
Федеральное агентство по образованию

Научный журнал
**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ПЕТРОЗАВОДСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**
(продолжение журнала 1947–1975 гг.)

№ 1, Март, 2008

Серия: Естественные и технические науки

Главный редактор

А. В. Воронин, доктор технических наук, профессор

Зам. главного редактора

Н. В. Доршакова, доктор медицинских наук, профессор

Э. В. Ивантер, доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН

Н. В. Ровенко – ответственный секретарь журнала

Перепечатка материалов, опубликованных
в журнале, без разрешения редакции запрещена.

Статьи журнала рецензируются.

Адрес редакции журнала

185910, Республика Карелия,
г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 272.

E-mail: uchzap@mail.ru

uchzap.petrSU.ru

Редакционная коллегия серии
«Естественные и технические науки»

- | | |
|--|--|
| А. Е. БОЛГОВ
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор (Петрозаводск) | В. И. СЫСУН
доктор физико-математических наук,
профессор (Петрозаводск) |
| Н. Н. НЕМОВА
доктор биологических наук,
профессор, член-корреспондент
РАН (Петрозаводск) | В. С. СЮНЁВ
доктор технических наук,
профессор (Петрозаводск) |
| В. И. ПАТЯКИН
доктор технических наук,
профессор (Санкт-Петербург) | Б. М. ШИРОКОВ
кандидат физико-математических наук,
доцент (Петрозаводск) |
| Е. И. РАТЬКОВА
ответственный секретарь серии (Петрозаводск) | В. В. ЩИПЦОВ
доктор геолого-минералогических наук,
профессор (Петрозаводск) |

Редакционный совет

- | | |
|--|--|
| В. Н. БОЛЬШАКОВ
доктор биологических наук,
профессор, академик РАН
(Екатеринбург) | И. В. РОМАНОВСКИЙ
доктор физико-математических наук,
профессор (Санкт-Петербург) |
| И. П. ДУДАНОВ
доктор медицинских наук,
профессор, член-корреспондент
РАМН (Петрозаводск) | Е. С. СЕНЯВСКАЯ
доктор исторических наук,
профессор (Москва) |
| В. Н. ЗАХАРОВ
доктор филологических наук,
профессор (Москва) | СУЛКАЛА ВУОККО ХЕЛЕНА
доктор философии,
профессор
(г. Оулу, Финляндия) |
| А. С. ИСАЕВ
доктор биологических наук,
профессор, академик РАН (Москва) | Л. Н. ТИМОФЕЕВА
доктор политических наук,
профессор (Москва) |
| Н. Н. МЕЛЬНИКОВ
доктор технических наук,
профессор, академик РАН (Апатиты) | А. Ф. ТИТОВ
доктор биологических наук, профессор,
член-корреспондент РАН
(Петрозаводск) |
| В. П. ОРФИНСКИЙ
доктор архитектуры, профессор,
действительный член Российской
академии архитектуры и строительных
наук (Петрозаводск) | МИЛОСАВ Ж. ЧАРКИЧ
ведущий профессор Сербской
Академии наук и искусств
(г. Белград, Сербия) |
| ПААВО ПЕЛКОНЕН
доктор технических наук,
профессор (г. Йюенсуу, Финляндия) | Р. М. ЮСУПОВ
доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РАН
(Санкт-Петербург) |

СОДЕРЖАНИЕ

ИСТОРИЯ ЖУРНАЛА: Чернякова И. А. Ученые записки Петрозаводского государственного университета: 1947–19755

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

Орфинский В. П.

Кризис традиционного деревянного зодчества и проблемы постэтничности13

Медведев П. П., Гашков И. И.

Исследование морфологии традиционных групповых систем населенных мест Российского Севера23

Петров А. Н., Воронин З. А., Евсеева А. В.

Физически-нелинейный расчет железобетонных балок-стенок с трещинами методом конечных элементов31

Рочев А. А.

Математическая модель рамной конструкции из составных упругопластических элементов36

БИОЛОГИЯ

Ивантер Э. В.

К популяционной организации политипического вида (на примере рыжей полевки – *Clethrionomys glareolus Shreb*)39

Богдан В. В., Шкляревич Г. А.

Оценка состояния прибрежных экосистем Белого моря по эколого-биологическим и биохимическим показателям у амфипод61

Коросов А. В.

Двухконтурная отрицательная обратная связь и модель терморегуляции гадюки74

Шкляревич Г. А.

К экологии махаона *Papilio Machaon* на Кольском полуострове83

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Мишенева Е. Ю.

Генетическая оценка айрширских быков по резистентности к маститу методом наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP)87

Сиротинина В. Ю.

Показатели воспроизводства молочных коров в зависимости от сроков первого осеменения после отела92

Гаврилова О. И., Хлюстов В. К.

Классификация лесных питомников по выращиванию посадочного материала хвойных пород95

Юрьева А. Л.

Рост лесных культур сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris*) в условиях вейниково-луговиковых вырубок Карелии101

Хлюстов В. К., Гаврилова О. И., Морозова И. В.

Модели временной динамики роста и продуктивности *Chamaenerion Angustifolium* на минерализованной почве вырубок Карелии107

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Питухин А. В.

Оценка периода зарождения усталостной трещины от риска после механической обработки111

Шиловский В. Н., Гольштейн Г. Ю., Саливоник А. В.

К вопросу управления эксплуатационной эффективностью лесозаготовительных машин114

Васильев А. С., Никонова Ю. В., Раковская М. И.

Математическое моделирование технологического процесса очистки древесины в корообдирочном барабане117

Щеголева Л. В., Лукашевич В. М.,

Шукин П. О., Корнилов К. А.

Использование современных компьютерных технологий в изучении природно-производственных условий организации и оценки качества проведения лесозаготовительных работ120

Герасимов Ю. Ю., Сюнёв В. С., Соколов А. П.

Сравнение лесозаготовительных (валочных) машин по эргономическим критериям124

Галактионов О. Н.

Концентрация отходов лесозаготовок на лесосеках131

Родионов А. В., Цыпук А. М.

Моделирование экономической эффективности интенсивного неистощительного лесопользования (на примере Республики Карелия)140

Научная информация145

Юбилей146

Информация для авторов147

Contents148

Редактор Л. П. Соколова. Переводчик Е. И. Соколова. Дизайн, верстка И. Г. Лежнев.

Подписано в печать 18.03.2008. Формат 60x90 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
19,5 уч.-изд. л. Тираж 500 экз. Изд. № 66

Отпечатано в типографии Издательства
Петрозаводского государственного университета
185910 Республика Карелия,
г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33



**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
ЖУРНАЛА**
Профессор,
доктор технических наук
А. В. Воронин

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Перед вами первый номер возобновленного научного журнала «Ученые записки Петрозаводского государственного университета», который выходил с 1947 по 1975 год и представлял собой политематическое издание, широко известное в научных кругах нашей страны. И сегодня очень важно развивать традиции, приумножать научные изыскания, которыми богат наш университет.

В настоящее время Петрозаводский университет – один из крупнейших на Северо-Западе России – ведет большую научную деятельность в рамках 22 отраслей науки по 54 направлениям. В структуру университета входят 4 НИИ, Карельский Региональный Институт управления, экономики и права (КРИУЭП), IT-парк и Региональный Центр новых информационных технологий, 48 факультетских центров и научных лабораторий, 16 общеуниверситетских центров. В вузе насчитывается более 70 научных и научно-педагогических школ. Научные школы в области физики плазмы, математического моделирования и информационных технологий, микроэлектроники, истории и теории архитектуры, медицины, биологии и экологии, филологии, инженерных наук, экономики, политических и социальных наук получили российское и международное признание. Результаты исследований наших ученых, несомненно, требуют публикаций. Это и стало одной из главных причин возобновления журнала. Другая причина связана с тем, что наш университет, находясь недалеко от границы с Финляндией и, следовательно, с Евросоюзом, значительную часть своих научных исследований посвящает изучению экономических, социальных, исторических, языковых, культурных связей и явлений, находящихся в зоне взаимного влияния, в состоянии трансграничного перехода. ПетрГУ входит в консорциум Российско-Финляндского трансграничного университета, Северо-Европейского открытого университета, которые включают в себя более тридцати университетов по обе стороны границы. Помимо этого, наш университет активно сотрудничает с вузами США, Канады, Великобритании, Германии, Японии и других стран мира. Таким образом, в журнале найдет свое место отражение результатов международного сотрудничества.

Нет сомнения, что и на новом витке своего развития журнал останется открытым для научных разработок и новых результатов исследований, полученных профессорско-преподавательским составом, докторантами, аспирантами нашего университета, учеными других российских и зарубежных вузов. Мы рады предоставить наши страницы для публикаций всем авторам, занимающимся научной работой, и искренне благодарим всех, кто принимал, принимает и будет принимать участие в создании журнала.



Первый номер Ученых записок.
Том 1, 1946 г.
Научная библиотека ПетрГУ

ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ И КОЛЛЕГИ!

Петрозаводский государственный университет возобновляет издание научного журнала «Ученые записки Петрозаводского государственного университета». Наука продолжает поддерживать свой статус посредством авторитетных периодических изданий, которые не только представляют новейшие достижения в различных областях, но и способствуют формированию и развитию научно-педагогического сообщества, научных школ и направлений.

В новой версии журнала учтены традиции предыдущего издания как в тематических направлениях, так и в оформлении.

Журнал «Ученые записки Петрозаводского государственного университета» представляет собой печатное издание, отражающее результаты научной деятельности в рамках следующих серий:

Естественные и технические науки

- физико-математические науки;
- информатика, информационные системы и технологии;
- эколого-биологические науки;
- медицина и фармакология;
- химические науки;
- сельское и лесное хозяйство;
- науки о Земле.
- технология металлов, машиностроение, приборостроение;
- технология древесины, технология лесозаготовки и лесного хозяйства;
- строительство, архитектура;
- электроника;
- энергетика, энергосбережение, энергоэффективность, автоматизация;
- горное дело

Общественные и гуманитарные науки

- филологические науки;
- исторические науки;
- философия,
- право, юридические науки;
- политика;
- социология;
- экономика;
- педагогика и психология.

Периодичность выхода серий – 4 раза в год. Все поступающие в редакционную коллегию рукописи после регистрации проходят этап обязательного конфиденциального рецензирования.

Редационный совет и редколлегии серий журнала приглашают к сотрудничеству преподавателей, докторантов, аспирантов и студентов Петрозаводского государственного университета, а также других вузов и научных учреждений Республики Карелия, России и за рубежом.

УДК 908 (470.22)

ИРИНА АЛЕКСАНДРОВНА ЧЕРНЯКОВА

кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, зам. декана исторического факультета ПетрГУ по научной работе и международному сотрудничеству, руководитель Исследовательской лаборатории локальной и микроистории Карелии, лауреат премии Республики Карелия
i_chem@psu.karelia.ru

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ПЕТРОЗАВОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА: 1947—1975**

Ученые Записки Петрозаводского государственного университета выходили в свет на протяжении почти трех десятилетий: с 1947 по 1975 год. В общей сложности было выпущено 22 тома. Они подразделялись на выпуски по отдельным наукам, всего увидело свет около 90 выпусков. Первый том – под грифом Карело-Финского университета – подготовили сразу после завершения Великой Отечественной войны, в 1946-м. Его издание было приурочено к шестой годовщине со дня основания университета в Петрозаводске. Соответствующее постановление СНК СССР состоялось 20 июля 1940 г., оно было принято в связи с преобразованием Карельской АССР в союзную республику.

В составе редколлегии первого тома, которую возглавлял ректор КФГУ доц. В. С. Чепурнов, объединились представители разных наук: профессора С. В. Герд (каф. гидробиологии и ихтиологии), А. Я. Кокин (каф. физиологии растений), В. С. Слудкевич (каф. геологии), доценты Я. А. Балагуров (каф. марксизма-ленинизма) и Е. М. Мелетинский (каф. финно-угроведения). В тринадцати статьях, включенных в первый – общий – выпуск Ученых записок, представители гуманитарных и естественных наук подводили итог продолженным несмотря на военное лихолетье ученым занятиям (во многом сконцентрированным на вопросах, важных для Коми АССР, куда университет был эвакуирован) и одновременно ставили задачи развития научного знания в Карелии.

Обращает внимание акцентированная ориентация тематики тома на практические нужды народного хозяйства в условиях северных территорий. В центре внимания – месторождения талькхлоридового камня, шунгит как удобрение, анатомо-физиологическая диагностика заболеваний растений, повышение устойчивости пшеницы, летние миграции ряпушки, семужьи ресурсы, а также способы и возможности промысловой добычи ондатры в Карелии. Открывавшая том статья Я. А. Балагурова, посвященная, казалось бы, далеким от нужд послевоенной советской жизни сюжетам освободительной реформы 1861 г. на Ка-

жимских горных заводах, звучала тем не менее актуально, как любое произведение талантливого историка. Невероятное количество конкретных данных о тяготах повседневности и борьбе за выживание уральских рабочих во второй половине XIX века наверняка способствовало подъему морального духа в преодолении трудностей голода и холода в разрушенной недавней войной стране. Даже статья возглавлявшего тогда кафедру финно-угроведения Д. В. Бубриха о «внутренне-местных падежах в западных группировках финно-угорских языков» не выглядит отвлеченно академичной в свете того, что известно об активной жизненной позиции и личной судьбе ученого – спустя всего два года, не будучи согласен с учением академика Н. Я. Марра о языке, профессор Петрозаводского университета не переживет очередной дискуссии в ЛГУ, а сотрудник его кафедры, член редколлегии Е. М. Мелетинский, будет репрессирован.

Хотелось бы особо отметить высокий профессионализм начатого в 1947 г. издания – статьи первого тома содержат цифровые выкладки в виде таблиц, схемы и карты, множество рисунков, завершаются убедительными библиографическими списками относящейся к изучаемым в них проблемам литературы, а также сопровождаются вовсе не формально-лапидарными, как принято в наши дни, а нередко интересными не одну страницу итоговыми заметками на английском языке.

Уже в момент выхода первого тома сообщалось, что «в дальнейшем университет обязан обеспечить регулярный выпуск Ученых записок» и что второй том, объемом 30 п.л., готов, и сдан в печать в составе нескольких отдельных выпусков [1]. Как явствует из схемы, составленной по наличествующим в библиотечном каталоге ПетрГУ сведениям, ученые коллективы факультетов и кафедр на протяжении двух с половиной десятилетий успешно справлялись с задачей, подготовив и издав восемьдесят семь полновесных сборников статей в области историко-филологических, геологических, биологических,

физико-математических, медицинских, технических, строительных и сельскохозяйственных наук. Некоторые из них были строго тематически ориентированными, что ясно из названий, будь то «Болота и заболоченные земли Карелии» (Т. XII, вып. 2), «Структура реальных кристаллов» (Т. XXI, вып. 1), «Дефицит возбуждения и раздражения» (Т. XIV, вып. 9; Т. XVII, вып. 2) или «Сборник статей кафедры истории КПСС» (Т. XIII, вып. 4; Т. XIV, вып. 5; Т. XV, вып. 1; Т. XVII, вып. 1). Некоторые – юбилейными. Так, в 1970 г. увидел свет сборник «Развитие науки в Карелии за 50 лет Советской власти» (Т. XVI, вып. 4.). В томе внушительного объема (317 с.), ответственным редактором которого выступил заслуженный деятель науки КАССР, доктор биологических наук, профессор Е. А. Веселов, помимо значительных статей подытоживающего характера, представленных учеными ПетрГУ в четырех разделах: гуманитарных (11), естественных (24), медицинских (10) и технических (4) наук, присутствует абсолютно ценный очерк Л. И. Александровой о краеведческой библиографии [2]. Здесь, кроме общих сведений о главных вехах на пути становления библиографической работы в Карелии, причем начиная с дореволюционных времен и во всех сферах знания, приведен еще полный перечень библиографических справочников. В прилагаемом списке находим не только все когда-либо увидевшие свет специальные указатели литературы по вопросам истории и культуры, природным ресурсам и народному хозяйству в целом, но и всякого рода рекомендательные тематические списки и перечни книг и статей, опубликованные в виде приложений, известные лишь узкому кругу специалистов, а может быть и неизвестные вовсе.

В целом из 87 выпусков, изданных в 1940–1970-е гг. в составе 22-х томов Ученых записок Петрозаводского госуниверситета, 27 сборников представляют биологические и сельскохозяйственные науки; 25 – гуманитарные науки: историю, филологию, философию; 17 – медицинские науки; 9 связаны с физико-математическими науками и механикой. Кроме того, три выпуска были посвящены проблемам технических наук, главным образом автоматизации и механизации лесозаготовительного производства; два – строительству и архитектуре и еще два – геологии. Говоря о месте геологических наук в данном издании, надо иметь в виду, что на начальном этапе геологический факультет играл едва ли не ключевую роль в Петрозаводском университете, наряду с историко-филологическим, биологическим и Физико-математическим. Не случайно выпуски Ученых записок поначалу даже нумеровались очевидно заданным образом (табл. 1).

Очевидно и то, что к 1975 году выпуски, задуманные по наукам в целом, разделились на множество тематически ориентированных сборников. Так, в рамках «Медицинских наук» в 1973–1975 гг. вышло пять: «Актуальные вопросы медицины»,

«Вопросы судебной медицины и криминалистики», «Вопросы кардиологии, эндокринологии и гематологии», «Турникетный шок и синдром длительного сдавления», «Вопросы гистотопографии и частной патологии органов пищеварения».

Более чем весомой предстает роль, которую взяли на себя в период издания Ученых записок кафедры историко-филологического факультета, в частности: истории СССР (более раннее название – народов СССР) и истории КПСС (соответственно – марксизма-ленинизма). Из 25 выпусков гуманитарного направления 16 были подготовлены именно их сотрудниками [3]. При этом шесть первых сборников носили общий характер, собирая вплоть до начала 1960-х гг. статьи как по историческим, так и по филологическим наукам. Редакционную коллегию возглавлял поначалу исключительно ректорат (с 1949 по 1955 г. – сменивший В. С. Чепурнова в должности ректора доцент И. С. Яковлев), затем – проректор по учебной работе доцент М. Г. Никулин (в 1956–1958 гг.). В ее составе с самого начала профессор Д. В. Бубрих, доцент, позднее профессор Я. А. Балагуров и – с конца 1940-х гг. – будущий зав. кафедрой всеобщей истории доцент, позднее профессор И. И. Кяйвяряйнен. В первых двух выпусках они же – основные авторы. В начале 1950-х гг. более активно публиковались филологи – М. И. Пигин, В. С. Суханова, В. Е. Злобина, М. М. Гин, В. М. Морозов. Вышли первые статьи многого добившихся в будущем на поприще исторического источниковедения преподавателей средневековой российской и европейской истории Т. В. Старостиной и Г. М. Даниловой. Редколлегия пополнилась доцентами А. М. Малявкиным, М. И. Пигиным и И. П. Лупановой.

Во второй половине 1950-х гг. выросшим до 200- и 300-страничного объема сборником по историческим и филологическим наукам в Ученых Записках руководил сузившийся до трех лиц редакционно-издательский совет в составе доцентов М. Г. Никулина (председатель), И. И. Кяйвяряйна и М. Х. Гина. В увидевших свет в 1957 и 1958 гг. выпусках VI и VII томов опубликовали свои статьи 29 преподавателей университета по самым разным сюжетам ученых штудий в области истории, философии, литературоведения и языкознания. При этом некоторые авторы (Я. А. Балагуров, Р. В. Филиппов, В. Е. Злобина, Г. А. Нефедова, В. М. Морозов) подготовили к изданию не по одной, а по две, даже по три статьи. На листах с «Содержанием» находим, кроме уже прозвучавших выше, всем хорошо известные имена глубокоуважаемых наставников и старших коллег, чьи трудами гордился историко-филологический факультет – М. А. Славиной, Е. П. Еленевского, Б. Е. Чистова, Э. Г. Карху, А. Л. Витухновского, Е. М. Эпштейна, М. Я. Кривонкиной, Т. Г. Доля, М. И. Муллонен, Л. Я. Резникова.

В 1962 г. произошло разделение: историки начали выпускать отдельный журнал «Вопросы истории», а филологи – два других: «Лингвистический

сборник» и «Вопросы литературы». Еще спустя четыре года параллельно с «Вопросами истории» стали выходить сборники, статьи в которых были сконцентрированы исключительно на сюжетах, занимавших сотрудников кафедры истории партии. Ими за 1966–1969 годы было опубликовано четыре выпуска. Все они вышли при неперенном и самом активном участии М. И. Шумилова. В томах XIII (вып. 4) и XIV (вып. 5) Михаил Ильич – тогда еще к. и. н. – член редколлегии, но уже с XV тома Ученых записок (1967 год) и до настоящего времени старейший профессор ПетрГУ М. И. Шумилов – практически бессменный председатель комиссий, ответственных за организацию и выпуски сборников статей на историческом факультете.

Со второй половины 1970-х гг. сборники по историческим наукам, будучи непрерываемым продолжением традиции, начатой Учеными записками, выходят под самостоятельным названием «Вопросы истории Европейского Севера» и имеют статус межвузовского сборника научных трудов. Всего с 1974 г. по 2005 г. их было подготовлено и издано 19 [4]. В семи выпусках ответственными редакторами выступили зав. кафедрой всеобщей истории профессор И. И. Кяйвяряйнен (5) и профессор Л. В. Суни (2). Еще двенадцать выпусков увидели свет, будучи собранными и отредактированными по кафедре отечественной истории: ответственными редакторами явились профессор М. А. Мишенев (2) и профессор М. И. Шумилов (10).

