроект», где ему пришлось устраивать леса в предгорной местности Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа, в пределах Кемеровской и юго-востока Новосибирской областей. Результатом этой работы стала рукопись «Типы лесов черневой тайги и их таксационные и ландшафтные характеристики», которая имела большой практический интерес для таксаторов при дешифровке таксационных характеристик труднодоступных участков сильнопересеченной местности по аэрофотоснимкам.

Опыт работы в заповедниках и лесах находит отражение в научных трудах И. А. Алексева. Еще до защиты кандидатской диссертации его доклад «Фитопатологическая оценка лесохозяйственных мероприятий в Теллермановском лесу», прозвучавший на первой межвузовской конференции в 1958 году, привлек внимание многих ученых и производственников. Результаты исследований автора в дубравах Теллермановского леса легли в основу кандидатской диссертации на тему «Фаутиность старовозрастных насаждений Теллермановского леса и ее влияние на долговечность деревьев и товарные качества лесоматериалов», успешно защищенной в 1959 году в Воронежском лесотехническом институте.



После окончания аспирантуры И. А. Алексеев работает главным лесничим Хоперского государственного заповедника, где наряду с практической деятельностью занимается научно-исследовательской работой: изучает влияние чрезмерного нерегулируемого роста поголовья пятнистых оленей, лосей, зубров на санитарные характеристики сосновых, черноольховых, ильмовых, осиновых и дубовых насаждений. Результаты большей части выполненных работ были опубликованы в трудах заповедника. В 1958–1960 гг. И. А. Алексеев закладывает свои первые опыты по применению физико-механического и лесокультурного способов защиты сосновых насаждений от поражения корневой губкой, анализирует результаты опытов по локализации очагов усыхания.

В связи с реорганизацией Хоперского заповедника И. А. Алексеев переходит на работу в Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации (УкрНИИЛХА) им. Г. Н. Высоцкого при Украинской академии сельскохозяйственных наук. Здесь по предложению ученого совета института Алексеев вплотную занимается проблемой борьбы с корневой губкой в сосновых насаждениях. Для реализации этой задачи Иван Алексеевич переезжает в район наиболее сильного разрушения лесов корневой губкой – в Черниговскую область, Придеснянский опорный пункт по борьбе с эрозией почв. В течение двух лет И. А. Алексеев анализирует результаты опытов, заложенных своим предшественником П. И. Ключниковым, по защите от заражения корневой губкой пней от рубок ухода в сосновых культурах. По его рекомендации на сотнях гектаров создаются сосновые культуры, устойчивые к первичному и вторичному заражению опасным патогеном. Большинство заложенных более 40 лет назад опытов по созданию устойчивых лесов сохранились до настоящего времени, они являются ценными объектами для научных исследований. При контрольном обследовании части опытов в 2002 году выявилась их весьма высокая эффективность.

Во время работы на Украине И. А. Алексеев плодотворно сотрудничал с учеными Польского научно-исследовательского института лесного хозяйства (проф. Г. Орлось, науч. сотр. З. Тваровска), Чехословацкого научно-исследовательского института лесного хозяйства (канд. наук В. Янчаржик), Хельсинкского университета (проф. Тауно Каллио, доц. Лалли Лайно), Голландии (проф. Дж. Греммен). Результаты научных исследований И. А. Алексеева опубликованы в научных журналах Польши, Англии и других стран. Среди многочисленных публикаций времен работы на Украине внимание многих исследователей привлекли проблемные статьи «Роль корневой губки в формировании лесной среды» (1963), «Лесохозяйственные меры борьбы с корневой губкой» (1969), «Способы обследования насаждений, пораженных корневой губкой» (1974). В этот же период И. А. Алексеев активно выступает с научными докладами на симпозиумах микологов прибалтийских республик, межвузовских конференциях в Москве, Минске, Воронеже, Киеве, Львове, на многочисленных научных конференциях по защите леса. Непосредственно на опытных научно-исследовательских объектах И. А. Алексеева были проведены две всесоюзные конференции.