Таблица 1

Хронология выпусков Ученых записок

№ тома	Год	Вып.	
Том 1	1947		Ученые записки Карело-Финского государственного университета
Том 2	1947	1	Историко-филологические науки
	1948	2	Геологические науки
	1948	3	Биологические науки
	1949	4	Физико-математические науки
Том 3	1949	1	Историко-филологические науки
	1949	2	Геологические науки
	1950	3	Биологические науки
	1954	4	Физико-математические науки
Том 4	1954	1	Историко-филологические науки
	1952	3	Биологические науки
	1957	4	Физико-математические науки
Том 5	1955	1	Историко-филологические науки
	1954	3	Биологические науки
	1958	4	Физико-математические науки
Том 6	1957	1	Историко-филологические науки
	1955	3	Биологические науки
Том 7	1958	1	Историко-филологические науки
	1957	3	Биологические науки
Том 8	1958	3	Биологические науки
Том 9	1958	3	Биологические и сельскохозяйственные науки
Том 10	1962	1	Вопросы животноводства и кормовой базы северо-западной зоны СССР
	1962	1	Лингвистический сборник
	1963	2	Вопросы литературы
	1963	3	Филологические науки: Лингвистический сборник
	1962	5	Медицинские науки: Вопросы анатомии
Том 11	1962	1	Исторические науки: Вопросы истории
	1963	2	Технические науки: Вопросы механизации и автоматизации лесоразработок
	1963	3	Сельскохозяйственные науки: Вопросы животноводства и кормовой базы северо-западной зоны СССР
	1963	4	Биологические науки
	1964	5	Математические науки
	1964	7	Филологические науки

№ тома	Год	Вып.	
Том 12	1964	2	Сельскохозяйственные науки: Вопросы животноводства и кормовой базы северо-западной зоны СССР
	1964	2	Биологические науки: Болота и заболоченные земли Карелии
	1964	3	Биологические и сельскохозяйственные науки: Микроэлементы в сельском хозяйстве
	1963	5	Вопросы грамматики, лексики, стилистики и методики преподавания иностранных языков
	1964	5	Медицинские науки: Сердечно-сосудистая система в норме и патологии
Том 13	1965	1	Вопросы морфологии, физиологии и практической медицины
	1965	2	Сельскохозяйственные науки: Вопросы растениеводства и животноводства в Карелии
	1965	3	Биологические и сельскохозяйственные науки: Микроэлементы в сельском хозяйстве
	1966	4	Кафедра истории КПСС
Том 14	1966	2	Некоторые вопросы теории и практики медицины
	1966	3	Вопросы растениеводства и животноводства в Карелии
	1966	3	Микроэлементы в сельском хозяйстве
	1968	4	Кафедра литературы: Вопросы реализма
	1967	5	Вопросы истории КПСС: Сборник статей кафедры истории КПСС
	1967	6	Исторические науки: Вопросы истории
	1967	7	Лингвистический сборник
1967	9	Медицинские науки: Дефицит возбуждения и раздражения	
Том 15	1968	1	Вопросы истории КПСС: Сборник статей кафедры истории КПСС
	1968	2	Медицинские науки: Вопросы гастроэнтерологии
	1969	3	Вопросы растениеводства и животноводства в Карелии
	1967	4	Биологические и сельскохозяйственные науки: Вопросы звероводства
Том 16	1967	1	Интродукция и акклиматизация растений в Карелии
	1968	2	Вопросы теории и практики медицины
	1969	3	Биологические и сельскохозяйственные науки: Вопросы звероводства
	1970	4	Развитие науки в Карелии за 50 лет Советской власти
	1969	5	Вопросы научной организации строительного производства
	1968	6	Физические науки
	1968	7	Исторические науки: Вопросы истории
Том 17	1970	1	Исторические науки: Вопросы истории КПСС
	1969	2	Медицинские науки: Дефицит возбуждения и раздражения
	1971	3	Физика прочности и пластичности металлов и сплавов
	1971	4	Биологические и сельскохозяйственные науки: Вопросы звероводства
	1970	5	Актуальные вопросы теории и практики медицины
	1971	6	Вопросы зимостойкости растений в условиях Карелии
Том 18	1972	1	Вопросы растениеводства и животноводства в Карелии
	1971	2	Вопросы математики и механики
	1972	3	Литература и общество
	1972	4	Некоторые проблемы современного строительства и архитектуры
Том 19	1971	1	Медицинские науки: Вопросы гистотопографии и частной патологии желудка
	1971	2	Вопросы философии и научного коммунизма
	1972	3	Медицинские науки: Современные методы исследования гастроэнтерологии
	1974	4	Исторические науки: Вопросы истории
	1972	5	Биологические и сельскохозяйственные науки: Вопросы звероводства
	1972	6	Вопросы теории машин и механизации процессов лесозаготовительного производства
	1973	7	Медицинские науки: Актуальные вопросы теории и практики медицины
Том 20	1973	1	Вопросы истории: Сборник статей, посвященных 50-летию образования СССР
	1973	2	Вопросы судебной медицины и криминалистики
	1974	3	Вопросы истории КПСС
	1974	4	Вопросы кардиологии, эндокринологии и гематологии
	1975	5	Вопросы математики и механики
Том 21	1975	1	Структура реальных кристаллов
	1975	2	Турникетный шок и синдром длительного сдавления
	1975	4	Актуальные вопросы теории и практики медицины
Том 22	1975	2	Вопросы гистотопографии и частной патологии органов пищеварения
	1975	3	Повышение продуктивности хвойных лесов Карелии

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. См.: От редакции // Ученые записки Карело-Финского государственного университета. Т. 1, 1946. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1947. С. 4.
2. Александрова Л. И. Развитие краеведческой библиографии в Карелии // Развитие науки в Карелии за 50 лет Советской власти / Уч. зап. Петрозаводского гос. ун-та им. О. В. Куусинена. Петрозаводск: Упр. печ. при Совете Министров КАССР, 1970. С. 308–317.
3. (1) Т. II. [1947–1949.] Вып. 1: Исторические и филологические науки, 1947. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1948. 174 с.
(2) Т. III. [1948–1954.] Вып. 1: Исторические и филологические науки, 1948. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1949. 107 с.
(3) Т. IV. [1954–1957.] Вып. 1: Исторические и филологические науки, 1954. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1954. 158 с.
(4) Т. V. [1954–1958.] Вып. 1: Исторические и филологические науки, 1955. Петрозаводск: Гос. изд-во КФССР, 1955. 174 с.
(5) Т. VI. [1955–1956.] Вып. 1: Исторические и филологические науки, 1956. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1957. 227 с.
(6) Т. VII. [1957–1958.] Вып. 1: Исторические и филологические науки, 1957. Петрозаводск: Гос. изд-во КАССР, 1958. 307 с.
(7) Т. XI. [1962–1964.] Вып. 1: Исторические науки, 1962: Вопросы истории. Сборник статей. Петрозаводск: Мин-во культуры КАССР, 1962. 277 с.
(8) Т. XIII. [1965–1966.] Вып. 4: Кафедра истории КПСС, 1966: Ученые записки. Петрозаводск: Упр. печ. при Совете Министров КАССР, 1966. 179 с.
(9) Т. XIV. [1966–1968.] Вып. 5: Исторические науки, 1966: Вопросы истории КПСС. Сборник статей кафедры истории КПСС. Петрозаводск: Упр. печ. при Совете Министров КАССР, 1967. 134 с.
(10) Т. XIV. [1966–1968.] Вып. 6: Исторические науки, 1966: Вопросы истории. Сборник статей. Петрозаводск: Карельское книжное изд-во, 1967. 104 с.
(11) Т. XV. [1967–1968.] Вып. 1: Исторические науки, 1967: Вопросы истории КПСС. Сборник статей кафедры истории КПСС. Петрозаводск: Упр. печ. при Совете Министров КАССР, 1968. 179 с.
(12) Т. XVI. [1967–1971.] Вып. 7: Исторические науки, 1968: Вопросы истории. Сборник статей. Петрозаводск: Упр. печ. при Совете Министров КАССР, 1970. 147 с.
(13) Т. XVII. [1969–1971.] Вып. 1: Исторические науки. 1969: Вопросы истории КПСС. Сборник статей кафедры истории КПСС. Петрозаводск: Упр. печ. при Совете Министров КАССР, 1970. 177 с.
(14) Т. XX. [1972–1975.] Вып. 1: Исторические науки. 1972: Вопросы истории. Сборник статей, посвященный 50-летию образования СССР. Петрозаводск: Упр. по делам издательств, полиграфии и книжной торговли Совета Министров Карельской АССР, 1973. 198 с.
4. (1) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. науч. сб. / Отв. ред. И. И. Кяйвярйнен. Петрозаводск, 1974. 168 с.
(2) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. науч. сб. / Отв. ред. И. И. Кяйвярйнен. Петрозаводск, 1976. 214 с.
(3) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. сб. / Отв. ред. И. И. Кяйвярйнен. Петрозаводск: ПГУ, 1977. 160 с.
(4) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. науч. сб. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск, 1978. 152 с.
(5) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. сб. / Отв. ред. И. И. Кяйвярйнен. Петрозаводск, 1979. 168 с.
(6) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. сб. / Отв. ред. И. И. Кяйвярйнен. Петрозаводск: ПГУ им. О. В. Куусинена, 1980. 157 с.
(7) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. сб. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск, 1982. 168 с.
(8) Вопросы истории Европейского Севера: Межвуз. сб. / Отв. ред. Л. В. Суни. Петрозаводск, 1984. 166 с.
(9) Вопросы истории Европейского Севера (Великий Октябрь и социалистическое строительство): Межвуз. сб. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск: ПГУ, 1986. 173 с.
(10) Вопросы истории Европейского Севера (История Великого Октября на Северо-Западе России): Межвуз. сб. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск, 1987. 157 с.
(11) Вопросы истории Европейского Севера (Социально-экономические проблемы): Межвуз. сб. / Отв. ред. Л. В. Суни. Петрозаводск, 1988. 160 с.
(12) Вопросы истории Европейского Севера (Историография и источниковедение): Межвуз. сб. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск, 1989. 173 с.
(13) Вопросы истории Европейского Севера (Проблемы общественно-политической истории XIX–XX вв.): Межвуз. сб. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск, 1991. 166 с.
(14) Вопросы истории Европейского Севера: Сб. науч. ст. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 1993. 159 с.
(15) Вопросы истории Европейского Севера (Проблемы экономики и культуры XX в.): Сб. науч. ст. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 1994. 97 с.
(16) Вопросы истории Европейского Севера (Проблемы социальной экономики и политики: 60-е годы XIX–XX вв.): Сб. науч. ст. / Отв. ред. М. А. Мишенев, Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 1995. 179 с.
(17) Вопросы истории Европейского Севера: Сб. науч. тр. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 1999. 167 с.
(18) Вопросы истории Европейского Севера (Проблемы развития культуры: вторая половина XIX–XX вв.): Сб. науч. ст. / Отв. ред. М. И. Шумилов. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 2002. 224 с.
(19) Вопросы истории Европейского Севера (Народ и власть: Проблемы взаимоотношений: 80-е годы XVIII–XX вв.): Сб. науч. ст. / Отв. ред. М. А. Мишенев. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 2005. 268 с.

УДК 72.03 (470.22)

ВЯЧЕСЛАВ ПЕТРОВИЧ ОРФИНСКИЙ

доктор архитектуры, профессор, действительный член Российской академии архитектуры и строительных наук, профессор ПетрГУ, директор Научно-исследовательского института историко-теоретических проблем народного зодчества
ninaz@karelia.ru

**КРИЗИС ТРАДИЦИОННОГО ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА
И ПРОБЛЕМЫ ПОСТЭТНИЧНОСТИ**

Статья рассматривает явления в народном деревянном зодчестве и народной культуре, связанные с этническим взаимодействием карельского и русского населения Карелии. Ставятся вопросы о многоэтапном процессе культурной ассимиляции карел, о ее нелинейности и возможной обратимости. Постэтнический этап развития территориальных сообществ различного уровня, имеющий исторические прецеденты, представляется как условие сохранения локальной самобытности сельской архитектурной среды в соответствии с одной из тенденций современной архитектуры – выявлением «духа места».

Ключевые слова: деревянное зодчество, народная культура, карелы русские, межэтническое взаимодействие.

Во всем мире в XXI в. резко обострилось противоречие между стремлением к сохранению величайшей ценности человеческой цивилизации – культурного многообразия Земли и логикой урбанизации, отодвигающей на обочину общественного развития заботу об источниках такого многообразия – объектах культурного и природного наследия.

Существенную роль в разрешении этого противоречия призвана сыграть архитектура. В качестве одного из основных ее приоритетов XX Конгресс Международного союза архитекторов (Пекин, 1999) назвал необходимость образного воплощения «духа места» – емкого понятия, выражающего совокупность существенных особенностей конкретных территорий и приоритетов национального самосознания населения.

В 2001 г. на общем собрании Российской академии архитектуры и строительных наук отмечалось особое значение архитектурно-градостроительной деятельности, направленной

на повышение роли региональных школ, придающих конкретность понятиям среды и традиции, а также обращалось внимание на необходимость активных действий для совершенствования системы сохранения культурного наследия. В условиях Карелии и Русского Севера в целом таким наследием стало народное деревянное зодчество – важнейшая составная часть традиционной крестьянской культуры, которая, по словам известного фольклориста Б. Н. Путилова, «в своих многообразных проявлениях всегда региональна (локальна)... Местный колорит не просто окрашивает явления культуры, придавая им неповторимые оттенки, но и органически включен в жизнедеятельность этнической общности» [1].

Русский Север – подлинный заповедник народной культуры, самобытность которой сложилась в ходе многовековых контактов русского и финно-угорских народов. Сегодня он испытывает деформирующее давление урбаниза-



Деревня Суйсарь-на-острове. Фото В. Гуляева

ции, многократно усиленное издержками экономических реформ, буквально опустошающих сельскую местность. Кроме того, в регионе происходит лавинообразная ассимиляция, обычно понимаемая как преодоление экономической и культурной обособленности разнотных групп населения с постепенным растворением малочисленных в более многочисленных и с утратой первыми своего языка, культуры и национального самосознания. Отсюда, как следствие, – огромные потери этнокультурных ценностей и, казалось бы, неотвратимая унификация среды обитания.

Но насколько такая унификация неизбежна? Если этнокультурная ассимиляция закономерна, стоит ли тратить силы и средства на попытки повернуть историю вспять?

Ответом на эти вопросы могут послужить результаты комплексных исследований ученых-гуманитариев Петрозаводска, отраженные в серии монографий, посвященных поселениям и локальным этническим ареалам разных диалектных групп карел – селу Суйсари, деревням Юккогубе и Панозеру [2]. История карел – это в том числе история их ассимиляции, которая в упомянутых монографиях предстает не безнадежно однозначным и односторонним процессом. Исторические прецеденты устойчивости и «обратимости» карельской культуры, периодических подъемов национального самосознания, сопровождающихся повышенной этнизацией отдельных элементов культуры или даже этническим развитием, новаторством на основе традиций, – все это оставляет надежду, что с учетом исторического опыта можно решить современные проблемы прибалтийско-финского населения региона.

Проследить особенности ассимиляции карел-людигов дает возможность детальное описание культуры и быта села Суйсарь.



Деревня Юккогуба. Фото Б. Бойцова



Деревня Панозеро. Фото М. Ниеминена

На первый взгляд, мало что напоминает о карельском прошлом села, но при внимательном рассмотрении оказывается, что в планировочной организации входящих в его состав деревень в XX в. происходят любопытные преобразования, характерные для многих поселений карел. Судя по следам и остаткам старых построек, в прибрежной части суйсарской



Рис. 1. Планы деревень Суйсарь Северная и Кулля
(по обмеру О. Кирилловой, 1995 г.)



а – декоративный балкон;



б – коньковая кисть (фото В. Гуляева)



в – кронштейн – обратный крюк (фото Б. Бойцова)

Декоративные детали жилых домов Суйсарь:

деревни Северной ранее существовала рядовая планировка с ориентацией домов на воду. В первой половине XX в. вновь строящиеся дома в береговом порядке обращались не на воду, как их предшественники, а на юго-восток. Более того, возникшая по соседству в 1920-е гг. рядовая деревня Кулля, не учитывая близость водоема, полностью повторила планировочные принципы Северной. Вывод очевиден: в XX в. в Суйсари водоем потерял свою приоритетность в организации поселения. В то же время возрос приоритет южной ориентации. Налицо «архаизация» архитектурной формы: проявление в ней отголосков древней традиции поклонения южному солнцу [3]. «Архаизация» в данном случае – спутник «вторичной этнизации», порожденной реакцией самосохранения традиционной народной культуры на угрозу ее унификации [4].

Культура Суйсарь сопротивлялась наступающей с востока ассимиляции и пассивно: путем консервации форм, связанных с относительно устойчивыми хозяйственно-бытовыми процессами. Пример тому – состав подстилки для скота, используемый в хлевах и вместе с навозом вывозимый на поля в качестве удобрения. У обрусевших карел Прионежья, так же как и в глубине карельского этнического ареала, такие подстилки включали преимущественно хвою и мох с добавлением соломы и осоки, в русском Заонежье – солому, а хвою, мох и осоку – только в качестве добавок. Традиционные карельские предпочтения неукоснительно соблюдались суйсарянами, несмотря на то, что качество получаемого удобрения находилось в обратной зависимости от количества хвои.

Пассивному сопротивлению способствовала и характерная для карел в целом заторможенность эволюции зодчества. Не случайно в Суйсарь до последнего времени относительно хорошо сохранялся архитектурный декор, а в нем – «карельские» версии форм, возникшие в результате творческой переработки заимствованных русских деталей: декоративные балконы с ограждением из плоских дощатых «балясин», характерных для русского Заонежья, но с геометризованной («колючей») порезкой на «карельский лад»; закрепленные под стыком причелин кисти с силуэтно порезанным контуром; подкрышные кронштейны с зубчатой порезкой нижней грани и своеобразные кронштейны типа «обратный крюк», представляющие собой гибрид русского модульона и карельского крюка, зафиксированные преимущественно в зонах контактов прибалтийско-финского и русского населения.

Сходные результаты получены на лингвистическом материале: при полной утрате людиковского диалекта карельского языка в Суйсарь лексика суйсарян конца XX в. также включала слова, отражающие давние контакты русского и прибалтийско-финского населения. Но в целом их современный говор отнесен Л. П. Михайло-

вой к олонечской группе говоров севернорусского наречия. По мнению исследователя, в начале XX в. в Суйсари произошла полная языковая ассимиляция.

Вопрос о соотношении языка и культуры не нов. Не повторяя ни известных аргументов в пользу культуuroобразующей роли языка, ни наиболее распространенных контраргументов – напоминаний о культурной самобытности народов, не имеющих собственного языка, ограничимся рассмотрением вопроса: правомерно ли отождествлять билингвизм (применительно к фольклорным жанрам – «бифольклоризм») с форсированной ассимиляцией этнических сообществ?

В монографии о Панозере описываются проявления бифольклоризма, который долгое время рассматривался финляндскими исследователями рунической поэзии как досадное проявление ассимиляции карельской культуры в русской. По словам Санкт-Петербургской фольклористки Т. Г. Ивановой, бифольклоризм является переходной формой, используемой только для кратковременного отстаивания национального самосознания, и не мог существовать долго [5]. Однако означает ли бифольклоризм необратимую стадию в этнокультурной эволюции?

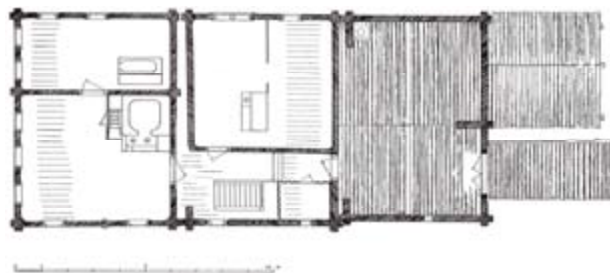
Факты, приведенные У. С. Конкка в монографии о Юккогубе, свидетельствуют, что «русизмы» в карельской причетной традиции появились еще в далекой древности и правомерно атрибутировать такие проявления бифольклоризма как устойчивые этнические символы. Их можно назвать бинарными, так как они играли двойственную роль: с одной стороны, служили проводниками надвигающейся ассимиляции, с другой – «противоядием» от нее, способствующим этническому самовыражению. Так, заимствование русских слов помогало плакальщицам строить аллитерации – основу стихосложения плачей и в целом калевальского стиха, что способствовало наиболее полному проявлению собственной поэтической традиции.

Показательно, что бинарные символы зафиксированы в разных сферах творчества и в постройках панозерцев, как и в зодчестве всех северных карел – русско-карельские по своему характеру дома-комплексы, надстроенные над карельскими часовнями колокольни с высоким «русским столпом» и пологим покрытием в виде «карельского» колпака, печи с русским по происхождению «козоно» и пережитком открытого очага – камельком, заимствованным у саамов.

Равноправный этнокультурный диалог обогащал художественное творчество взаимодействующих народов. Похоже, что это универсальная закономерность развития любой фольклорной культуры. Дополнительное подтверждение тому – давнее исследование А. С. Степановой, по священное ритуальной причети, связанной с «невестиной баней». Оказалось, что степень сохранности карельской причетной традиции находилась в прямой зависимости от интенсив-



а – часовня в д. Ювалакша. Фото И. К. Инха, 1894 г.



б - дом-комплекс в д. Панозеро. (План дома А. С. Мошниковой, обмер А. Яскеляйна)



в - печь с «козоно» и камельком в д. Ювалакша. Фото И. К. Инха

Бинарные этноархитектурные символы в зодчестве карел

ности русских влияний, а образная выразительность одного из самых самобытных жанров устной лирической поэзии карел проявилась наиболее ярко в Южной Карелии, где двуязычие среди мужской части населения давно стало культурной нормой [6]. По этому поводу можно сказать, перефразировав А. И. Куприна: русские влияния для народного творчества карел то же, что ветер для огня: тлеющее этническое самосознание он тушит, а костер творческого самовыражения раздувает еще сильнее.

Принято считать, что к началу XX века народная культура постепенно утрачивала свою самобытность. Пример Суйсари как будто подтверждает это. Но даже здесь в разных сферах культуры семантически значимые формы людиковского происхождения некоторое время продолжали оставаться смысловыми акцентами культурной среды. Правда, в Суйсари это происходило лишь по инерции.

Иное дело Сегозерье – большая округа Юккогубы, которое в начале прошлого века готово было идти по пути обострения этнического своеобразия. Подтверждение тому – тенденция к этнизации часовен; «диалог» разных направлений в кистевой росписи; иконы-примитивы и «народное православие», в котором переплелись поминально-погребальная обрядность и древние культы с христианскими представлениями; творчество сказочника, исполнителя русских былин и их переводчика на карельский язык Т. Е. Туруева и знаменитый Сегозерский хор, созданный уроженцем Смоленской области Георгием Савицким и карелками из Падан Агафьей Лебедевой, Феклой Исаковой и Марией Громовой.

Нередко исследователи отмечают сложность и длительность процесса размывания этнической культуры. В частности, этномузыковед В. А. Лапин применительно к феномену фольклорного двуязычия выделил 7 уровней этнокультурного взаимодействия в направлении от отдельных замкнутостей до культурно-языковой ассимиляции и смены этнического сознания [7]. Сходное явление отмечено нами и в этноархитектуре. Можно добавить, что из-за несинхронности развития различных форм традиционной народной культуры в ней, как правило, сосуществовали разностадиальные явления, в том числе в интересующих нас сферах языка, этнической культуры и этнического самосознания. Поэтому ассимиляция в любой сфере, кроме последней, отнюдь не всегда являлась поводом для ассимиляции тотальной. Более того, при определенных условиях даже атрофия этнического самосознания могла становиться процессом обратимым.

Косвенно подтверждением этого может служить проанализированная финским этносоциологом К. Хейккинен ситуация в финляндской провинции Саво, куда после «зимней войны» 1939-1940 гг. переселилась значительная часть приладожских карел. Потомки мигрантов, родившиеся на чужбине уже после войны, вырос-

ли в условиях почти полной ассимиляции. Но в последней четверти XX в. благодаря обострению этнического самосознания многие из них, ориентируясь на сохранившиеся отголоски реальных этнических традиций и традиции литературные, стали рассматривать карельскую культуру на уровне обобщений, необходимых для формирования этнических символов. В результате возник парадокс: рост этнического самосознания на фоне угасания фактической этнической культуры [8].

Возможно, нечто подобное на рубеже XIX-XX в. спонтанно наметилось в Сегозерье, где этническая активность населения была продиктована внутрикультурными побуждениями, в противоположность Финляндии, где в 1970-х гг. попытки реанимировать этнические традиции карел связаны с внешними импульсами – воздействием школы, краеведческой литературы и, главным образом, финской православной церкви. В лагерях и на семинарах Православного Союза молодежи обучали карельскому языку, играли в городки и возрождали национальные обычаи. Недаром даже само понятие «православная религия» отождествлялось для молодых людей с понятием «карельская культура», включившим в себя все – от предмета культа до игры в городки.

На первых порах способствовали этнизации финляндских карел и стилизованные макеты карельских построек. (Таков, например, дом «Бомба» в туристском комплексе близ г. Нурмеса, воспроизводящий крестьянскую усадьбу Бомбина из приграничной карельской деревни Суоярви, отошедшей в 1940 г. к Советскому Союзу). Но популярность их была недолгой, поскольку вопрос о подлинности культуры, как и об этнической истории своего народа, для финляндских карел представлялся первостепенным [9].

Надо сказать, что в Финляндии еще в 1940-1950-х гг. было продемонстрировано понимание этнопсихологической роли окружающей среды при попытке решить задачу, противоположную ранее описанной, – финизировать население той части Беломорской Карелии, которая по мирно-



Дом Бомбина в туристском комплексе «Бомба» близ г. Нурмеса, Финляндия

му договору после «зимней войны» была передана Финляндии взамен приладожской Карелии. Правительство Суоми запретило восстанавливать разрушенные в войну дома в «карельском» стиле. Но директивы подействовали лишь частично: когда в 1990-х гг. по приглашению финских коллег мне удалось побывать в деревнях Римми и Куйварви близ г. Кухмо, то я увидел там помимо финских по наружному облику построек православную часовенку и, главное, традиционную для карел организацию интерьера жилищ с композиционно доминирующей большой русской печью или ее модернизированным аналогом. Все это подтверждает значительную роль, которую способна сыграть местная архитектурная традиция для этнического осмысления сельской среды обитания и поддержания этнического самосознания.

Интересные наблюдения в северной Германии сделал в 2000 г. руководитель Первой российско-немецкой этнографической экспедиции А. С. Мыльников [10]. Не опровергая аксиому о том, что жизнь любого этнического сообщества не бесконечна и помимо этногенеза включает обратный ему процесс распада, ученый утверждал, что распад, или, по введенному им термину, «этническая дилаборация» (от латинского *dilabor* – распадаться, разрушаться, погибать и т. д.), является переходом в инобытие: по словам А. С. Мыльникова, люди «гибнущего» этноса продолжают жить и трудиться, воспроизводя себя как популяцию [11]. Инобытие сопровождается сменой на коллективном уровне этнической ориентации сообщества и обеспечивает культурную преемственность – перенесение в настоящее и будущее ключевых элементов наследия, которые, входя в структуру современной народной культуры, способны придавать ей локальное своеобразие. В ряде случаев цепочка этногенез – дилаборация – постэтничность может рассматриваться как аналог явления, ранее изученного на примере деревянного зодчества – линейно-циклического процесса эволюционных преобразований [12].

Продолжая предложенное А. С. Мыльниковым уточнение насколько размытого термина «ассимиляция», можно трактовать постэтничность как этап этнокультурных преобразований, связанный с переориентацией (перенастройкой) социально-психологических механизмов, регулирующих коллективные начала в жизнедеятельности территориальных (неэтнических или полиэтнических) сельских сообществ. Историческим примером постэтнического этапа в развитии территории может служить Беломорское Поморье. Население поначалу небольших прибрежных поморских деревень складывалось из разных этнических компонентов. В этом отношении характерно «знание» о своем происхождении жителей Кандалакшского и Терского берегов: «мы не русские, мы поморы, в нас кого только нет – и карел, и лопарей, и финнов» (Со-

общение записано этнографом А. П. Конкка в селе Княжая Губа в 2005 г.). При этом этнической интеграции разноязычных групп населения, участвующих в этом процессе, способствовала «поморская» специфика экономики, основанной на производстве соли, морских промыслах и судостроительстве.

Нарушение исторически сложившихся экономических взаимосвязей прервало стабильное постэтническое развитие сельских поселений региона и привело к следующей стадии этнокультурных преобразований – к унификации традиционной среды обитания, а зачастую – к ее деградации.

В этом отношении показательна судьба карельско-поморского села Подужемья, о котором еще в конце XIX в. известный российский этнограф С. В. Максимов писал: «В старинном поморском селе Подужемье, откуда выходят лучшие в Поморье лодейные мастера... строятся самые употребительные, самые важные для ближних прибрежных плаваний мелкие ... судакарбасы...». При этом «судовая архитектура...остается теперь такой же, каковой была в далеком прошлом» [13]. Во второй половине прошлого столетия при строительстве Подужемской ГЭС знаменитое село было полностью затоплено без особой на то необходимости, ибо многие старинные карельские дома располагались выше уреза воды будущего водохранилища. Но помимо этнокультурного ущерба односторонний подход к решению гидроэнергетических задач обернулся существенными материальными потерями. Уже не говоря об уничтожении уникальной популяции знаменитой кемской семги, была разрушена потенциально жизнеспособная технологическая база для прибрежно-морского рыболовства.

Информацией для дополнительных размышлений по этому поводу могут послужить материалы натурного изучения южных подступов к Поморью – Онежско-Беломорского водораздела (обследование проводилось в 2006 г. при финансовой поддержке РГНФ (грант № 06-04-03205е) сотрудниками НИИ историко-теоретических проблем народного зодчества ПетрГУ, ИЯЛИ КарНЦ РАН, Петрозаводской государственной консерватории и музея-заповедника «Кижский»), юг которого – Выгозерье – было затоплено в 1930-х гг. при строительстве Беломорско-Балтийского канала.

Этнограф К. К. Логинов со слов информаторов составил общую характеристику обследуемого района и его населения. Последнее примерно с середины XIX в. стало считать себя единой по культуре и происхождению группой русских, выделяя себя из всей массы севернорусского населения в особую этнолокальную группу «выгозеров», подобно собственно поморам или заонежанам. В материальной культуре выгозеров можно отметить феномены, общие для всей группы, но не встречавшиеся у их соседей. Прежде всего, это лодка «выгозерка» с сильно приподнятой передней кокорой (что

позволяло проходить пороги в реках) и специфическим профилем днища и бортов, благодаря которому ее не затирало во льдах.

Этнолокальная группа выгозеров сформировалась в результате языковой и «этнопсихологической» ассимиляции русскими соседствующих с ними карел. При этом для самоидентификации исторически молодое «метисное» сообщество вынуждено было опираться на систему символов, зримо и убедительно выражающих свое отличие от других подобных сообществ. Среди них был и главный местный географический объект – озеро Выгозеро, название которого послужило основой для именованья всей окружающей территории (Выгозерье) и самоназвания этнолокальной группы.

Однако, начиная с 1930-х гг., всего за несколько десятилетий выгозеры, как самостоятельное сообщество, перестали существовать из-за оттока местного населения в связи с затоплением территории их проживания при строительстве Беломорско-Балтийского канала и, наоборот, притока приезжих, вызванного промышленным освоением края (Сеgezжский ЦБК, Надвоицкий алюминиевый завод) и крупномасштабными лесозаготовками (Валдайский ЛПХ). Коренные выгозеры растворились в массе пришлого населения.

Таким образом, история Выгозерья в период с середины XIX в. до 1930-х гг. являет собой «классический» пример формирования постэтнической общности, а последующий период ознаменовался стремительным наступлением унификации и начала деградации традиционной сельской среды обитания.

Иллюстрировать этот период можно примерами сохранившихся фрагментов планировки и застройки поселений. Старейшая из них – деревня Надвоицы. Объемно-планировочная структура юго-восточной части старой деревни постепенно сменялась уличной, сохраняющей традиционный «закон створов», обеспечивающий постановку «в разбежку» соседних рядов домов с тем, чтобы из окон изб заднего (по отношению к реке) порядка были видны основные планировочные приоритеты – водоем и южная сторона горизонта. По-видимому, благодаря «естественной» – относительно медленной и постепенной докомпоновке деревенской застройки новыми домами дольше сохранялись традиционные представления застройщиков. Именно поэтому по мере увеличения масштабов докомпоновки в связи с форсированным массовым переселением вкуче с ограниченностью территории возрастала механистичность в постановке домов, что и приводило к нарушению закона створов, имевшему место уже в Новых Надвоицах.

Выгозерские поселения, организованные в результате переселения жителей из зоны затопления, характеризуются многоуличными планировками с механистическим «квадратно-гнездовым» расположением домов. Но и при этом процессы

докомпоновки существующих деревень или компоновки на свободном месте происходили неодинаково, что подтверждается на примере деревень Вожмогора и Дуброво. Первая из них сложилась практически заново на месте деревушки Голодная Горка, в которую из разных затопляемых деревень восточной части исследуемой территории в индивидуальном порядке перевозились жилые и хозяйственные постройки, которые устанавливались в соответствии с общей планировочной схемой и сохраняли («стихийно консервировали») локальные особенности конкретных построек, но их общая совокупность оказалась композиционно не упорядоченной и производит хаотическое впечатление.

По-иному, преимущественно путем организованной массовой перевозки построек из деревни Ловище, формировалась деревня Дуброво. При этом из соображений рационализации работ из зоны затопления зачастую перевозились лишь основные части срубов жилищ без хозяйственных помещений, высоких подклетов, а порой и самцово-слеговых крыш, уже не говоря о банях, ригах и прочих «необязательных» сооружениях. (Такого рода «рационализация» во многом усложнила формирование новой среды обитания в д. Дуброво, а относительный успех при формировании такой среды был достигнут не благодаря, а скорее вопреки ей). Достройка домов проводилась по месту из нового материала. При этом чердаки часто делались каркасно-обшивными, а стандартные пристройки туалетов – из бревен «в заплот». Заново возводились и хозяйственные постройки в виде отдельно стоящих двухэтажных срубов под односкатными крышами, выполненными в виде своеобразных «балочных клеток» из наклонных прогонов (стропил) и горизонтальных балок (слег), несущих кровельный настил. В целом архитектурная среда д. Дуброво производит впечатление намеренно созданной целостности.

Сопоставительный анализ сходных по формообразованию поздних поселений – Вожмогоры



Группа сараев в деревне Дуброво. Фото А. Косенкова

и Дуброво – показал, что их несомненные отличия в первую очередь связаны с различным характером переезда: во втором случае – залповым, стимулировавшим проявление у переселенцев коллективистских инстинктов и рост самосознания вновь складывающейся крестьянской общности.

Начало обустройства деревни Дуброво на новом месте относится к 1930-м гг., когда в карельской глубинке еще сохранялись пережитки общинных традиций, что позволяет предположить: здесь в процессе переселения деревни сформировались некие «символы места», в роли которых выступали привычные, легко различимые элементы традиционных построек – подкрышные кронштейны, напоминавшие крестьянам о прежней жизни. Они перевозились вместе со срубами и сохранялись в качестве наделенных семантическим смыслом конструктивных реликтов в рамках системы стропильной крыши. Примечательно, что в качестве символов места со временем жители деревни стали воспринимать и «изобретенные» на новом месте двухэтажные сараи с односкатным покрытием – безусловно, рациональные по своему конструктивному решению и обладающие выразительным объемом и силуэтом. Возможно, популярности таких сараев способствовало их ассоциативное сходство с привычными односкатными покрытиями традиционных хозяйственных построек и/или исторические воспоминания об отдельных стоящих хлевах-сеновалах, широко распространенных в прошлом в средней и северной Карелии. Но в любом случае и сараи, и кронштейны «маркируют» деревню Дуброво, предопределяя ее характерный облик, отличный от соседних поселений. На эту особенность деревни обращали внимание соседи: в частности, дубровские сараи явно вызвали в округе широкий резонанс в виде их упрощенных интерпретаций – сходных по форме комбинированных срубно-каркасных и каркасно-обшивных построек.

Как показал стихийный и, к сожалению, единственный эксперимент с залповым переселением жителей деревни Ловище в Дуброво, существовала реальная возможность стимулировать «постэтническое» самосознание селян, опирающееся не столько на естественные географические реалии (искаженные при затоплении обжитой территории), сколько на искусственно создаваемые новые реалии архитектурно-пространственной среды, включая семантически значимые формы, зримо выражающие «дух места». Но единичный характер эксперимента и нежелание решать в комплексе экономические и социокультурные задачи не позволили приостановить трагическую, как стало очевидно в наши дни, гибель народной культуры.

Вернемся к междисциплинарным монографиям, чтобы через их призму еще раз взглянуть на современные проблемы сохранения наследия. Этническая дилаборация в Суйсари сопровож-



Подкрышные кронштейны в деревне Дуброво.
Фото А. Косенкова

далась переосмыслением неолюдиковских этнических символов, которые переводились в особую категорию примет места с постепенно затухающим этнокультурным подтекстом. Последующая стадия преобразований архитектурной среды – унификация лишила формы-знаки любого неутилитарного содержания и, соответственно, возможности психологически воздействовать на массовое сознание. На этом кончается сходство с ситуацией в северной Германии, описанной А. С. Мыльниковым: дилаборация в Суйсари приводит местное сообщество не к «инобытию» со сменой этнического сознания, а фактически к порогу деградации. В настоящее время историческое село в гармонии с природным окружением еще продолжает восхищать периодически посещающих его ценителей народного искусства, пробуждает ностальгические настроения у суйсарских старожилов, но оставляет равнодушными их детей и внуков.

Что ждет его в обозримом будущем? Скорее всего, с учетом расположения в рекреационной зоне Петрозаводска, окончательное перерождение в дачный поселок или уподобление близлежащей деревне Ялгуба, искаженной втиснувшись в нее чужеродными коттеджами, огороженными высокими заборами.

Такой сценарий «развития» сельской среды обитания, к сожалению, угрожающий многим традиционным поселениям Русского Севера, цивилизованным не назовешь: с нравственных позиций он аморален, поскольку предполагает уничтожение обозначимых культурных ценностей; с позиций прагматических – неэффективен, поскольку игнорирует стратегические ресурсы развития – культурное и природное наследие.

Существует, по-видимому, единственный разумный выход: частичная музеефикация села с реставрацией и/или достоверным воссозданием памятников истории и культуры с возможностью использования некоторых из них в качестве туристических приютов (возможен и вариант семейного туризма). Все это с учетом активизации туристического бизнеса в Карелии способно повысить благосостояние местного населения, уже не говоря о существенном вкладе в дело сохранения отечественного культурного наследия.

Правда, и в этом случае при отсутствии должного государственного и общественного контроля могут порождаться культурные мнимости – бутафорские сооружения или комплексы-однодневки. Их примеры на северо-западе России: недавно построенная по частной инициативе на берегу Свири туристическая деревня Верхние Мандроги, представляющая собой, на наш взгляд, откровенный луна-парк, или строящийся в Петродворцовском районе Санкт-Петербурга досуговый комплекс «Русская деревня», задуманный как ансамбль, «продолжающий исторические традиции русского деревянного зодчества», но фактически ставший до-



Деревня Суйсарь Южная, 1950-е гг. Фото В. Орфинского

рогостоящей, ценой в 4 миллиона долларов, пародией на него.

Думается, единственным ориентиром при возрождении архитектурной среды как Суйсари, так и многих северорусских сел и деревень, разделяющих его сегодняшнюю судьбу, должна стать опора на все еще существующие или документально зафиксированные черты локальной традиции зодчества. Развитие среды на основе культурной преемственности, связанное с восстановлением, сохранением и осмыслением ее элементов как примет места, может помочь формированию новой постэтичности – способствовать нравственному оздоровлению местных сообществ, содействовать их духовной оседлости (термин Д. С. Лихачева) и конкретному патриотизму.

При этом надо помнить, что многочисленные примеры унификации, обезличивающей традиционную сельскую среду, не всегда служат предвестниками неизбежной деградации. Точно так же и многообразие возможных сценариев этнического/постэтнического возрождения исторических территорий отнюдь не гарантирует такого возрождения. Одно очевидно: спасение отечественного культурного наследия нуждается в создании механизмов, учитывающих экономический потенциал, историко-культурные и природные ресурсы возрождаемых территорий.

В Карелии пока известна только одна крупномасштабная попытка такого возрождения, осуществляемая в исторической деревне Панозеро благодаря совместным усилиям финляндского фонда «Юминкеко» и фонда им. Архиппы Перттунена из Костомукши. Попытка эта, описанная в последней из упомянутых выше монографий, актуальна и перспективна, поскольку, учитывая рекомендации ЮНЕСКО по сохранению Всемирного культурного и природного наследия, ориентируется на механизмы цивилизованного рынка и привлечение помощи международного сообщества. Опыт возрождения Па-

нозера можно рассматривать как прецедент для других исторических поселений Русского Севера. Однако панозерский пример, в силу его уникальности, не может служить универсальным рецептом. Это лишь напоминание о необходимости искать нетривиальные способы практического осуществления теоретически бесспорных идей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Путилов Б. Н. Вступительное слово // Международная научная конференция по проблемам изучения, сохранения и актуализации народной культуры Русского Севера «Рябининские чтения-95»: Сборник докладов. Петрозаводск, 1997. С. 4.
2. Село Суйсарь: история, быт, культура / Под ред. Т. В. Краснопольской, В. П. Орфинского. Петрозаводск, 1997; Деревня Юккогуба и ее округа / Отв. ред. В. П. Орфинский. Петрозаводск, 2001; Панозеро: сердце Беломорской Карелии / Под ред. А. П. Конкка, В. П. Орфинского. Петрозаводск, 2003.
3. Гришина И. Е. Планировочные приоритеты в развитии традиционных сельских поселений Карелии // Архитектурное наследие. Вып. 44. М., 2001. С. 60–61.
4. Орфинский В. П. Загадки "домиков мертвых" // Памятники культуры и мировоззрение. Петрозаводск, 1985. С. 129–143.
5. Иванова Т. Г. Заонежская былинная традиция и проблема географического распространения былин // Международная научная конференция по проблемам изучения, сохранения и актуализации народной культуры русского Севера "Рябининские чтения 95": Сборник докладов. Петрозаводск, 1997. С. 88–90.
6. Степанова А. С. Карельские свадебные причитания и ритуальная свадебная баня // Обряды и верования народов Карелии. Петрозаводск, 1988. С. 106–129.
7. Лапин В. А. Фольклорное двуязычие: Феномен и процесс // Искусство устной традиции. Историческая морфология. СПб., 2003. С. 28–38.
8. Heikkinen K. Karjalaisuus ja etninen itsetajunta. Salmin siirtokarjalaisia koskeva tutkimus. Joensuun yliopistonhum. Julk. N 9. Joensuu. 1988. S. 360–364.
9. Орфинский В. П., Хейккинен К. К вопросу о формировании этнических символов // Проблемы исследования, реставрации и использования архитектурного наследия Русского Севера: Межвуз. сб. Петрозаводск: РИО ПетрГУ, 1989. С. 11.
10. Мыльников А. С. Об этнической дилаборации и постэтничности: в связи с некоторыми итогами полевых наблюдений в северной Германии // Музей. Традиции. Этничность. XX – XXI вв. Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию Российского этнографического музея. СПб.; Кишинев, 2002. С. 175–178.
11. Мыльников А. С. Об этнической дилаборации... С. 176.
12. Орфинский В. П., Гришина И. Е. Элементы цикличности в развитии народного зодчества (на примере Русского Севера) // Народное зодчество: Межвуз. сб. Петрозаводск, 1999. С. 23–27.
13. Максимов С. В. Год на севере. СПб., 1871. С. 298.