Результаты заложенных опытов легли в основу докторской диссертации на тему «Научные основы лесохозяйственных мер борьбы с корневой губкой в лесах Полесья и лесостепи УССР», успешно защищенной в 1975 году в Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова. В 1976 году по приглашению проф. М. Д. Данилова, возглавлявшего в то время Марийский политехнический институт, И. А. Алексеев переезжает в Йошкар-Олу и становится профессором кафедры технологии деревообработки. В январе 1977 года И. А. Алексеев по предложению ректората создает кафедру гидротермической обработки древесины и древесиноведения. Он проходит стажировку в Московском лесотехническом институте, где слушает лекции известных в мире

профессоров: Б. Н. Уголева, П. С. Серговского, А. И. Воронцова, И. С. Мелехова и др. Благодаря своей коммуникабельности и несомненному таланту организатора И. А. Алексеев налаживает тесные контакты с одноименными кафедрами в Свердловске (проф. В. Н. Петри, проф. Д. А. Беленков), в Ленинградской лесотехнической академии (проф. О. И. Полубояринов, проф. В. А. Соловьев), в Брянском технологическом институте (проф. В. В. Памфилов), в Воронежском лесотехническом институте (доц. К. Ф. Дьяконов).

С началом работы в Марийском политехническом институте круг научных интересов И. А. Алексеева значительно расширился. Он занимается изучением новых проблем по использованию древесины, активно участвует в выполнении хоздоговорных тем кафедры по вопросам улучшения качества сушки древесины, контроля технологических процессов деревообработки, стандартизации и управления качеством продукции в деревообрабатывающей промышленности и др. Одновременно Иван Алексеевич активно участвует в выполнении тем лесохозяйственного направления, руководителями которых являлись известные ученые, профессора В. И. Пчелин, П. М. Верхунов, М. М. Котов, А. Х. Газизуллин, плодотворно работает в комплексной целевой программе «Марийский лес». Расширилась и география научных исследований: Сибирь, Урал, Ленинградская область, Грузия, Среднее Поволжье, Тюменская область, Казахстан, Волгоградская область.

К научным достижениям И. А. Алексеева в период работы в Марийском государственном техническом университете относятся:

- разработка унифицированного метода оценки санитарного состояния насаждений;
- введение в практику обследований параметров отпада деревьев по группам причин;
- предложение метода многовариантного определения эффективности лесозащитных мероприятий (технической эффективности по годичному отпаду, приросту очагов усыхания, условной фауны, патогенности возбудителя болезни; хозяйственной, экономической, энергетической и экологической эффективностям по четко определяемым параметрам);
- разработка прогнозных характеристик насаждений по результатам разового и многократного учетов и предложение шкал для оценки;
- установление способов ролевой оценки показателей вирулентности, агрессивности и патогенности комплексных патологических факторов;
- предложение новых способов определения качества рубок ухода в сосновых насаждениях;
- использование моделей сукцессии дереворазрушающих грибов в свежих пнях хвойных и лиственных пород для прогнозирования возможного развития отдельных видов опасных корневых гнилей.

Научная новизна указанных разработок подтверждена полученными 26 патентами и авторскими свидетельствами. Публикации И. А. Алексеева поражают не только глубиной научной мысли, но и количеством – 350 научных работ, в том числе 12 монографий и 8 учебных пособий. Важнейшими чертами трудов И. А. Алексеева являются высокий теоретический уровень, насыщенность оригинальными результатами опытных исследований, проводимых ученым в течение многих лет. Созданная под его руководством база данных по качественной характеристике древостоев основных древесных пород насчитывает более 800 пробных площадей.

Научную деятельность Иван Алексеевич сочетает с напряженной педагогической работой. Многие ученики стали его коллегами, 12 аспирантов и 5 докторантов защитили под его руководством диссертации и благодарны ему не только за научные рекомен-

дации, но и за организацию защиты. По настоящее время профессор с увлечением читает лекции по лесному товароведению с основами древесиноведения и лесной фитопатологии.

Широка и многогранна общественная деятельность Ивана Алексеевича. В течение 40 лет он возглавлял региональные отделы Географического общества СССР, за что был награжден Почетным дипломом этого общества. В 1977–1988 гг. он возглавлял совет НТО Марийской АССР. С 1977 года по настоящее время состоит членом правления «Современные проблемы древесиноведения» при Международной академии древесиноведения (ИАВС).