УДК 72.03(470.21+470.22):691.11

ПАВЕЛ ПЕТРОВИЧ МЕДВЕДЕВ

кандидат архитектуры, доцент кафедры систем автоматизированного проектирования строительного факультета ПетрГУ
pmedvedev@psu.karelia.ru

ИВАН ИВАНОВИЧ ГАШКОВ

студент 5 курса строительного факультета ПетрГУ специализации «Информационные технологии в строительстве»
dev@psu.karelia.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ТРАДИЦИОННЫХ ГРУППОВЫХ СИСТЕМ
НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ РОССИЙСКОГО СЕВЕРА**

В статье излагаются результаты предметно-содержательного, разведочного и корреляционного анализов ведущих архитектурно-типологических характеристик традиционных групповых систем населенных мест на территории Российского Севера конца XIX – второй половины XX веков.

Ключевые слова: Российский Север, групповые системы населенных мест, предметно-содержательный, разведочный и корреляционный анализы.

Первые шаги по применению новых информационных технологий в области исследования отечественного историко-архитектурного наследия были предприняты еще в 80-х годах XX века. Так, за период 1979-1986 гг. в процессе изучения народного зодчества русского и карельского населения Беломорского Поморья историко-архитектурными экспедициями ПетрГУ было обследовано 135 сельских поселений и более 3500 крестьянских жилищно-хозяйственных построек, и на базе системы статистического анализа SAS-79/84.2 удалось комплексно разрешить две группы задач: информационно-поискового характера с предметно-содержательным анализом и территориальным ареализацией обследованных историко-архитектурных объектов и статистическо-типологического характера с подсчетом элементарных статистик территориально-этнического распределения архитектурно-типологических признаков-атрибутов. В итоге проделанной работы была получена карта-схема архитектурно-строительного зонирования прибалтийских районов с выделением 7 основных зон и 22 специальных подзон [2].

По результатам проведенного исследования были сформулированы основы ряда новых предметно-методологических подобластей [1]. Направление по изучению проблем создания многоцелевых программных комплексов с историко-архитектурной информацией получило финансовую поддержку со стороны Российского гуманитарного научного фонда, а разработка проблем применения математико-модельных методов анализа в историко-архитектурных исследованиях для комплексного изучения морфологии памятников народного зодчества и для полипараметрического решения задач ареальных изысканий была поддержана Российским гуманитарным научным фондом и Российским фондом фундаментальных исследований [3; 4].

Параллельно с теоретическими изысканиями за период 1979-2003 гг. было проведено более 17 историко-архитектурных экспедиций, благодаря которым в орбиту исследований оказались вовлеченными многие районы Республики Карелия, Мурманской, Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Новгородской областей, на



Рис. 1. Водлозерско-Ильинская система населенных мест

территории которых в итоге было обследовано более 500 традиционных сельских поселений и 25000 крестьянских жилищно-хозяйственных построек.

Вместе с тем за два последних десятилетия в области изучения историко-архитектурного наследия Российского Севера наметилась вполне закономерная с точки зрения системного подхода тенденция к активному вовлечению в орбиту исследований наряду с традиционными объектами (поселениями и постройками) более сложных структурно-пространственных образований – систем расселения различного иерархического уровня. И в число последних в первую очередь вошли групповые системы населенных мест (ГСНМ), относящиеся к классу микротерриториальных систем расселения и занимающие «буферное» положение между районными системами расселения (РСР) и единичными автономными поселениями (ЕАП) [6]. Подобного рода объекты, нередко именуемые «гнездами» деревень или поселенческими кластерами, широко бытуют практически на всей территории Российского Севера. Примером может служить территория Восточного Обонежья, в границах

которой было обследовано 37 групповых систем населенных мест, часть из которых в итоге даже слилась в более сложные расселенческие образования, именуемые межгрупповыми поселенческими кластерами [5].

Для примера можно привести Водлозерско-Ильинскую групповую систему населенных мест, находящуюся на территории Восточного Обонежья Республики Карелия и включающую 20 поселений (рис. 1). Она расположена на юго-востоке Республики Карелия (Пудожский район) в окрестностях озера Водлозера и в настоящее время является неотъемлемой частью национального парка «Водлозерский», образованного в 1991 году [5].

Композиционно-планировочным ядром этой групповой системы в прошлом являлся знаменитый Водлозерско-Ильинский погост (Водлозерский Ильинский погост, Ильинский погост) (см. рис. 1-1.1) с церковью «во имя Ильи Пророка», построенной в 1798 году. Вокруг погоста группировалось 20 деревень (см. рис. 1-1): Голеницы (Гольяница, Гольяница, Остров) (2), Голья Гора (Остров, Загорье) (3), Загорье (За горой, Пустошь, Голья гора) (4), Гумар Наволок (Гумарнаволок, Пустошь) (5), Охтом Остров (Охтомостров, Охтан-остров) (6), Пелгостров (7), Быковская (Белкова, Наволок) (8), Рагунова (Рагуново) (9), Канза-Наволок (Канзанаволок) (10), Колгостров (11), Костин Двор (Костин двор) (12), Михайловская (Вачелова, Вачалова) (13), Кургилово (Курилово, Кургиловская, Коскосалма) (14), Онгилова гора (Онгилова-гора, Коскосалма) (15), Подгорье (Коскосалма) (16) и Коскосалма (17), сросшиеся в единое поселение под названием Коскосалминское Пепелище (Коскосалма), а также Варишпельда (Варишпелда, Варишпилда) (18), Рахойла (19), Гость-Наволок (Гостьнаволок, Гос-Наволок, Тось-наволок) (20), Устье реки Илексы (хутор Илекское устье, «Имба Илекское устье») (20) и Марий остров (хутор Марий остров) (21).

В состав смежной Куганаволокской ГСНМ в свою очередь входило 15 поселений (см. рис. 1, 2). Композиционным центром служил Водлозерско-Пречистенский погост (1) с теплой церковью «во имя Рождества Пресвятыя Богородицы», построенной «тщанием прихожан» в 1870 году, и холодной кладбищенской церковью «во имя Святых Апостолов Петра и Павла», возведенной в 1752 году. К погосту вплотную примыкали деревни Большая Пога (Пога большая, Большая Поча, Поча большая, Погост Водлозерско-Пречистенский) (2) и Малая Пога (Пога малая, Малая Поча, Поча меньшая, Погост Водлозерско-Пречистенский) (3). Далее, в радиусе от 1 до 20 верст от погоста, находились деревни: Выгостров (4), Кева Салма (Кевасалма, Ковасальма) (5), Бостилова (Бостилово) (6), Большой Куга Наволок (Большой Куганаволок, Куганаволок большой) (7), Малый Куга Наволок (Малый Куганаволок, Куганаволок малый, Куганаволок меньший, Заречье) (8), Матка

Лахта (Маткалахта) (9), Кузостров (Кудостров, Кузестров, Водлозерского Следу) (10), Великоостров (Велик-остров, Водлозерского Следу) (11), Чуяла (12), Вадиполе (Вавдиполье, Вавдиполь, Вавдиполе, Вамская Плотины) (13), Вама (14) и Онуфриевская (Ануфриевская, Вама) (15) под общим названием Вама, а также Путилова (Путилово) (16).

Итого в составе Водлозерской межгрупповой системы ранее наличествовали 37 поселений, а в их композиционно-пространственной организации было задействовано три церкви (Ильинская (1798 г.) на Водлозерско-Ильинском погосте, Рождественская (1870 г.), кладбищенская Петропавловская (1752 г.) на Водлозерско-Пречистенском погосте) и 22 часовни.

Являясь по своей природе сложными архитектурно-природными территориально-пространственными системами, сформировавшимися из тяготеющих друг к другу населенных пунктов, поселенческие кластеры представляют несомненный интерес для исследователей народного зодчества с точки зрения изучения их генезиса, эволюции и субрегиональных особенностей. Примером может служить знаменитый Турчасовский погост (Онежский район Архангельской области) с окружающими его 33 деревнями, расположенный в среднем течении реки Онеги (рис. 2).

Композиционно-планировочным ядром групповой системы в прошлом являлось село Турчасово, в состав которого входила расположенная к югу от погоста деревня Евдокимовская, представляющая собою сросшиеся друг с другом деревни Игнашевскую (1) и Васильев Двор (2) и находящаяся к северу от погоста деревня Посад, состоящая из двух деревень – Посадной (3) и Турчасово (4). К северо-западу от погоста, на расстоянии около 500 м, располагалась деревня Заполье (Мечлиевская) (5), а далее, на расстоянии около 1 км, – деревни Колосово (Колосовская) (6) и Заозерье (Осиевская) (7).

К югу от погоста вверх по течению реки Онеги находился «куст» деревень под общим названием Нермуша, в составе которого насчитывалось 13 поселений: Макариха (Подмариха, Юшковская) (8), Подлесье (Кисляковская) (9), деревни Степановская 1-я (10) и Лисицинская 2-я (11), сросшиеся в единое поселение под названием Гора, Наумовка (Фоминская) (12), Штаковская (13) и Нермуша (14), сросшиеся в единое поселение под названием Фокинка (Нермуша), Голяндуновская (15) и Разсомахинская (16), сросшиеся под общим названием Воженовка (Ложановка, Нермуша), Скуруковка (Сухоруковка, Шняхинская) (17), Манушхинская (18), Больше-Мелеховская (Сухоруковка) (19) и Мало-Мелеховская (Красновка) (20).

К востоку от погоста, на противоположном берегу реки Онеги, располагался второй «куст» деревень под общим названием Целягино. В его состав входили деревни: Яхорево (Яхоревская,

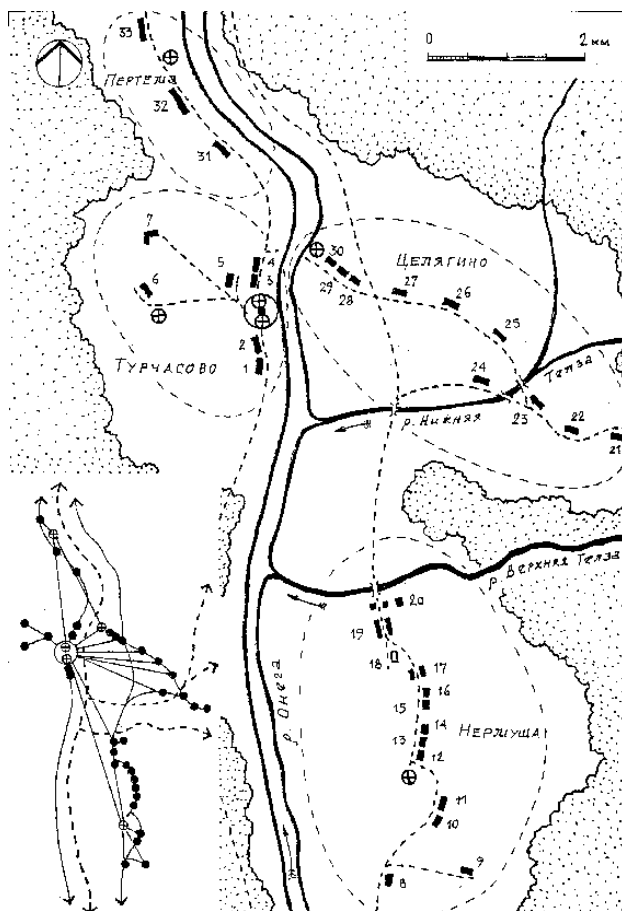


Рис. 2. Турчасовский погост

Якоревская) (21), Черепово (Череповская) (22), Крешевка (Фирсовка, Кривчевская) (23), Персовка (Затезье, Пишура, Пиканово) (24), Полидово (Луговская) (25), Липинская (Залесье, Липинская) (26), Пхорово (27) и три сросшиеся друг с другом деревни – Целядина (28), Острог-Гриховская (29) и Гриховская (30) под общим названием Острожная (Целягино). К северу от погоста располагался «куст» деревень под общим названием Пертема, в состав которого входили три деревни: Гоголево (Гоголевская) (31), Падрина (Падерино, Спировская) (32) и Пертема (Пертемская) (33).

Архитектурной доминантой всей групповой системы являлся Турчасовский погост, состоявший в прошлом из шатровой Благовещенской (1795 г.) и кубоватой девятиглавой Преображенской (1781 г.) церковей с отдельно стоящей колокольней (1793 г.), а роль локальных акцентов выполняли 4 часовни: часовня Григория Богослова при деревне Пертеме, часовня Ильи Пророка при деревне Нермуше и две безымянные часовни – одна около деревни Колосово, а другая между деревнями Падринной и Пертемой.

Примером системного изучения традиционных объектов народной архитектуры, проведенного с использованием методики комплексного

архитектурно-типологического и математико-модельного анализа, может служить исследование 146 групповых систем населенных мест, обследованных на территории пяти смежных историко-архитектурных субрегионов, расположенных у границ Республики Карелия, Мурманской и Архангельской областей. В их число вошли три приморских субрегиона – Мурманское, Карельское и Архангельское Поморья, а также две материковые провинции – Архангельское Поонежье и Восточное Обонежье. Причем сравнительный анализ перечисленных субрегионов интересен не только новизной впервые вводимых в научный обиход историко-архитектурных материалов, но еще и тем, что его результаты позволяют проследить пространственную динамику реализаций объекта исследования вдоль территории Российского Севера, как в меридиональном, так и в широтном направлениях.

На стадии предварительной систематизации накопленных на кафедре САПР ПетрГУ натуральных и архивно-литературных материалов при проведении новых научных изысканий был задействован апробированный в предшествующих локальных исследованиях специальный архитектурно-типологический кодификатор, синтезирующий теоретические разработки географов, этнографов, историков, экономистов, искусствоведов, архитекторов, градостроителей и районных планировщиков. В структуре этого кодификатора нашли отражение такие характеристики поселенческих кластеров, как: 1) особенности трудовой деятельности проживающего в групповых системах населения (классы – «К»); 2) социально-экономические и эволюционно-генетические закономерности возникновения групповых систем (подклассы «ПК»); 3) вариативность объемно-планировочной структуры поселенческих кластеров (типы – «Т»); 4) вариативность формы пятна застройки (подтипы – «ПТ»); 5) вариативность композиционно-планировочных приемов внутренней организации (виды – «В»); 6) вариативность архитектурно-композиционных приемов акцентировки пятна застройки (подвиды – «ПВ»); 7) особенности взаимодействия групповых систем с окружающим их природным ландшафтом (разновидности – «Р»).

С использованием данного кодификатора в процессе камеральной обработки натуральных материалов на базе СУБД Access-2000 и табличного процессора Excel-2000 была подготовлена числовая база данных с целью проведения комплексного предметно-содержательного, разведочного и корреляционного анализов. Ввиду ограниченности объема статьи авторы вынуждены остановиться лишь на двух примерах из полученных в процессе исследования результатов. Так, при проведении предметно-содержательного и разведочного анализов в границах пяти упомянутых выше историко-архитектурных субрегионов удалось установить бытование ГСНМ, дифференцирующихся на два класса по характеру трудовой

деятельности проживающего в них населения. Господствующее положение в итоге заняли сельские ГСНМ («К1»), составившие 80,91%.

В свою очередь смешанные межпоселенческие образования («К3»), к которым были отнесены поселково-сельские и сельско-городские поселенческие кластеры, составили более 1/5 от числа всех обследованных ГСНМ (19,09%) и, как свидетельствуют архивно-литературные и картографические изыскания, сформировались преимущественно в период первой половины XX века на основе сельских ГСНМ вслед за развитием лесозаготовительной промышленности и торговли, а также тесно связанного с ними речного, морского, автомобильного и железнодорожного транспорта.

Судя по тому, что в составе всех смешанных групповых систем неременной частью выступают традиционные сельские поселения, поселенческие кластеры типа «К3» могут рассматриваться в качестве очередной эволюционной ступени в развитии поселенческих образований вслед за сельскими поселенческими кластерами. А их типичность в границах всего Российского Севера свидетельствует о том, что зародились они относительно давно и получили достаточно широкое распространение. Однако процесс роста их количества по территориям отдельных историко-архитектурных субрегионов протекал явно неравномерно, опережающими темпами захватывая северные провинции и запаздывая по времени при движении с севера на юг вдоль обследованной территории.

С целью более детального изучения закономерностей и особенностей территориального распределения вариаций выявленных архитектурно-типологических признаков авторами статьи далее использовалась технология построения двумерных вариационных таблиц, а для визуализации результатов полученного распределения применялись средства объемной графики, заложенные в функциях раздела «мастер-диаграммы» табличного процессора Excel-2000.

Говоря об особенностях территориального распределения выявленных классов, можно отметить, что наиболее высокий процент смешанных ГСНМ в итоге пришелся на Карельское Поморье («К3» – 61,54%). Этот результат также вполне закономерен, поскольку именно на территории Карельского Поморья сконцентрировано наибольшее число лесозаготовительных поселков и предприятий по деревообработке, часть из которых была основана еще в конце XIX века. Кроме того, население приморских деревень, а также части рабочих поселков в силу хозяйственно-экономической специфики приморских районов принимало ранее и принимает ныне активное участие в морских рыболовных и зверобойных промыслах. Наконец, именно по территории Карельского Поморья пролегли трассы Октябрьской и Северной железных дорог, а так-

же автомобильной магистрали федерального значения Санкт-Петербург – Мурманск [8].

Характеризуя выявленные классы поселенческих кластеров, невозможно не упомянуть и еще об одной широко применяемой в историко-архитектурной статистике численной мере, которая позволяет существенно углубить содержательный смысл анализируемых вариационных распределений. Эта мера, названная оценкой «стабильности вариационного распределения» (C_v), в случае с двумерными вариационными таблицами может быть использована как для сопоставительного анализа территориальных распределений вариационных рядов, так и для сравнительной характеристики пространственного распределения вариантов исследуемых признаков-атрибутов [4].

Критерием оценки упомянутой выше «стабильности» территориальных единиц может служить сравнение коэффициентов ковариации распределений вариантов исследуемого признака-атрибута по отдельным административно-территориальным образованиям, вычисляемых в процентах. При анализе количественного распределения классов в отдельных субрегионах по признаку «стабильности» полученные коэффициенты ковариации (C_v) оказались лежащими в пределах от 81 до 119%. В качестве наиболее «стабильного» субрегиона Российского Севера по распределению классов групповых систем выступило Карельское Поморье, а наиболее «нестабильной» в итоге оказалась территория Восточного Обонежья.

Если же говорить о характере распределения самих классов по пяти обследованным субрегионам, то наиболее «нестабильным» оказывается первый класс групповых систем со значением коэффициента вариации 66% против 34% у класса «К3». Причем из полученного результата можно сделать вывод о том, что при описании архитектурно-типологических особенностей отдельных субрегионов на уровне классов более предпочтительным следует считать класс сельских ГСНМ («К1»). Именно в его относительном количественном распределении наиболее ярко проявляются отличительные черты различных административно-территориальных единиц.

В качестве другого наглядного примера могут быть приведены результаты исследования вариативности приемов акцентировки пятна застройки групповых систем архитектурными доминантами. С учетом этого признака все обследованные поселенческие кластеры в итоге дифференцировались на 4 подвида. Наименее распространенными в условиях Российского Севера оказались нейтральные поселенческие кластеры, в структуре которых отсутствуют композиционные доминанты («ПВ1» – 14,68%). Чуть более одной четверти обследованных объектов составили периферийно-акцентированные ГСНМ («ПВ2» – 26,61%), а господствующее место заняли центрично-акцентированные групповые

системы («ПВ3» – 33,94%). Однако перечисленные подвиды оказались не единственными в границах обследованной территории. Почти одну четверть всех задействованных в анализе групповых систем в итоге составили смешанно-акцентированные поселенческие кластеры («ПВ4» – 24,77%).

В свою очередь на основании результатов сопоставительного анализа сложившихся субрегиональных распределений можно говорить о том, что все обследованные историко-архитектурные субрегионы стратифицировались на две группы. В группу провинций с преобладанием периферийно-акцентированных ГСНМ («ПВ2») попали Мурманское и Карельское Поморье, а также Восточное Обонежье, тогда как в группу субрегионов с преобладанием центрично-акцентированных поселенческих кластеров («ПВ3») вошли Архангельское Поморье и Архангельское Поонежье.

Примечательно, что на первых двух территориях наряду с русским населением и поныне проживают карелы, а на территории Восточного Обонежья, по сведениям из исторических и архивных источников, некогда проживало финно-угорское население. Им, по предположению историков, этнографов и археологов, были представители саамов-лопарей и «заволочской чуди», генетически связанной с летописной вельяминой. Это аборигенное население Пудожского края было частично вытеснено далее на север, а частично ассимилировано новгородскими переселенцами в период колонизации обонежских земель [9; 10].

Вместе с тем из результатов исследования объемно-планировочных структур отдельных сельских поселений Российского Севера и из анализа приемов их акцентировки архитектурными доминантами известно, что для финно-угров более характерен прием периферийной постановки культовых сооружений, тогда как у русского населения чаще наблюдается прием центричной акцентировки пятна застройки [2; 7]. Полученный результат можно рассматривать в качестве одного из свидетельств наличия карельских влияний в зодчестве русских поморов западного побережья Белого моря. А применительно к территории Восточного Обонежья, где ныне проживает только русское население, можно говорить о более глубоких культурных традициях, восходящих к периоду новгородской колонизации Российского Севера, когда на этой территории еще соседствовали русский и финно-угорский этносы.

Как и в случае с классами при анализе подвидов групповых систем, было проведено исследование стабилизационных свойств сложившихся вариационно-типологических и территориально-пространственных распределений. В итоге наиболее «нестабильным» оказалось территориальное распределение нейтральных поселенческих кластеров («ПВ1» при $C_v = 93,54\%$),

сконцентрированных главным образом в Карельском Поморье, а из задействованных в исследовании историко-архитектурных субрегионов в качестве наиболее «нестабильного» по распределению выявленных подвидов выступило Мурманское Поморье ($C_v = 74,53\%$), характеризующееся самым высоким относительным количеством периферийно-акцентированных поселенческих кластеров («ПВ2» – 50,00%).