Иван Алексеевич Алексеев не только неутомимый труженик, видный ученый – он просто замечательный человек, которого сотрудники университета ценят за его неравнодушие и общительность. В свои 80 лет душой он кажется моложе некоторых своих коллег, которые значительно младше его.

Любовь и уважение коллег вызывает не только его профессиональная деятельность, но и его неутомимая энергия, способность любить жизнь и радоваться всем ее проявлениям, его порядочность и цельность натуры. Помимо дальнейших творческих успехов, которые, несомненно, впереди, мы хотим пожелать ему долгих лет жизни, радости общения с близкими людьми и коллегами.

**Ю. П. Демаков, Н. Н. Гаврицкова**

Статья поступила в редакцию 09.09.08

---

*ДЕМАКОВ Юрий Петрович* – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ. Область научных интересов – устойчивость лесных биогеоценозов, модели в фитоценологии. Автор более 140 публикаций.

*ГАВРИЦКОВА Наталья Николаевна* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры управления природопользованием и лесозащиты МарГТУ. Область научных интересов – санитарное состояние лесопарков и пригородных лесов. Автор 407 публикаций.

## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала «Вестник Марийского государственного технического университета» принимает к публикации статьи, соответствующие профилю издания, объемом не более 15 страниц, включая рисунки.

Статья должна содержать только оригинальный материал, отражающий результаты исследований автора, завершенных не более чем за год до публикации.

К печати будут приниматься материалы, которые не опубликованы и не переданы в другие редакции. Статьи подвергаются обязательному рецензированию. Рецензенты назначаются редколлегией журнала. Мнение рецензента доводится до автора представленных работ. В «Вестнике ...» печатаются только статьи, получившие положительные рецензии.

### Требования к оригиналам представляемых работ

#### *Структура научной статьи*

1. Аннотация (3-4 предложения), ключевые слова.
2. Введение (оценка состояния вопроса, основанная на обзоре литературы с мотивацией актуальности; выявленное противоречие, позволяющее сформулировать проблемную ситуацию).
3. Цель работы, направленная на преодоление проблемной ситуации (1-2 предложения).
4. Решаемые задачи, направленные на достижение цели.
5. Математическое, аналитическое или иное моделирование.
6. Техника эксперимента и методика обработки или изложение иных полученных результатов.
7. Интерпретация результатов или их анализ.
8. Выводы, отражающие новизну полученных результатов, показывающих, что цель, поставленная в работе, достигнута.

#### *Требования к оформлению статьи*

Статья должна быть представлена в электронном виде и компьютерной распечатке (2 экз.) на бумаге формата А4. Размер шрифта 12 пт, межстрочный интервал одинарный. Поля: справа – 2 см, слева, сверху и снизу – 3 см.

На первой странице статьи слева печатается УДК (размер шрифта 12 пт, прямой, светлый). Ниже, справа – инициалы, фамилия автора (размер шрифта 14 пт, курсив, жирный). Ниже, по центру – название статьи (размер шрифта 14 пт, прямой, жирный).

Далее размещается аннотация. Аннотация статьи представляется на **русском и английском языках**.

Рисунки, графики, таблицы должны иметь нумерационный и тематический заголовки (размер шрифта 10 пт).

Таблицы и рисунки должны быть вставлены в текст после абзацев, содержащих ссылку на них.

Размеры иллюстраций не должны превышать размеров текстового поля (не более 15 см).

Список литературы оформляется согласно порядку ссылок в тексте (где они указываются в квадратных скобках) и обязательно в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.

**Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.**

Статья должна быть подписана автором. После подписи автора и даты указываются его фамилия, имя, отчество (полностью), место работы, должность, область научных интересов, количество опубликованных работ, телефон, домашний адрес.

К статье прилагаются следующие **документы**:

- выписка из протокола заседания кафедры;
- экспертное заключение о возможности опубликования.

Материалы представляются в папке с завязками (каждая статья в отдельной папке).

---

Подписка на журнал осуществляется по каталогу «Газеты. Журналы» Агентства «Роспечать» (подписной индекс **42920**, тематический указатель: Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов).

Следующий номер журнала выйдет в декабре 2008 года.