Обобщая результаты предметно-содержательного и разведочного анализов, можно сказать, что на территории 5 задействованных в исследовании историко-архитектурных субрегионов удалось установить бытование поселенческих кластеров, дифференцирующихся: 1) на 2 класса по характеру трудовой деятельности проживающего в них населения (сельские и смешанные поселково-сельские – 80,91 и 19,09%) с 4 вариантами, учитывающими количественный состав их структурных частей (малые, средние, крупные и особо крупные – 39,09; 32,73; 21,82 и 6,36%); 2) на 2 подкласса по социально-экономическим и эволюционно-генетическим закономерностям их возникновения (сформировавшиеся путем отпочкования новых населенных пунктов от старого селения-ядра и вследствие механической концентрации населенных пунктов, не имеющих общих генетических корней, а также смешанного подкласса – соответственно, 69,09; 7,27 и 23,64%); 3) на 3 типа по объемно-планировочной структуре (со зрительно разобщенными, а также с частично и полностью слившимися структурными частями – соответственно 59,09; 30,00 и 10,91%) с 3 вариантами, учитывающими степень развития структурно-функциональных связей (с равнозначностью или иерархической соподчиненностью составных элементов, а также смешанного варианта – соответственно 23,15; 70,37 и 6,48%), и с 3 подвариантами, различающимися по особенностям иерархической соподчиненности элементов (с одно- и двухуровневым подчинением, а также смешанного подварианта – соответственно 71,17; 25,61 и 1,22%); 4) на 4 подтипа по форме пятна застройки (с линейной, ядерно-центричной, ковровой и смешанной формами – соответственно 52,73; 27,27; 8,18 и 11,82%); 5) на 3 вида по композиционным особенностям (с естественными природно-ландшафтными, искусственными и комбинированными структурообразующими элементами – соответственно 18,35; 0,92 и 80,73% при полном отсутствии ГСНМ без структурообразующих элементов) с 4 вариантами у второго (с реками, озерами, морем и с комбинацией этих вариантов – соответственно 46,72; 44,26; 8,20 и 0,82%) и с 3 вариантами у третьего (с гужевыми, автомобильными и железными дорогами – соответственно 37,11; 47,42 и 15,46%) видов; 6) на 4 подвида по характеру акцентировки пятна застройки архитектурно-природными доминантами (нейтральные, периферийно-, центрично- и смешанно-акцентиро-

ванные – соответственно 14,68; 26,61; 33,94 и 24,77%) с 4 вариантами по месторасположению доминант относительно пятна застройки (вне, внутри, на границе пятна и в комбинированном варианте – соответственно 7,45; 59,57; 10,64 и 22,34%) и с 3 подвариантами по взаимному расположению акцентов и структурообразующих элементов (с расположением акцентов на оси СОЭ, с нейтральным расположением и с комбинацией приемов – соответственно, 7,46; 59,57 и 32,98%), с 3 дополнительными вариантами, учитывающими количество доминант (1-2, 3-7 и более 7 – соответственно 79,79; 14,89 и 5,32%), и с 3 дополнительными подвариантами, учитывающими их иерархическую соподчиненность (в одном или в двух уровнях – 29,27 и 70,73%); 7) на 4 разновидности по особенностям взаимодействия жилой застройки с природным окружением (с активным и пассивным использованием ландшафта, предусматривающим усиление его композиционных качеств и нейтральное отношение к нему, а также с искажением ландшафта и с комбинацией упомянутых архитектурно-композиционных приемов – соответственно 72,48; 6,42; 0,92% и 20,18%).

В процессе изучения «стабилизационных» свойств сложившихся вариационных распределений с использованием коэффициента ковариации были получены следующие результаты. Так, при оценке «стабильности» вариационных рядов задействованных в исследовании типологических признаков-атрибутов наиболее «стабильными» оказались: для классов – смешанные поселково-сельские ГСНМ; для подклассов – ГСНМ, сочетающие архаичные приемы отпочкования поселений с приемами их механической концентрации; для типов – ГСНМ с частично слившимися частями; для подтипов – ГСНМ с ядерно-центричной формой пятна застройки; для видов – ГСНМ с комбинацией структурообразующих элементов; для подвигов – ГСНМ с периферийным расположением акцентов по отношению к пятну застройки; для разновидностей – ГСНМ с активным использованием композиционных свойств окружающего природного ландшафта.

В свою очередь при оценке «стабильности» 5 исследуемых субрегионов по характеру распределения вариантов отдельных типологических признаков наиболее «стабильными» оказались: Карельское Поморье – по распределению классов, подклассов, подтипов, подвигов и разновидностей, а также Архангельское Поморье – по распределению типов и видов. А в число наиболее «нестабильных» субрегионов вошли: Восточное Обонежье – по классам, Архангельское Поморье – по подклассам, Мурманское Поморье – по типам, подтипам и подвидам и Архангельское Поонежье – по видам и разновидностям.

С целью изучения внешне скрытых зависимостей между выявленными архитектурно-типологическими признаками-атрибутами об-

следованных групповых систем автором был проведен корреляционный анализ их парных связей с оценкой уровня достоверности посредством функции «ХИ2ТЕСТ» из «мастер-функций» табличного процессора Excel-2000. Затем при вероятности $p = 95\%$ через коэффициент корреляции Пирсона были построены 2 региональные корреляционные граф-модели (корреляционные плеяды) с целью их последующей предметно-содержательной интерпретации.

На модели, иллюстрирующей зависимость между выявленными в процессе анализа признаками-атрибутами и обследованными субрегионами, наглядно видно, что большая часть архитектурно-типологических признаков оказывается независимой от территории, а из 20 проанализированных пар признаков зависимыми оказываются только 3 пары.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о наличии в групповых системах обследованных субрегионов в основном общих, характерных для всего Российского Севера черт, тогда как специфические особенности субрегионов оказываются внешне скрытыми и для их изучения требуются более современные методы анализа. При решении этой задачи, в частности, и были использованы упоминавшиеся ранее меры центральной тенденции – относительные частоты с оценкой их «типичности» и «уникальности» и коэффициенты ковариации с анализом стабилизационных свойств сложившихся распределений. В заключение исследования был выполнен парный корреляционный анализ всех выявленных вариаций ведущих типологических признаков-атрибутов раздельно по каждому из пяти задействованных в исследовании субрегионов и построены соответствующие субрегиональные корреляционные граф-модели.

На этом завершающем этапе исследования Мурманское Поморье выделилось тем, что в его модели фактически не проявились парные корреляционные зависимости, тогда как в модели Карельского Поморья таких зависимостей проявилось 2, в модели Архангельского Поонежья – 3, в модели Восточного Обонежья – 5, в модели Архангельского Поморья – даже 6. Причем в качестве объединяющего начала для полученных моделей может рассматриваться лишь одна парная зависимость – связь между вариациями классов и подклассов («К-ПК»).

Результаты проведенного корреляционного анализа имеют важное значение, особенно с точки зрения решения задач по сохранению и преемственному развитию исторически сложившейся жилой среды. Так, в частности, при принятии каких-либо решений в области современной архитектурно-строительной деятельности, затрагивающих исторически сложившиеся поселенческие кластеры, особого отношения к себе требуют территории Восточного Обонежья и Архангельского Поморья, в

ГСНМ которых оказались реализованными достаточно сложные комплексные зависимости между разнообразными вариантами объемно-планировочных решений, архитектурно-композиционных приемов и форм.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы. Во-первых, групповые системы населенных мест, несмотря на свои физические масштабы, специфику внутреннего строения, особенности территориально-пространственной организации и довольно большое разнообразие форм, представляют несомненный интерес в качестве объекта исследования для специалистов, изучающих отечественное историко-архитектурное и культурное наследие, позволяя развить и дополнить результаты ранее проведенных научных изысканий.

Во-вторых, результаты предметно-содержательного и разведочного анализов свидетельствуют о наличии у поселенческих кластеров упомянутых выше пяти историко-архитектурных субрегионов как общих, характерных для всего Российского Севера черт (преобладание сельских ГСНМ, сформировавшихся путем отпочкования новых поселений от старого поселения-ядра, имеющих зрительно разобщенные структурные части-поселения, линейную форму пятна застройки, комбинированные структурообразующие элементы, периферийную или центричную акцентировку пятна застройки архитектурно-природными доминантами и активно использующих окружающий их природный ландшафт с усилением его композиционных качеств), так и специфических особенностей, сформировавшихся под влиянием сложного комплекса природно-климатических, исторических, социально-экономических и этнических факторов. Подтверждением наличия субрегиональных особенностей у обследованных ГСНМ служат результаты ковариационного анализа двумерных вариационных таблиц и сопоставительного анализа субрегиональных корреляционных граф-моделей.

В-третьих, результаты проведенного исследования в перспективе могут послужить достаточно объективизированным фундаментом при решении задач архитектурно-строительного и этнокультурного зонирования территории Российского Севера, а также могут быть использованы в современной архитектурно-строительной практике, нацеленной на создание оптимальной для человека среды обитания в условиях Крайнего Севера.

В заключение авторы приносят искреннюю благодарность Российскому гуманитарному научному фонду за финансовую поддержку научно-теоретических и прикладных изысканий специалистов кафедры САПР ПетрГУ в области изучения теории и истории народного зодчества Российского Севера (грант РФНФ, 2007-2008, № 07-04-12127в).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефлов В. Б., Медведев П. П. Информационные базы данных по объектам и системам народной архитектуры Российского Севера, методы обработки и анализа историко-архитектурных данных // Международная конф.-выставка «Информационные технологии в непрерывном образовании»: Тез. докл. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1995. С. 42–44.
2. Медведев П. П. Деревянное гражданское зодчество Беломорского Поморья (опыт системного анализа с применением ЭВМ). Т.1. : Дис. ... канд. архитектуры: 18.00.01. – Защищена 15.05.86; Утв. 12.11.86; АХ № 000835. Петрозаводск, 1985. 295 с.: ил.
3. Медведев П. П. Корреляционный анализ и моделирование как инструмент в исследовании морфологии архитектурно-пространственных систем и объектов и в совершенствовании технологии ареальных исследований традиционной архитектуры (на примере домов-комплексов Новгородской области) // Труды Петрозаводского государственного университета: Межвуз. сб. Серия «Строительство». Вып. 5. «Новые технологии в строительстве». Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. С. 119–124.
4. Медведев П. П. Математико-модельные методы анализа пространственно-временных структур как инструмент изучения этнических особенностей народной архитектуры // «Свое» и «чужое» в культуре народов Европейского Севера: Тез. докл. межвуз. конф. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. С. 37–40.
5. Медведев П. П. Морфология групповых систем населенных мест Восточного Обонежья конца 19 – первой половины 20 веков (историко-архитектурная типология и разведочный анализ) / Петрозаводский гос. ун-т. Петрозаводск, 2000. 90 с. Библиогр.: 103 назв., рис. 11. Деп. в ВНИИТПИ 13.01.01, № 11813.
6. Медведев П. П. Морфология поселенческих кластеров Российского Севера конца 19 – первой половины 20 веков (ареальные исследования народного зодчества с применением архитектурно-типологического и математико-модельного методов анализа) // Карелия и РФФИ: Тез. докл. науч. конф. Петрозаводск, 2002. С. 93–94.
7. Медведев П. П. Принципы и приемы архитектурно-пространственной организации жилой среды сельских поселений Беломорского Поморья // Архитектурное наследие и реставрация памятников истории и культуры России: Сб. науч. тр. М., 1988. С. 145–163, ил.
8. Северный экономический район: Проблемы, тенденции, перспективы развития. СПб.: Наука, 1992. 256 с.
9. Харузин Н. Н. Из материалов, собранных среди крестьян Пудожского уезда Олонецкой губернии // Олонецкий сборник. Вып. 3. Петрозаводск: В Губ. Типографии, 1893. 45 с.
10. Шайжин Н. С. Старая Пудоба с XIV по XVIII век (историко-бытовой очерк). Петрозаводск: Олонецкая губернская типография, 1906. 46 с.

УДК 624.072

АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ ПЕТРОВ

доктор технических наук, доцент кафедры архитектуры, строительных конструкций и геотехники строительного факультета ПетрГУ

petr@psu.karelia.ru

ЗАХАР АНДРЕЕВИЧ ВОРОНИН

инженер, ООО «САНА»

voronin@onego.ru

АННА ВЛАДИМИРОВНА ЕВСЕЕВА

инженер, преподаватель кафедры архитектуры, строительных конструкций и геотехники строительного факультета ПетрГУ

petr@psu.karelia.ru

ФИЗИЧЕСКИ-НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК-СТЕНОК С ТРЕЩИНАМИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассматривается конечно-элементный подход к анализу напряженно-деформированного состояния железобетонных балок-стенок с трещинами. В основу методики физически-нелинейного расчета положены зависимости деформационной теории пластичности железобетона с трещинами Н. И. Карпенко. Приводятся результаты расчета экспериментальных балок-стенок из опытов М. П. Нильсена.

Ключевые слова: теория пластичности железобетона, балки-стенки с трещинами, метод конечных элементов

В рамках физически-нелинейного расчета процесс изменения напряженно-деформированного состояния конструкции исследуется путем малых приращений нагрузки. По мере роста нагрузки железобетон последовательно проходит ряд стадий напряженно-деформированного состояния:

- упругую без трещин;
- упругопластическую без трещин, где учитывается нелинейность деформаций бетона;
- стадию с трещинами до начала пластического деформирования арматуры;
- стадию с трещинами, где учитывается развитие пластических деформаций арматуры.

Переход в иную стадию деформирования устанавливается анализом системы очевидных ограничений. Напряжения, при которых в растянутом бетоне образуются трещины, определяются с учетом влияния факторов плоского напряженного состояния

$$\sigma_{b,crc} = \left[1 - \frac{(1-c)k}{1-ck} \right] R_{bt}, \quad (1)$$

где

$$k = |\sigma_{b,min} / R_b|; \quad (2)$$

$$c = 1,48 - 0,055R_b. \quad (3)$$

На стадии без трещин бетон рассматривается как физически-нелинейное ортотропное тело, оси ортотропии которого n и t совпадают с направлениями главных напряжений $\sigma_{bn} = \sigma_{b,max}$ и $\sigma_{bt} = \sigma_{b,min}$. Связь между напряжениями и деформациями в координатах x, y записывается в виде

$$\{\varepsilon\} = [C(\{\sigma\}_b)] \{\sigma\}_b. \quad (4)$$

Основными физическими характеристиками ортотропной модели являются секущие модули деформаций бетона E'_{bn} и E'_{bt} и коэффициент поперечных деформаций ν . Секущие модули деформаций бетона вычисляются в зависимости от вида напряженного состояния (сжатие-сжатие, сжатие-растяжение или растяжение-растяжение) и величины главных напряжений,

чем обеспечивается зависимость $[C]_b = [C(\sigma_b)]$. Коэффициент поперечных деформаций бетона определяется по методике [1] и также зависит от вида напряженного состояния и уровня напряжений в бетоне.

Для бетона до образования трещин справедлива зависимость

$$\left. \begin{aligned} C_{11} &= \frac{\sin^2 \alpha}{E'_{bn}} + \frac{\cos^2 \alpha}{E'_{bt}}; \\ C_{12} &= -\frac{\nu(1+m)}{mE'_{bn} + E'_{bt}}; \\ C_{13} = C_{23} &= \left(\frac{1}{E'_{bn}} - \frac{1}{E'_{bt}} \right) \frac{\sin 2\alpha}{2}; \\ C_{22} &= \frac{\cos^2 \alpha}{E'_{bn}} + \frac{\sin^2 \alpha}{E'_{bt}}; \\ C_{33} &= \frac{1}{E'_{bn}} + \frac{1}{E'_{bt}} + \frac{2\nu(1+m)}{mE'_{bn} + E'_{bt}}; \\ m &= |\sigma_{b,max} / \sigma_{b,min}|, \end{aligned} \right\} (5)$$

где α - угол направления главных осей n и t по отношению к осям x и y .

После образования трещин элементы матрицы жесткости железобетона вычисляются по формулам (1.57) [2]. В случае только ортогонального армирования эти формулы существенно упрощаются и принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} \tilde{C}_{rc.11} &= \frac{\lambda_{x,t}}{E'_{sx} \mu_x + E'_{sp} \mu_p} + \frac{\cos^2 \alpha}{E_b}; \\ \tilde{C}_{rc.12} &= 0; \\ \tilde{C}_{rc.13} &= \frac{\lambda_{x,t} \operatorname{ctg} \alpha}{E'_{sx} \mu_x + E'_{sp} \mu_p} - \frac{\sin 2\alpha}{2E_b}; \\ \tilde{C}_{rc.22} &= \frac{\lambda_{y,t}}{E'_{sy} \mu_y} + \frac{\sin^2 \alpha}{E_b}; \\ \tilde{C}_{rc.23} &= \frac{\lambda_{y,t} \operatorname{tg} \alpha}{E'_{sy} \mu_y} - \frac{\sin 2\alpha}{2E_b}; \\ \tilde{C}_{rc.33} &= \frac{\lambda_{x,t} \operatorname{ctg}^2 \alpha}{E'_{sx} \mu_x + E'_{sp} \mu_p} + \frac{\lambda_{y,t} \operatorname{tg}^2 \alpha}{E'_{sy} \mu_y} + \frac{1}{E_b} \left(\frac{2}{\bar{\nu}_n} - 1 \right). \end{aligned} \right\} (6)$$

В формулах (6) средними модулями деформаций арматуры E'_{si} , $i=x, y$ учитывается влияние растянутого бетона на участке между трещинами на деформации арматуры. При частично нарушенном сцеплении $E'_{si} > E_{si}$ при полностью нарушенном $E'_{si} = E_{si}$. Если $\sigma_{si} > \sigma_{si,el}$, то при вычислении средних модулей деформаций арматуры учитываются пластические деформации стержней на участке между трещинами.

На первой итерации каждого этапа нагружения секущий модуль деформаций бетона принимается равным модулю упругости. После выполнения расчета в конечном элементе (КЭ) получают некоторые напряжения σ^1_i и деформации ε^1_i (где верхний индекс означает номер этапа нагружения, а нижний – номер итерации). Далее

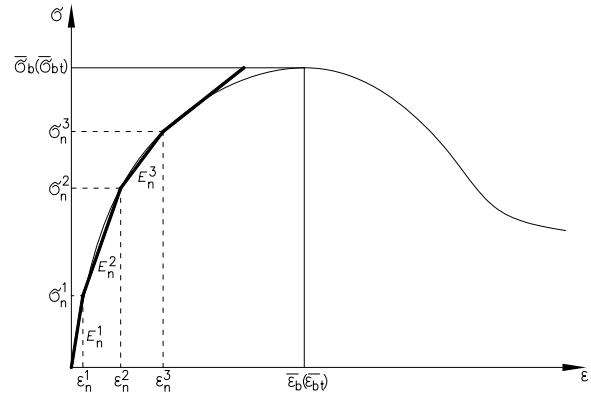


Рис. 1. Характер зависимости между напряжениями и деформациями

в соответствии с полученными напряжениями и деформациями корректируется секущий модуль деформаций и назначается его новое значение E^1 . На следующих итерациях расчет повторяется при постоянной нагрузке. На каждом этапе нагружения расчет прекращают после заданного числа итераций или при удовлетворении условия сходимости. По полученным напряжениям σ^1_n и деформациям ε^1_n в КЭ корректируется секущий модуль E^1_n . Характер зависимости между напряжениями и деформациями приведен на рисунке 1.

Если в процессе расчета в некотором КЭ напряжения σ_{mn} или деформации ε_{mn} в бетоне превысили их предельные значения, то на последующих итерациях в этом элементе задают новое значение секущего модуля бетона E_{mn} , равное $0,5E_{mn-1}$. Физический смысл такой операции состоит в том, что в процессе разрушения элемента его постепенно выключают из работы [3, 4].

Для расчета по предложенной методике были выбраны балки-стенки из опытов М.П. Нильсена (Nilsen M.P.) [5]. Балки-стенки высотой $h = 100$ см, толщиной $t = 8$ см и пролетами $l = 100$ см (балка-стенка №101) и $l = 200$ см (балка-стенка №103) были испытаны на кратковременную нагрузку. Армирование балок-стенок осуществлялось по всему полю однородной сеткой из проволоки диаметром 6 мм и шагом 100 мм ($\mu_x = \mu_y = 0,0035$). Физико-механические свойства арматуры приведены в таблице 1. Схемы армирования балок-стенок приведены на рис. 2.

Таблица 1

Физико-механические свойства арматуры

	E_s	$\sigma_{s,el}$	$\sigma_{0,2}$	σ_u	ε_{su}
	МПа	МПа	МПа	МПа	–
Арматура диаметром 6 мм	210000	410	510	680	0,025

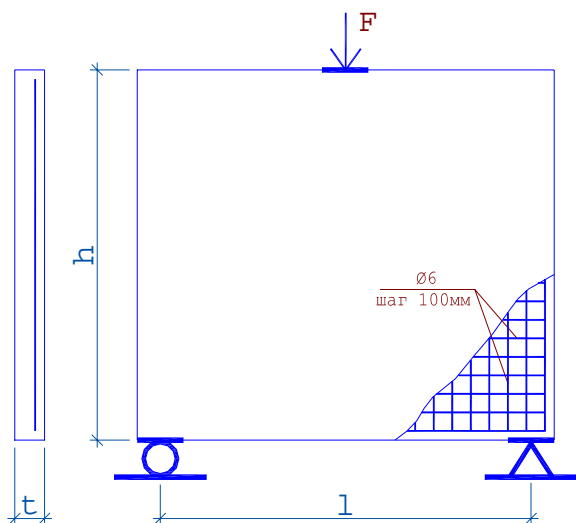


Рис. 2. Конструкция балки-стенки

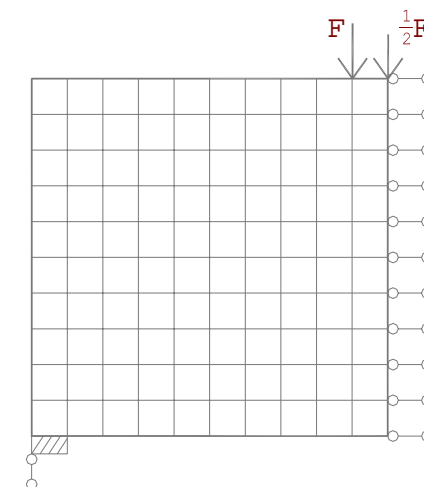


Рис. 3. Расчетная схема балок-стенок

Если в процессе расчета в некотором КЭ напряжения σ_{mn} или деформации ε_{mn} в бетоне превысили их предельные значения, то на последующих итерациях этому элементу задают новое значение секущего модуля бетона E_{mn} , равное $0,5E_{mn-1}$. Физически смысл такой операции состоит в том, что в процессе разрушения элемента его постепенно выключают из работы [3, 4].

Для расчета по предложенной методике была выбрана балка-стенка из опытов М. П. Нильсена (M. P. Nilssen) [5]. Балка-стенка высотой $h = 100$ см, толщиной $t = 8$ см и пролетами $l = 100$ см (балка-стенка №101) и $l = 200$ см (балка-стенка №103) были испытаны на кратковременную нагрузку. Армирование балок-стенок осуществлялось по всему полю однородной сеткой из проволоки диаметром 6 мм и шагом 100 мм ($\mu_x = \mu_y = 0,0035$). Физико-механические свойства арматуры приведены в таблице 1. Схемы армирования балок-стенок приведены на рисунке 2.

Физико-механические свойства бетона балок-стенок приведены в таблице 2.

При расчете симметричные части балок-стенок №101 и №103 были разбиты на 51 и 100 прямоугольных КЭ, соединенных 68 и 123 узлами соответственно. Расчетные схемы балок-стенок представлены на рисунке 3.

На рисунке 4 представлены графики прогибов балок-стенок. Как в опыте, так и в расчете балка-стенка №101 опытная нагрузка трещинообразования составила 145 кН, расчетная 120 кН. В балке-стенке №103 опытная нагрузка трещинообразования составила 78 кН, расчетная – 90 кН.

Как в эксперименте, так и в расчете образование первых трещин не привело к существенному нарастанию прогибов. Как следует из графиков (см. рис. 4) и анализа напряженного состояния конечных элементов, нелинейность деформирования резко возросла с началом текучести продольной растянутой арматуры, сокращением высоты сжатой зоны и сопровождалась нарастающим раскрытием нормальных и наклонных трещин. Как в опыте, так и в расчете разрушение балок-стенок явилось следствием текучести продольной растянутой арматуры и истощения прочности сжатого бетона. Схемы образования и развития трещин в балках-стенках представлены на рисунках 5 и 6.

Сопоставление теоретических и опытных данных позволяет сделать вывод, что представленная модель и методика расчета с достаточной степенью точности описывают нелинейное поведение железобетона с трещинами.

Таблица 2

Физико-механические свойства бетона

Балка-стенка	Цилиндрическая прочность	Кубиковая прочность R (20x20см)	Призменная прочность R_b	Прочность при осевом растяжении R_{bt}	Модуль упругих деформаций E_b
	МПа	МПа	МПа	МПа	
№101	41	49,4	35,6	2,54	36000
№103	37	44,6	32,4	2,41	34500

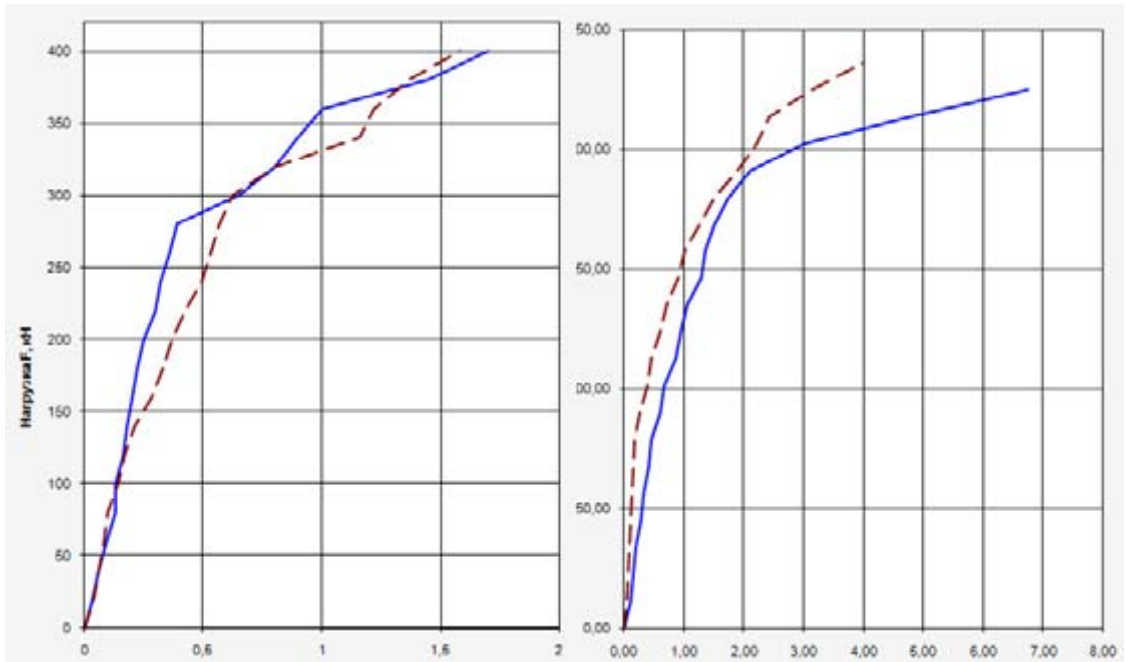


Рис. 4. График прогибов балки-стенки №101 (слева) и балки-стенки №103 (справа).
Обозначено: — опыт; - - - - расчет.

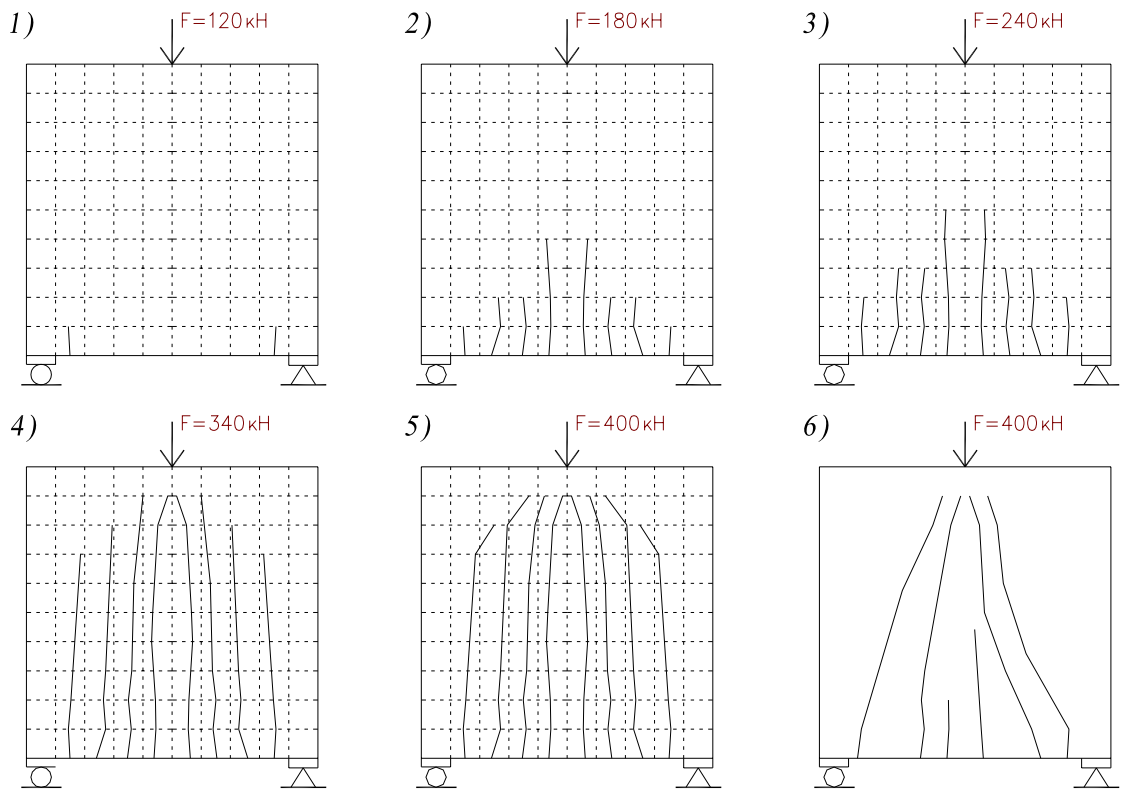


Рис. 5. Схемы развития трещин в балке-стенке №101
1-5 – расчет; 6 – опыт

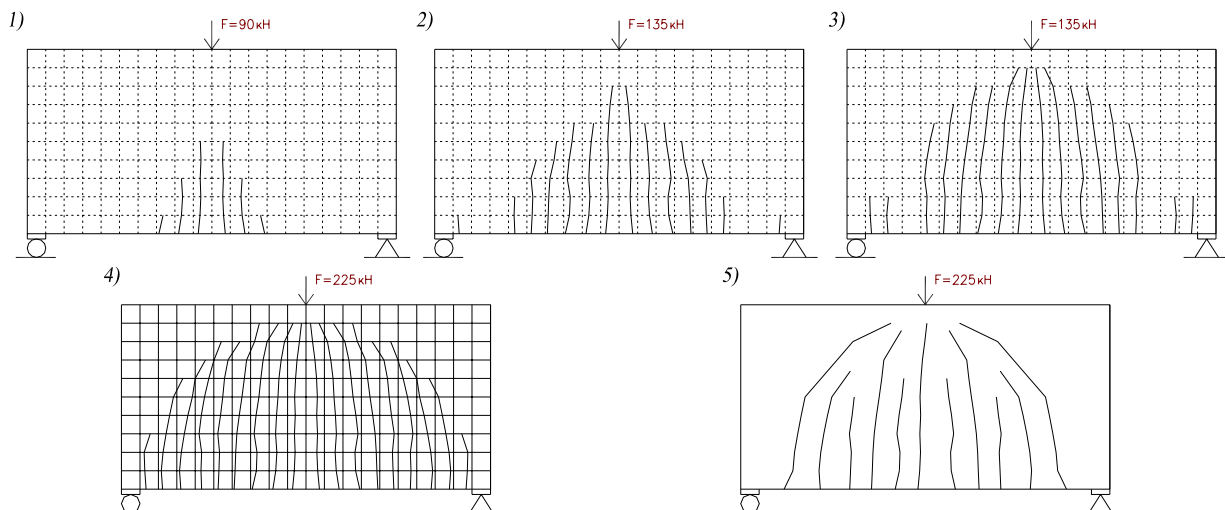


Рис. 6. Схемы развития трещин в балке-стенке № 103
1-4 – расчет; 5 – опыт

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко Н. И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. 416 с.
2. Карпенко Н. И. Теория деформирования железобетона с трещинами. М.: Стройиздат, 1976. 208 с.
3. Гусев Б. В. Напряженное состояние в бетоне как композиционном материале // Промышленное и гражданское строительство. 2003. № 9. С. 24–25.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 542 с.
5. Nilsen M. P. Limit Analysis of Reinforced Concrete Slabs. // Acta Politech. Scand., 1964. Gi.26.

УДК 624.072.33.041.2

АНАТОЛИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ РОЧЕВ

кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры, строительных конструкций и геотехники строительного факультета ПетрГУ
metalll@sampo.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАМНОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ СОСТАВНЫХ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Построена математическая модель, позволяющая рассчитать напряженно-деформированное состояние и проверить устойчивость рамной конструкции из составных упругопластических элементов. Переменные состояния модели учитывают изменение геометрических параметров элементов системы по длине, податливость их на изгиб, сдвиг и кручение, нелинейные геометрические и физические факторы, возникающие при работе элементов под нагрузкой.

Ключевые слова: рамная конструкция, деформированное состояние, составной упругопластический элемент

Исследуется рамная конструкция, включающая в себя составные прямолинейные элементы с ветвями, выполненными из тонкостенных профилей, соединенных между собой решеткой с образованием элемента переменного сечения по длине, имеющего две оси симметрии в поперечном сечении. Элементы рамы имеют начальные несовершенства в виде пространственно изогнутых осей. Исследование устойчивости осуществляется на примере рамной конструкции пролетом l , имеющей произвольный неразветвленный ломаный контур и нагруженной по длине произвольной поперечной нагрузкой G , приложенной с эксцентриситетами относительно продольной оси. Из своей плоскости рамная система имеет жесткие опоры в узлах и между ними (в местах расположения связей). Узлы системы элементов – жесткие. Сечения элементов в узлах системы не имеют возможности поворота в своей плоскости.

В работе используется приближенное выражение для кривизны оси элементов. Для материа-

ла элементов устанавливается произвольная зависимость между деформациями и напряжениями. Влияние разгрузки не учитывается. Используется гипотеза неплоских сечений [1]. Учет деформаций сдвига осуществляется способом, предложенным Ф. Энгессером и С. П. Тмошенко [2]. Не учитывается влияние касательных напряжений на развитие пластических деформаций. Геометрическая неизменяемость поперечного сечения элементов обеспечивается постановкой поперечных диафрагм жесткости. По торцам составных элементов рамной системы предполагается наличие опорных плит, препятствующих деформации поперечного сечения.

Первоначально, аналогично [3], исследование рамной конструкции осуществляется без учета влияния деформаций сдвига. Используется шаговое нагружение конструкции. В деформированном состоянии хорда i -го элемента рамы, расположенного между узлами $i-1$ и i , повернется на угол η_i относительно первоначального положения. В этом состоянии уравнения равно-

весия части силовой системы, отделенной сечением, проходящим через центр узла i перпендикулярно к хорде i -го элемента, будут иметь вид:

$$\begin{aligned} R_{0y_o} - G_{y_o} - P_{i(i+1)} \cos(\nu_i + \eta_i) + Q_{i(i+1)} \sin(\nu_i + \eta_i) &= 0, \\ R_{0z_o} - G_{z_o} - P_{i(i+1)} \sin(\nu_i + \eta_i) + Q_{i(i+1)} \cos(\nu_i + \eta_i) &= 0, \quad (1) \\ R_{0y_o} \bar{z}_{oi} - R_{0z_o} \bar{y}_{oi} - M_i^G + M_{i(i+1)} &= 0, \end{aligned}$$

где R_{0y_o} и R_{0z_o} – проекции главного вектора реакций опоры с координатами $x_o = y_o = z_o = 0$ на координатные оси y_o и z_o ; G_{ix_o} и G_{iy_o} – проекции главного вектора внешних сил на оси y_o и z_o ; M_i^G – проекция главного момента внешних сил относительно центра узла i ; $P_{i(i+1)}$, $Q_{i(i+1)}$ – силы, действующие соответственно вдоль и поперек хорды i -го элемента со стороны элемента $i+1$; $M_{i(i+1)}$ – момент, действующий в i -м узле со стороны элемента $i+1$; ν_i – угол между осью y_o и осью i -го элемента недеформированной силовой системы; \bar{y}_{oi} и \bar{z}_{oi} – координаты i -го узла деформированной системы.

Координаты узлов деформированной системы элементов \bar{z}_{oi} и \bar{y}_{oi} определяются из выражений, учитывающих измененную вследствие деформаций длину l_i элементов системы:

$$\begin{aligned} \bar{y}_{oi} &= \sum_{k=1}^{\bar{k}=i-1} \bar{y}_{o,k} + \bar{l}_i \cos(\nu_i + \eta_i), \quad (2) \\ \bar{z}_{oi} &= \bar{z}_{o,k} + \bar{l}_i \sin(\nu_i + \eta_i). \end{aligned}$$

Связь между силами и моментами, действующими по разные стороны i -го узла, определяется из решения системы уравнений равновесия

$$\begin{aligned} P_{i(i+1)} \cos(\nu_{i+1} + \eta_{i+1}) - Q_{i(i+1)} \sin(\nu_{i+1} + \eta_{i+1}) - \\ - P_{i(i+1)} \cos(\nu_i + \eta_i) + Q_{i(i-1)} \sin(\nu_i + \eta_i) &= 0, \\ P_{i(i+1)} \cos(\nu_{i+1} + \eta_{i+1}) - Q_{i(i+1)} \cos(\nu_{i+1} + \eta_{i+1}) - \\ - P_{i(i+1)} \sin(\nu_i + \eta_i) - Q_{i(i-1)} \cos(\nu_i + \eta_i) &= 0, \quad (3) \\ M_{i(i+1)} &= M_{i(i-1)}. \end{aligned}$$

Разделив длину i -го элемента системы на m равных частей длиной s_i , изогнутую ось i -го элемента в местной системе координат можно описать интерполяционными многочленами Лагранжа m -й степени

$$\bar{x}_{oi} = P_{m1}(z_{oi}), \quad \bar{y}_{oi} = P_{m2}(z_{oi}). \quad (4)$$

В j -м сечении i -го элемента системы прогиб будет складываться из

$$\bar{x}_{oij} = \tilde{x}_{oij} + x_{oij}, \quad \bar{y}_{oij} = \tilde{y}_{oij} + y_{oij}, \quad (5)$$

где \tilde{x}_{oij} и \tilde{y}_{oij} – начальные прогибы в j -ом сечении i -го элемента системы; x_{oij} и y_{oij} –

прогибы в j -м сечении i -го элемента после приложения к силовой системе внешних сил.

Проведя в соответствии с [1] через точку хорды i -го элемента деформированной системы с координатой $z_{oi} = z_{oij}$ цилиндрическое поперечное сечение радиусом r_{ij} получим в волокне радиального направления деформацию

$$\varepsilon_{rij} = \varepsilon_{r0ij} + \varepsilon_{r1ij} + \varepsilon_{r2ij} + \varepsilon_{r\omega ij}, \quad (6)$$

где ε_{r0ij} , ε_{r1ij} и ε_{r2ij} – деформации, возникающие от действия соответственно продольной силы N_{ij} , изгибающих моментов M_{xij} и M_{yij} ; $\varepsilon_{r\omega ij}$ – деформация, возникающая при стесненном кручении [4].

С учетом (5) относительные деформации в радиальном направлении определяются по формулам:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{r\omega ij} &= \varepsilon_{\omega ij} \cos \beta, \\ \varepsilon_{r1ij} &= -y_{oij}'' r_{ij} \sin 2\beta / 2, \quad \varepsilon_{r2ij} = -x_{oij}'' x, \quad (7) \\ \varepsilon_{r0ij} &= -\psi_{ij}'' \omega_{rij}, \end{aligned}$$

где A_{rij} – площадь поперечного j -го цилиндрического сечения i -го элемента; β – угол между направлением рассматриваемого волокна и плоскостью xOz ; ω_{rij} – секториальная координата точки контура j -го цилиндрического сечения i -го элемента.

Угол ψ_{ij} определяется как сумма приращенных углов поворота сечений i -го элемента системы начиная от сечения с координатой $z_{oi} = 0$.

$$\psi_{ij} = \sum_{k=1}^{k=j} (\Delta M_{itz,k} \sum_{g=1}^{\bar{k}} \psi_{ltg}), \quad (8)$$

где $\Delta M_{itz,k}$ – приращение крутящего момента по длине k -го участка i -го элемента системы относительно оси, проходящей через центр изгиба сечения; ψ_{ltg} – угол закручивания g -й пространственной панели k -го участка элемента от действия единичных крутящих моментов, приложенных по ее торцам, определяемый аналогично [6] с учетом развития пластических деформаций [7]; \bar{k} – число панелей на k -ом участке.

Выражение для определения ψ_{ij}'' аппроксимируем интерполяционным многочленом

$$\psi_{ij}'' = \sum_{k_1=-2}^{k_1=+2} D_{ij+k_1} \psi_{ij+k_1} \quad (9)$$

Условия равновесия для части i -го элемента, отделенной j -м сечением элемента, в проекциях на центральные оси инерции этого сечения x_1 , y_1 и z_1 параллельные координатным осям x_{oi} , y_{oi} и z_{oi} с учетом деформированного состояния элемента запишутся в виде:

$$\begin{aligned}
P_{i(i+1)} \bar{y}_{oij} - M_{i(i+1)} \bar{z}_{oij} - M_{ijx_1}^G + M_{ijx'}^{\%o'} \cos \xi_{ij2} \cos \psi_{ij} - M_{ijy'}^{\%o'} \cos \xi_{ij3} \sin \psi_{ij} - M_{ijz'}^{\%o'} \cos \xi_{ij1} \sin x'_{oij} &= 0, \\
P_{i(i+1)} \bar{x}_{oij} - M_{ijy_1}^R + M_{ijx'}^{\%o'} \cos \xi_{ij2} \sin \psi_{ij} - M_{ijy'}^{\%o'} \cos \xi_{ij3} \cos \psi_{ij} - M_{ijz'}^{\%o'} \sin \xi_{ij1} &= 0, \\
Q_{i(i+1)} \bar{x}_{oij} \pm M_{ijz_1}^G - M_{ijx'}^{\%o'} \sin \xi_{ij2} + M_{ijy'}^{\%o'} \sin \xi_{ij3} - M_{ijz'}^{\%o'} \cos \xi_{ij1} \cos x'_{oij} &= 0, \\
\pm \bar{R}_{ijx_1} \mp Q_{ijx'}^{\%o'} \cos \xi_{ij2} \cos \psi_{ij} \pm Q_{ijy'}^{\%o'} \cos \xi_{ij3} \sin \psi_{ij} \pm P_{ij}^{\%o'} \cos \xi_{ij1} \sin x'_{oij} &= 0, \\
Q_{i(i+1)} - G_{ijy_1} \mp Q_{ijx'}^{\%o'} \cos \xi_{ij2} \sin \psi_{ij} \pm Q_{ijy'}^{\%o'} \cos \xi_{ij3} \cos \psi_{ij} \pm P_{ij}^{\%o'} \sin \xi_{ij1} &= 0, \\
P_{i(i+1)} \mp Q_{ijx'}^{\%o'} \sin \xi_{ij2} \pm Q_{ijy'}^{\%o'} \sin \xi_{ij3} \pm P_{ij}^{\%o'} \cos \xi_{ij1} \cos x'_{oij} &= 0,
\end{aligned} \tag{10}$$

где $\xi_{ij1} = y'_{oij}[1 - (x'_{oij})^2/2]$, $\xi_{ij2} = x'_{oij}[1 - (\psi_{ij})^2/2]$, $\xi_{ij3} = y'_{oij}[1 - (\psi_{ij})^2/2]$, G_{ijy_1} – проекция главного вектора внешних сил, действующих на i -й элемент системы; $M_{ijx_1}^G$ и $M_{ijz_1}^G$ – проекции вектора главного момента внешних сил относительно центра тяжести j -го сечения i -го элемента системы на оси соответственно x_1 и z_1 ; $P_{ij}^{\%o'}$ – главный вектор эпюры нормальных напряжений j -го сечения i -го элемента системы; $M_{ijx'}^{\%o'}$ и $M_{ijy'}^{\%o'}$ – проекции вектора главного момента эпюры нормальных напряжений j -го сечения i -го элемента системы относительно центра тяжести этого сечения на главные центральные оси инерции; $M_{ijz'}^{\%o'}$ – главный вектор касательных сил j -го сечения i -го стержня; $Q_{ijx'}^{\%o'}$ и $Q_{ijy'}^{\%o'}$ – проекции главного вектора эпюры касательных напряжений изгиба на главные центральные оси инерции; \bar{R}_{ijx_1} – главный вектор горизонтальных опорных реакций; $M_{ijy_1}^R$ – проекция главного момента от действия горизонтальных опорных реакций на ось y_1 j -го сечения i -го элемента системы.

Внутренние силы j -го сечения в (10) определяются из

$$\begin{aligned}
P_{ij}^{\%o'} &= r_{ij} \int_{A_{ij}} \sigma_{rij} \cos \beta dA_{rij}, \\
M_{ijx'}^{\%o'} &= r_{ij} \int_{A_{ij}} \sigma_{rij} y \cos \beta dA_{rij}, \\
M_{ijy'}^{\%o'} &= \int_{A_{ij}} \sigma_{rij} x \cos \beta dA_{rij}.
\end{aligned} \tag{11}$$

Уравнения, раскрывающие статическую неопределимость задачи, будут иметь вид:

$$y'_{olo} = 0, \quad y'_{okm} = 0, \quad l = const. \tag{12}$$

При составлении выражения для l в (12) учитывается то, что длина стержней деформированной системы с учетом деформаций изгиба, осевого растяжения-сжатия равна

$$\bar{l}_i = l_i + \Delta l_i, \quad \Delta l_i = \frac{1}{2} \int_0^l (y'_{oi})^2 dx_{oi} + \frac{1}{2} \int_0^l \varepsilon_{oi} dx_{oi}. \tag{13}$$

Используя (1) – (13), решается задача определения напряженно-деформированного состояния рамной конструкции без учета деформаций сдвига.

Учет деформаций сдвига дает следующие углы поворота сечений

$$\begin{aligned}
\bar{y}'_{oij} &= y'_{oij} + \bar{Q}_{ijy}^{\%o'} \hat{\gamma}_{1yj}, \quad \bar{x}'_{oij} = x'_{oij} + Q_{ijx}^{\%o'} \hat{\gamma}_{1xj}, \\
\bar{Q}_{ijy}^{\%o'} &= Q_{ijy}^{\%o'} \pm \int_{A_{ij}} \sigma_{rij} \sin \beta dA_{rij},
\end{aligned} \tag{14}$$

где $\hat{\gamma}_{1xj}$ и $\hat{\gamma}_{1yj}$ – усредненные углы поперечного сдвига j -го сечения в главных плоскостях инерции на j -м участке системы от действия единичных поперечных сил, определяемые из рассмотрения картины деформации пространственной панели составного элемента с учетом влияния пластических деформаций [7].

Зная \bar{y}'_{oij} , \bar{x}'_{oij} и используя формулы численного анализа [9], можно найти величины \bar{y}_{oij} и \bar{x}_{oij} . После подстановки их в (10) вместо величин y'_{oij} , y'_{oij} , x'_{oij} , x'_{oij} и учета влияния деформаций сдвига в выражениях (2) и (13) задача устойчивости рамной конструкции решается методом, изложенным в [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Верховский А. В. Новый способ определения напряжений в деталях сложной формы (метод неплоских сечений) // Тр. Горьковского политех. института. Вып. 1. Горький, 1951. Т. IX. 102 с.
- Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем. М.; Л.: ОГИЗ-Гостехиздат, 1946. С. 133.
- Рочев А. А. Математическая модель упругопластического составного элемента несущей конструкции // Труды ПетрГУ. Сер. Прикладная мат. и информатика. Вып. 12. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. С. 55–61.
- Борисов М. Д. Расчет на кручение балочных и рамных систем из тонкостенных составных стержней на планках. Л.: Стройиздат, 1970. 150 с.
- Трофимов В. И. Исследование устойчивости трехгранных сквозных стержней // Исследования по стальным конструкциям. Тр. ЦНИИСК. М.: Стройиздат, 1962. Вып. 13. С. 173.
- Рочев А. А. Исследование устойчивости стальных перфорированных внецентренно сжатых стержней в упруго-пластической стадии // Металлические конструкции и испытания сооружений: межвузовский тематический сборник трудов. Л.: ЛИСИ, 1977. №1(134). С. 119–123.
- Санжаровский Р. С. Устойчивость элементов строительных конструкций при ползучести. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 280 с.
- Березин И. С., Жидков Н. П. Методы вычислений: В 2 т. М.: Наука, 1966. Т. 1. 632 с.

УДК 599.32:591.5

ЭРНЕСТ ВИКТОРОВИЧ ИВАНТЕР

доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, профессор
эколого-биологического факультета ПетрГУ

ivanter@petrsu.ru

**К ПОПУЛЯЦИОННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛИТИПИЧЕСКОГО ВИДА
(НА ПРИМЕРЕ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ – *CLETHRIONOMYS GLAREOLUS SHREB*)**

Анализ популяционной организации и динамики численности европейской рыжей полевки – типичного представителя мегаареальных политипических видов млекопитающих Палеарктики – подтвердил высказанное нами ранее положение о том, что в экологическом центре (оптимуме) видового ареала плотность популяций не только выше, но и устойчивее, тогда как на периферии она колеблется в широком диапазоне (с большей амплитудой).

Ключевые слова: рыжая полевка, политипический вид, плотность популяции

Работ, непосредственно посвященных популяционной организации и закономерностям динамики численности рыжей полевки, немного, к тому же все они носят региональный характер и основываются на сравнительно небольшом числе лет наблюдений. Более или менее полные сведения содержат исследования выполненные на Кольском полуострове (Семенов-Тянь-Шанский, Насимович, 1949; Кошкина, 1957; Семенов-Тянь-Шанский, 1970; Бойко, 1984), в Карелии (Ивантер, 1975, 1981, 2005; Кутенков, 2006), Республике Коми (Турьева, 1961; Теплов, 1960; Петров, Шубин, 1986), Архангельской обл. (Куприянова, Наумов, 1986; Бобрецов, Куприянова, 2002), в зоне европейской южной тайги (Формозов, 1948; Башенина, 1951, 1968а; Попов, 1998), в Московской (Заблоцкая, 1957, Жигарев, 1997, 2004) и Тульской обл. (Панина, Мясников, 1960; Садовская и др., 1971; Бернштейн и др., 1972, 1980, 1989; Кузнецов, Михайлин, 1985), Окском заповеднике (Зыкова, Зыков, 1967; Кудряшова, 1975), Волжско-Камском крае (Попов, 1960, Бернштейн и др., 1980 б); Удмуртии (Бернштейн и др., 1987, 1995), Республике

Марй-Эл (Жигальский, Корнеев, 1996), в Воронежской (Изосов, 1957, Елисеева, 1965), Белгородской (Чистова, 1994, 1998) и Саратовской (Щепотьев, 1975) обл., на Среднем Урале (Лукьянов, 1996), в Алтайском (Марин, 1983) и Красноярском (Дулькейт, 1967) краях, а также в ряде стран ближнего и дальнего зарубежья – Эстонии (Паавер, 1957), Латвии (Лапиль, 1963), Белоруссии (Михолап, Терехович, 1965; Гайдук и др., 1986), Украине (Зубко, 1965; Свириденко, 1967), Молдове (Лозан, 1971), средней Финляндии (Skaren, 1972, 1973), Швеции и других государствах Скандинавии (Myrberget, 1965; Bergstedt, 1965; Hansson, 1969), Великобритании [Ashby, 1967], Чехии (Zejda, 1967, 1973) и Польше (Petrusewicz, 1983). На остальной территории обширного ареала вида данные фрагментарны. В многочисленных разнообразных по тематике работах о динамике численности рыжей полевки упоминается лишь вскользь, среди прочих сведений. Сложность сопоставления этих неоднородных материалов, их обобщения и анализа усугубляется также несопадением сроков и условий наблюдений для разных регионов, хронологиче-

ских периодов, различиями в подходах и методах количественных учетов. Вопрос о закономерностях и факторах динамики численности рыжей полевки никогда не служил предметом специального рассмотрения в масштабах всего ареала вида.

ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ВИДА И ЕЕ ДИНАМИКА

По литературным и собственным материалам мы располагаем данными о численности рыжей полевки для 110 пунктов ареала, из которых в 40 наблюдения продолжались 10 и более лет подряд. Этого, конечно, недостаточно для исчерпывающего решения вопроса, однако анализ многолетних средних показателей численности в различных географических пунктах и картирования этих данных (рис. 1) позволяет выявить некоторые общие закономерности количественного размещения вида в пределах ареала.

Данные абсолютных учетов (табл. 1) невелики по объему, часто различаются по методике наблюдений, размерам площадей, способам расчета, поэтому на современном этапе могут быть использованы лишь для ориентировки. На основании имеющихся материалов можно сказать, что наиболее высокой и устойчивой численности рыжая полевка достигает в так называемом экологическом оптимуме (центре) видового

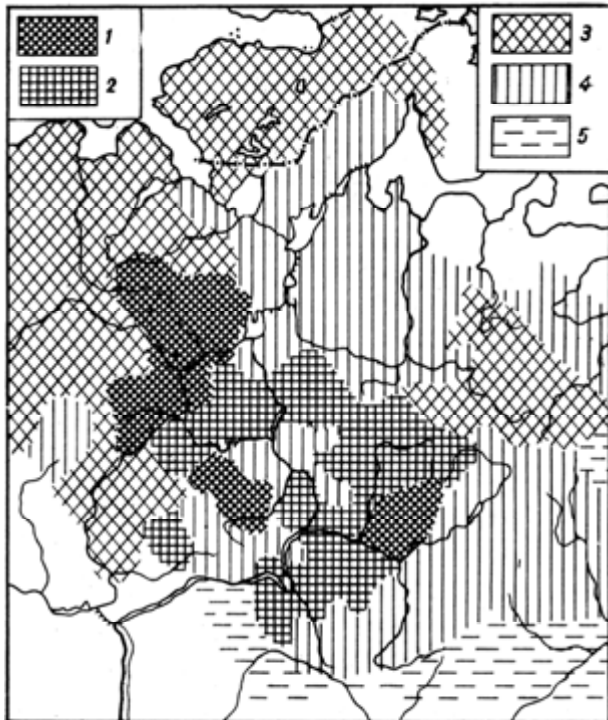


Рис. 1. Распределение средней плотности рыжей полевки на территории центральной и северной части Европейской равнины и Уральского региона по многолетним данным летне-осенних учетов (число экз. на 100 ловушко-суток):

1 – 10 и более; 2 – от 7,9 до 9,9; 3 – от 4 до 6, 9;
4 – от 1 до 3, 9; 5 – менее единицы

ареала – в хвойно-широколиственных и широколиственных лесах Западной Европы (Англия, юг Швеции, южные и средние районы Финляндии, Чехия, возможно, север Германии) и в европейской части России. Предельно высокие плотности вида составляют 200–212 особей на гектар. Они были отмечены на о-ве Скомер у побережья Великобритании, в южной Швеции, Польше и на юге Пермской обл. На остальной территории, где проводили абсолютные учеты, плотность не превышает 100–148 экз./га, но чаще остается в пределах 10–40 экз./га.

По данным относительных учетов (табл. 2), самая высокая численность рыжей полевки (до 50–60 экз. на 100 ловушко-суток) в летне-осенний период отмечена в лиственных лесах с преобладанием липы (европейская северная лесостепь, Тульская обл.) и в южнотаежных липово-еловых лесах Приуралья и Башкирии. На этих территориях рыжая полевка доминирует среди других мелких лесных млекопитающих, составляя более 70% от всех выловленных зверьков. В других ландшафтах, где преобладают иные типы леса, уровень ее численности, как правило, ниже.

На протяжении ареала вида меняется также характер динамики численности. В таблице 3 и на рисунках 2–9 показаны изменения ее в разных частях ареала, причем для сравнения взяты в основном пункты, где наблюдения охватывают не менее 10 лет подряд. При сопоставлении и анализе этих материалов выделяется не только сходство, но и специфичность динамики численности в каждом отдельном пункте. Различия выражаются в изменении частоты, амплитуды и пределов колебаний, а также в сдвиге очередного пика на один-два года. Даже в пределах сравнительно небольшой территории со сходными климатическими условиями (например, в южных и северо-западных районах Московской обл.), при весьма близком характере динамики численности, высота пиков различна (рис. 2) (Средняя численность за теплый период года. Поскольку она пропорциональна осеннему пику, точки кривой поставлены для осени). В Химкинском р-не, где преобладают смешанные елово-березовые леса и имеются остатки дубрав с примесью вторичных пород (ель, сосна, береза), общая численность грызунов во время подъемов 1963, 1972 и 1975 гг. была значительно выше, чем в Серпуховском р-не (Приокско-Террасный заповедник), тогда как численность рыжих полевок на этом фоне менялась по-разному. В первом случае в 1960–1961 гг. у этого вида была глубокая депрессия, которой не наблюдали в заповеднике. Во время пика 1972 г., наоборот, в лесах Химкинского р-на рыжие полевки имели более высокую плотность населения. Обращает на себя внимание, что в заповеднике общая численность грызунов фактически определяется количеством рыжих полевок, тогда как в Химкинском районе между этими показателями имеется значительный разрыв. Общая высота пика определяется здесь численностью полевой мыши, а не рыжей полевки.

Таблица 1

Абсолютная численность рыжик полевков в различных пунктах ареала

Место	Биотоп, тип леса	Сезон	Плотность, экз. на 1 га.		Данные
			пределы	среднее	
Северная Швеция	Ельник	Июнь	0–98	29,0	Hansson (1969)
	Березняк	“	0–56	9,5	“
Южная Швеция	Дубово-березовый	-	до 200	-	Bergstedt (1965)
Норвегия	Субальпийская зона	Июль- сентябрь	до 24	-	Skar et al. (1971)
Дания (Ютландия)	Смешанный лес	Октябрь-декабрь	16,7–26,3	22	Jensen (1975)
ФРГ (восточная часть)	-	-	5,1–50	-	Schmidt (1975)
Англия (о-в Скоммер)	Заросли орляка	Август-сентябрь	30–212	-	Fullagar et al. (1963)
Юг Англии (Хантингдоншир)	Куст.-трав. заросли	Весь год	до 66	-	Tanton (1969)
Юг Франции	Субальпийский луг	Лето	до 5	-	Le Louarn (1974)
Польша					
Мазурские озера	Смешанный лес	Весна	до 10,2	9,2	Gliwicz (1975)
		Осень	до 100	Около 70	
Беловежская пуца	Дубово-грабовый лес	“	34–64	37,6	Gebczynska, (1966)
	Сосняки	“	-	4,0	Aulak (1967)
Неполомицкая пуца	Липово-грабовый лес	Весна	2–4	-	Bobek (1973)
		Июнь	до 60	19,0	
Беловеж	Дубово-грабовый лес	Весна	-	26,2	Grodzlnskiet1, (1966)
		Осень	39,7–47,2	43,4	“
Ойцевский нац. парк	Дубовый лес	Весна	-	25,6	“
		Осень	-	14,7	“
	Сосняк, сосн.-дуб. лес	Весна	-	1,4	“
Кампиновская пуца	Липово-грабовый лес и ольшаник	Осень	-	4,7	“
Малые Пенины	Буковый лес	Июль	6,7–10,2	-	Migula et al., (1975)
	Липово-дубовый лес	Весна	до 5–30	1,6–12,6	Pelican et al. (1974)
		Лето	28,3–89,7	10,5–11,8	“
Чехия (Южная Моравия)	Березово-дубовый лес	Осень	38,1–148,1	8,6–40,8	“
		Зима	63,6–80,7	25,4–34,9	Zeida (1973)
	Дубово-грабовый и ильмово-грабовый лес	-	10,0–18,1	16,5	“
Болгария, г. Витоша	Еловый лес	Весна	7–9	-	Markov et al. (1972 a, b)
		Осень	22–29	-	“
	Смешанный лес	Осень	15–55	-	Гайдук и др. (1986)
Белоруссия, запад	Дубово-грабовый лес	“	15–50	-	“
	Сосняк черничный	“	10–35	-	“
Восточная Литва	Березняки	Август	-	10,61	Мальджюнайте, Прусайте (1976)
Московская обл., юг	Смешанный лес	Лето	6,7–18,3	-	Меркова (1955)
		-	до 93,3	-	Наумов (1951)
То же, запад	Смеш. и еловый леса	Август-сентябрь	1,8–38,0	10–20	Смирин (1964, 1971)
То же, юг	Рекреационные и ест. леса	Осень	3,2–101,1	3,1–35,3	Жигарев (2004)
Тульская обл.	Дубово-липовый лес	Осень	70–420	-	Кузнецов, Михайлин (1985)
		Июнь	2,1–4,3	-	Меркова (1955)
Воронежская обл.	Дубняки	Июль	-	11,6	“
		Сентябрь	-	5,2	“
			до 87	-	Голикова (1958)
Белгородская обл.	Дубово-ясеневый лес	Осень	2,8–116	-	Чистова (1998)
Удмуртия	Липово-еловый бор	Осень	60–227	-	Бернштейн и др. (1995)
Пермская обл.		Лето	до 194	-	Шилова и др. (1958)
Кировская обл.	Елово-липовый лес	Июль	23–59	-	Аристова (1970)
		-	до 32	-	Никитина (1961)
Коми Республика	Старые вырубки	Осень	до 45	-	Петров, Шубин (1986)
Кемеровская обл.					
Салаир	Осинники и осин.-пихт. леса	Июнь-июль	1,0–29,5	11,7	Окулова (устн. сообщ.)
Предгорья Кузнецкого Алатау	Березово-пихтовые леса	Июнь-июль	1,5–6,8	4,1	“
Красноярский край, юг	“	Лето	до 4,2	-	Штильмарк (1965)

Таблица 2

Средние многолетние показатели относительной численности рыжей полевки в различных частях ареала (лето-осень)

Место исследований	Годы учетов	Численность на 100 ловушко-суток		Доминирование, %	Материалы
		колебания по годам	средняя		
I. Европейский. Северо-Запад					
Северная Швеция	1964–1968	0–98,0	16,0	67,4	Hansson (1969)
Финляндия, Север (Оулу)	1966–1972	1,9–9,7	4,5	-	Viro (1974 b)
Финляндия, Центр, восток (Кухмо)	1957–1972	1,5–25,7	12,5	35,0	Skaren (1972, 1973)
Финляндия, Юго-Западные районы (Хяме)	1960	-	2,9	11,4	Skaren (1964 a, b)
То же	1961–1963	1,1–9,6	5,3	85,3	Artimo (1965)
Эстония (Пухту)	1948–1955	16–52	31,3	-	Паавер (1957)
Латвия	1957–1969	3,2–6,9	5,0	54,9	Лапинь (1963)
Латвия, запад	1973–1975	5–7	5,2	50,9	Окулова (устн. сообщ.)
II. Север Европейской части России					
Мурманская обл., Лапландский и Кандакшский заповедники	1936–1972	0–35,3	5,4	27,2	Кошкина, 1966; Семенов-Тян-Шанский (1970)
Карелия, северная и средняя тайга	1948–1974	0,1–8,2	2,1	40,6	Ивантер (1975)
Карелия, Сев.-Вост. Приладожье	1965–2007	0,2–17	1,6	39,6	Ивантер (2005)
Карелия, Заповедник «Кивач»	1974–2006	0,0–25	9,3	52,8	Кутенков (2006)
Ленинградская обл.	1961–1966	0,7–7,8	3,2	51,6	Айрапетьянц (1970)
Архангельская обл.	1936–1941	0,5–9,1	4,9	52,7	Башенина (1947)
То же, Онежский и Верхнетаемский районы	1965–1975	0,2–7,1	2,7	27,3	Губарь (1976)
То же, средняя тайга	1972–1983	0,5–10,5	6,3	-	Куприянова, Наумов (1986)
Вологодская обл., Харовский р-н	1936–1948	0,5–18	2,4	26,2	Башенина (1947, 1968a)
То же	1945–1948	0,5–13,3	4,4	36,3	“
Ярославская обл., Дарвинский заповедник	1955–1965	0,1–7,7	2,2	-	Калецкая (1968)
Костромская обл., Шарья	1931–1940	1,1–15,2	4,9	37,6	Формозов (1948)
То же	1966, 1968	-	9,8	67,1	Сапоженков (1973)
То же	1978–1987	0,4–7,8	4,6	-	Попов (1998)
Кировская обл., таежная часть	1938–1941	-	1,0	11,7	Башенина (1968a)
То же	1940–1941	1,0–2,3	1,4	14,6	“
Пермская обл., Лысьвенский р-н	1954–1963	0,1–11	3,0	59,4	Башенина (1968a), Шилова (1971)
То же, Прикамье	1967–1971	0,5–4,3	4,3	36,3	Воронов (устн. сообщ.)
Коми Приполярный Урал	1968–1972	0–4,7	1,0	6,6	Турьева (устн. сообщ.)
Печоро-Илычский зап.	1938–1949	0–28	6,4	35,6	Теплов (1960)
Среднетаежная часть	1951–1974	0,1–6,7	1,9	26,7	Турьева (устн. сообщ.)
То же	1958–1960	1,8–7	4,3	74,2	Кулик, Никитина (1960)
III. Западная Европа (центр, запад, юго-восток)					
Англия, Риптон	-	-	-	53,3	Tanton (1965)
ФРГ, восток	1964–1969	-	-	33,7	Schmidt (1975)
Чехословакия, Врановичи	1964–1971	-	16,5	73,9	Zejda (1973)
То же, долина р. Моравы	1956–1964	9,3–22	5,2	46–88	Zejda (1967, 1973)
Болгария, гора Витоша	1967–1968	7–29	52,0	52,7	Markov et al., (1972 b)
IV. Прибалтийско-Полесская зона					
Эстония	1948–1955	16,0–52,1	-	-	Паавер (1957)
Латвия	1956–1962	4,3–8,1	5,9	51,1	Лапинь (1963)
Польша, юг	1965–1967	1,1–4,0	2,2	47,9	Bobek (1969)
То же, северо-запад	1965–1968	1,7–3,9	2,7	34,0	Pucek (1969)
Белоруссия					
Беловежская пуца	1951–1955	1,6–7,2	4,5	58,0	Пивоварова (1956)

Брестская обл.	1955-1970	0,1-11,1	4,3	22,9	Михолап (устн. сообщ.)
Общее по области	1955-1964	1,8-6,5	3,5	51,5	Михолап, Терехович (1965)
Западные районы	1968-1983	1,6-16,6	5,6	-	Гайдук и др. (1986)
Литва	1953-1955	3,2-9,2	5,3	54,6	Ликявичене (устн. сообщ.)
То же	1969-1973	-	4,2	65,2	Монтеюнас, Езерскене (1974)
Калининградская обл.	1953-1963	0,3-3,5	1,4	6,1	Смирнова (1967)
V. Средняя полоса европейской части России					
Тверская обл.	1960-1966	3,0-14,5	7,7	-	Викторов (1971)
То же	1985-1991	14,0-56,6	-	-	Карулин и др. (1993)
Московская обл., среднее по 6 районам	1940-1976	2,1-47,4	6,3	36,7	Башенина (устн. сообщ.)
Химкинский р-н	1971-1976	7,9-24,2	13,4	52,3	“
Пригородные леса (Лесная дача с.-х. академии)	1940-1946	3,8-8,5	5,7	30,2	“
Ботанический сад РАН	1951-1954	6,6-29	15,4	64,1	Адольф (1957) цит. по Башениной (1972)
Приокско-Террасный зап.	1949-1976	2,0-29,3	10,5	63,0	Заблоцкая (устн. сообщ.)
Михневский район	1945-1949	4-22	10,5	50,6	Наумов (1955)
Звенигородский район	1956-1963	1,1-20,5	6,6	-	Смирин (1970)
Тульская обл., «Тульские засеки»	1936-1940	0,9-15	4,8	64,7	Наумов (1948)
То же, среднее по области	1951-1958	3,2-33,2	14,0	73,7	Панина, Мясников (1960)
То же	1958-1976	5,6-34,0	23,7	79,1	Садовская и др. (1971)
«Щегловская засека»	1961-1968	12,9-53,6	39,1	82,5	Бернштейн и др. (1975)
Рязанская обл., Окский зап.	1952-1973	2,5-29,5	11,2	60,6	Зыкова, Зыков (1967)
То же, центр области	1955-1958	1,1-5,0	2,0	24,9	Зыков, Карташов (1960), Кудряшова (1975)
Нижегородская обл.	1949-1969	0,8-5,0	2,3	22,0	Козлов (1972)
Мордовия, Мордовский зап.	1960-1967	9,2-27,6	17,2	62,2	Бородин (1966)
Марий-Эл	1965-1970	1,4-29,0	8,5	57,0	С.Наумов и др.(1976)
То же	1964-1970	0,1-83,6	18,1	-	Гибет и др. (1983)
То же	1972-1986	2,8-76,0	-	-	Жигальский, Корнеев (1966)
Удмуртия, юг	1965-1966	-	12,0	65,0	Ковалевский и др. (1969)
То же	1973-1992	2,0-65,0	-	-	Бернштейн и др. (1987, 1995)
Кировская обл., Малмыжский Район	1960-1964	12-31	17,8	-	Туилова, Коновалова (1971)
Волжско-Камский край	1935-1958	0,5-26	4,7	65,0	Попов (1960)
Татарстан	1936-1958	1,0-20	8,7	73,0	“
Башкирия, окрестности г. Уфы	1960-1963	13-51	30,3	58,0	Марцинкевич (1964)
VI. Южная лесостепь					
Курская обл.	1951-1965	1,0-9,4	2,4	20,6	Изосов, Лукьянцева (1969)
Белгородская обл.	1983-1993	0,6-33,1	12,4	45,9	Чистова (1994, 1998)
Воронежская обл., Теллермановский лес	1949-1954	1,5-31,0	11,4	36,7	Образцов, Штильмарк (1961)
Воронежский зап.	1941-1955	1,0-13	4,8	-	Изосов (1957)
Центрально-Черноземный зап.	1953-1965	0,7-10,8	-	-	Елисеева (1965)
Самарская обл.	1946-1953	-	8,0	39,7	Попов и др. (1954)
То же	1974-1981	2,0-33,0	-	-	Дюжаева и др. (1983)
Саратовская обл., Правобережье	1956-1962	0-9,2	1,7	16,8	Щепотьев (1967)
То же	1951-1968	-	0,9	4,8	Щепотьев (1975)
То же	1960-1971	3,5-22	8,9	54,0	Сигарев, Агафонова (1976)
То же, Заволжье	1966-1967	0,5-5,2	2,8	16,8	Щепотьев (1957)
Волгоградская обл., северо-запад	1951-1968	-	0,1	0,4	Щепотьев (1975)
	1957-1962	0,8-1,7	0,7	6,0	“
Украина, Киевская обл.	1947-1954	1,5-10,9	5,3	47,1	Свириденко (1967)
Украина, Харьковская обл.	1944-1964	1,0-28	5,6	35,0	Зубко (1965)
Украина, западные обл.	1953-1956	0-0,2	0,1	0,9	Рудышин (1958)
Молдова	1958-1968	0,8-12,8	5,2	50,0	Лозан (1971)

VII. Урал и Сибирь

Средний Урал	1986-1995	0,3-37,1	-	-	Лукьянов (1996)
Свердловская обл., зап. «Денежкин Камень»	1949-1961	0-2,1	1,0	10,9	Чернявская (1959), Марвин (1966)
Южнее заповедника	1949-1961	-	1,7	27,3	Марвин (1966)
Север области	1959-1968	0,2-2,1	1,8	21,0	Стадухин (1970)
Челябинская обл., Ильменский заповедник	-	-	-	59,0	Каледин, Котельникова (1956)
Тюменская обл.	1962-1965	0-20	4,6	54,0	Малошина (1969)
Южное Приобье	1970-1971	0,8-1,3	1,0	23,1	Равкин, Лукьянова (1976)
Новосибирская обл., центр	1961	-	0,2	0,3	Юрлов и др., (1965)
Томская обл.	1953-1963, 1971-1972	0-1,8	0,4	7,3	Крыжановская (устн. сообщ.)
Кемеровская обл., юг	1962-1972	0,2-3,5	1,5	9,0	Окулова, Кошкина (1967)
Алтайский край	1973-1980	0,2-4,6	1,9	-	Марин (1983)
Кызыл-Озек	1956	-	1,2	33,6	Окулова (устн. сообщ.)
Телецкое оз., север	1959-1960				
	1966-1968	0-2,0	1,0	2,8	Новикова (устн. сообщ.)
То же, юг	1966-1968	0-4,5	3,0	3,5	“
Красноярский край, зап. «Столбы»	1952-1964	0-1,7	0,2	0,9	Дулькейт (1967)
Козульский р-н	1959-1961	0,2-1,2	0,7	9,0	Никифоров (1968)
Западный Саян	1960-1962	1-3	1,3	6,8	Штильмарк (1965)
То же	1966-1970	1,2-3,4	2,4	-	Соколов (устн. сообщ.)

Таблица 3

Особенности многолетней динамики численности рыжей полевки в различных частях ареала

Область, место	Число лет наблюдений	Годы пиков*	Промежутки между пиками			Продолжительность пика			Число пиков на 1 десятилетие	Максимальная амплитуда колебаний
			мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Мурманская обл., Лапландский заповедник	37	1937–1938; 1940–1941; 1945–1946; 1949; 1953; 1957; 1962; 1969–1970	1	6	3,0	1	2	1,5	2,2	100
Карелия (южная и средняя)	60	1949; 1953; 1957–1958; 1963; 1966; 1973; 1977; 1979; 1982; 1990; 1995; 2002	2	6	3,6	1	2	1,2	2,1	81
Карелия, зап. «Кивач»	31	1975; 1979; 1982; 1986; 1990; 1994; 1997; 1999; 2003	2	4	3,3	1	2	1,1	3,7	75
Финляндия (Кухмо)	16	1957; 1961; 1966–1967; 1969; 1971–1972	1	4	2,2	1	2	1,4	3,1	17,1
Архангельская обл.	11	1966; 1971; 1973–1974	1	4	2,5	1	2	1,3	2,7	41,7
Коми (включая Печоро-Илычский заповедник)	37	1938; 1941–1942; 1948; 1952–1953; 1955; 1959; 1965; 1968	1	5	3,2	1	2	1,3	2,1	100

Ярославская обл., Дарвинский заповедник	11	1956 ; 1960; 1962–1963	1	3	2,0	1	2	1,3	2,7	100
Костромская обл.	10	1932–1934; 1938 ; 1940	1	2	1,7	1	3	1,7	3,0	15,2
Пермская обл.	10	1956 ; 1961–1962	2	4	3,0	1	2	1,5	2,0	НО
Московская обл., Приокско-Тerrasный заповедник	27	1949; 1952 ; 1954–1955 ; 1958 ; 1961–1966 ; 1968–1969 ; 1973 ; 1975	1	3	1,8	1	6	2,3	3,0	14,6
То же, Химкинский район	17	1963–1964; 1968; 1972 ; 1975	2	3	2,8	1	2	1,2	2,4	24,1
То же, Звенигородский район	10	1958; 1960; 1962–1963	1	1	1,0	1	2	1,3	3,0	18,6
То же, Южное Подмосковье	16	1981; 1983 ; 1985 ; 1987 ; 1990 ; 1992 ; 1994	1	2	1,3	1	2	1,1	4,6	12,0
Рязанская обл., Окский заповедник	22	1952; 1955 ; 1958 ; 1964–1966; 1968–1969 ; 1971–1972	1	2	1,5		3	1,7	3,0	11,8
Тульская обл.	24	1951–1952; 1956; 1958 ; 1960–1963; 1966 ; 1968 ; 1970; 1972–1973	1	3	1,4		4	1,7	3,3	10,9
Кировская обл.	16	1924; 1927; 1932–1934; 1936; 1938; 1941–1942	1	4	2,0		3	1,5	3,7	3
Мордовия	10	1958; 1962–1963 ; 1967 1936–1937 ;	2	3	2,7		2	1,3	3,0	3
Татарстан	23	1940–1941; 1944 ; 1946–1947; 1952; 1954; 1957–1958 1949–1951;	1	4	2,0		2	1,6	3,0	10
Нижегородская обл.	21	1959–1960; 1963–1964; 1968–1969	2	7	4,0	2	3	2,2	2,0	6,2
Калининградская обл. Белоруссия, включая заповедник «Беловежская пушча»	11	1953; 1955; 1961 1955 ; 1959 ;	1	5	3,0		1	1,0	2,7	11,7
	20	1962–1963 ; 1967; 1970 1942 ;	2	5	3,0		2	1,2	2,5	111
Воронежская обл., Воронежский заповедник	15	1946–1947; 1949; 1951; 1953 ; 1955	1	2	1,2		2	1,2	4,3	9,0
Саратовская обл. (Приволжские районы Право- бережья)	13	1959; 1964 ; 1967 ; 1969–1970	1	4	2,3		2	1,2	3,1	9,0
Молдова	10	1959; 1961 ; 1964 ; 1967 1947–1948 ; 1950; 1952–1953	1	2	1,6		1	1,0	3,6	16
Киевская обл. Украины	10	1952–1953	1	2	1,3		2	1,6	3,0	13,6
Томская обл.	13	1956 ; 1967; 1971	3	7	5,0		1	1,0	2,3	100
Кемеровская обл.	11	1962–1963; 1967; 1969–1970	1	3	2,3		2	1,6	2,7	17,5
Красноярский край	19	1960 ; 1969	8	9	8,5		1	1,0	1,0	100

Эти небольшие различия обуславливаются рядом причин: количественным соотношением видов грызунов, кормовыми условиями, отчасти обычной межпопуляционной изменчивостью, наблюдающейся для любых показателей. Поскольку на кривой численности для заповедника показаны как осенние, так и весенние данные, по ней выявляются годы наиболее глубоких депрессий, когда осеннего сезонного пика почти не было (1950, 1951, 1959, 1967, 1971, 1974 гг.).

Если отвлечься от мелких изменений, то за 28 лет наблюдений довольно ясно вырисовывается примерно десятилетняя периодичность, или так называемые большие волны численности.

В Звенигородском районе, расположенном к юго-западу от Москвы, периоды подъемов и падений численности рыжей полевки также в общих чертах совпадают с изменениями в двух других сравниваемых пунктах. Поскольку здесь, как и для Химкинского р-на, показана средняя для теплого периода года, изменения не столь резко выражены, как в заповеднике.

Заслуживают специального рассмотрения и полученные за 40 с лишним лет данные учетов на территории Северо-Восточного Приладожья (1965–2006 гг., Ивантер, 2006). Как показало применение разработанного О. А. Жигальским (Zhigalski, 1993) метода скринингового анализа главных факторов динамики популяции с оценкой их вкладов в популяционные процессы, численность рыжих полевок находится здесь под контролем большого числа факторов, среди которых наиболее существенны демографический состав популяции в предшествующий и настоящий моменты времени, состояние популяций совместно обитающих видов, а также погодные и кормовые условия зимнего и весеннего периодов. Иерархия их вкладов в изменения численности и структуры популяции определяется качеством местообитаний, положением популяции в ареале вида и сезоном года (Ивантер, Жигальский, 2000). Вместе с тем максимальные влияния на полевок указанных факторов разделены во времени. В осенне-зимний период и в начале

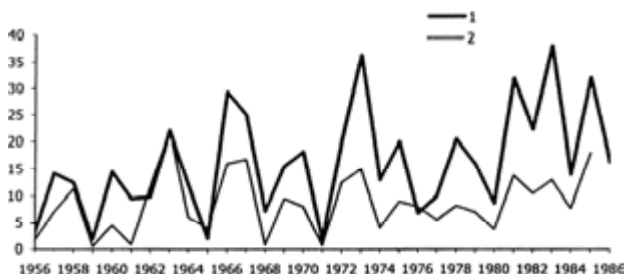


Рис. 2. Многолетние изменения осенней численности рыжей полевки в Московской обл. (экз. на 100 ловушко-суток)

- 1 – пойма с малонарушенным лесом, оптимальное местообитание;
2 – сосновый лес, субоптимальное местообитание
(Смирин, 1971; Иванкина, 1987).

сезона размножения большую роль играют экзогенные факторы, а в течение репродуктивного цикла – эндогенные. При этом экзогенные факторы (метеоусловия, кормовая база, пресс хищников, конкуренция и др.) определяют верхний предел оптимальной для данных условий плотности, а внутривидовые механизмы приводят численность в соответствие с уровнем, адекватным этим условиям. Вполне подтверждается и высказанное нами ранее (Ивантер, 1975, 1981, 2005) положение о характерных различиях в иерархии контролирующих численность грызунов факторов в зависимости от места популяции в ареале вида: в центральных популяциях большое значение приобретают эндогенные механизмы, а в периферических – экзогенные. Все это сказывается и на географических особенностях самой популяционной динамики: в оптимальном ареале она отличается большей частотой и ритмичностью изменений при общем высоком уровне численности и относительно небольшой амплитуде колебаний, тогда как на периферии – низкими показателями плотности популяций, «рваным», неправильным ритмом ее изменений по годам и очень высокой их амплитудой.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОТЛИЧИЯ

Сопоставление многолетних данных для различных пунктов ареала наряду с неизбежными мелкими отличиями позволяет выявить некоторое единообразие и аналогию общего хода кривых изменений численности рыжей полевки в пределах обширных природных регионов – ландшафтных зон или физико-географических областей – и выделить на этой основе «зоны сходной динамики численности» этого вида, подобно тому, как это было сделано для обыкновенной полевки и ряда других видов мышевидных грызунов Н. В. Башениной (1947, 1962). Такие «зоны» объединяют территории с более или менее близкими экологическими условиями и динамикой численности вида, сходной по интенсивности, ритмике и масштабам, в частности по амплитуде и частоте колебаний. Сходство это, конечно, не абсолютно и не может быть таковым, как мы видели на примере Московской обл., в отдельных пунктах могут наблюдаться различные отклонения. Однако оно достаточно для практического выделения следующих семи зон сходной динамики численности.

1. Северо-Западная зона

Судя по неполным данным (естественно, что вся территория зоны не может быть охвачена исследованиями), она включает территорию Скандинавских стран, Прибалтийских республик – Эстонию и Латвию, а в России – часть Ленинградской обл., граничащую с Эстонией. Здесь преобладают северо- и среднетаежные леса с преобладанием сосны и ели, а в южной части зоны – широколиственные леса европейского

типа. При этом площади, занятые коренными лесами, постепенно снижаются из-за промышленных рубок и пожаров и замещаются вторичными мелколиственными и смешанными древостоями. Главная особенность климата – его крайняя нестабильность на протяжении всех сезонов и по годам. В благоприятных местообитаниях обычен довольно высокий уровень численности полевков (в среднем за летне-осенний сезон 5–13% попадания зверьков, или 10–30 экз./га, максимумы до 60–200 экз./га), но на остальной территории она невелика: многолетние средние составляют максимум 2–6 особей на 100 ловушко-суток (рис. 3). По причине глубоких и продолжительных депрессий динамику численности характеризуют достаточно резкие перепады. Пики сравнительно высокие и короткие с интервалами через каждые 2–5 лет, амплитуда (1:80–1:100) высокая, но частоты низкие. На севере Прибалтики промежутки между пиками увеличиваются, депрессии становятся глубже, а подъемы меньше. В Норвегии найден четырехлетний цикл, совпадающий для всех грызунов; за 16 лет (1946–1960) отмечено четыре таких цикла (Myrberget, 1965). В южной Швеции наблюдалась сходная периодичность: большие подъемы численности вида происходили в 1959 и 1963 гг. (Bergstedt, 1965). На севере Швеции (горы Аммариесе), где наблюдения охватывали следующее пятилетие, пик был в 1966 г. (Hansson, 1969).

2. Север Европейской части России

Сюда отнесены занятые северной и средней тайгой районы юга Кольского полуострова, Карелии, север Ленинградской, Ярославской, Костромской, таежная часть Кировской и Пермской областей, а также Архангельская и Вологодская области и Республика Коми. Климатические условия, как и урожаи основных кормов, крайне изменчивы, что создает для грызунов дополнительные трудности. Для большей части этой зоны (в средней и северной тайге) характерен невысокий уровень численности рыжей полевки; средние многолетние показатели летне-осенних учетов обычно находятся в пределах 1–5 экз. на 100 ловушко-суток. Подъемы численности невелики (чаще до 8–10 экз. на 100 ловушко-суток, очень редко до 35) и кратковременны (см. рис. 4). Депрессии глубокие (0–0,5 на 100 ловушко-суток) и продолжительные. Промежутки между пиками для всей зоны составляют 2–6 лет. Имеются географические различия и в пределах рассматриваемого региона. Так, более высокая плотность населения и доминирование отмечены на Карельском побережье Кольского полуострова, в Вологодской и Пермской областях и в южной части Республики Коми.

В целом для зоны типична высокая амплитуда колебаний численности (1:50–1:100), главным образом за счет глубоких депрессий, при кото-

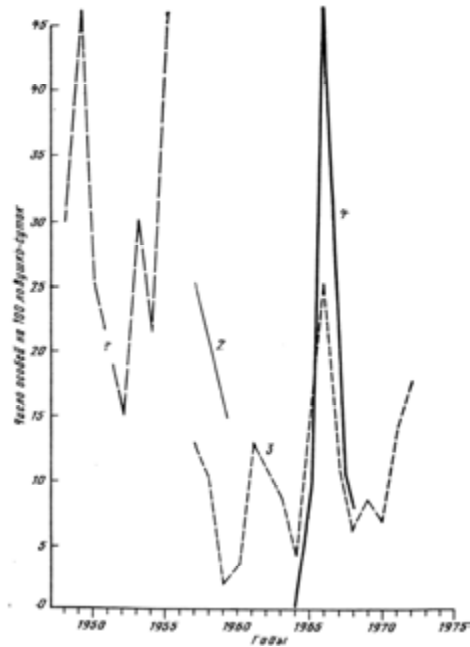
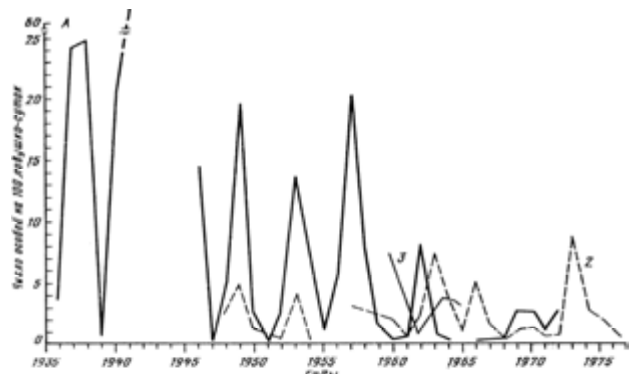
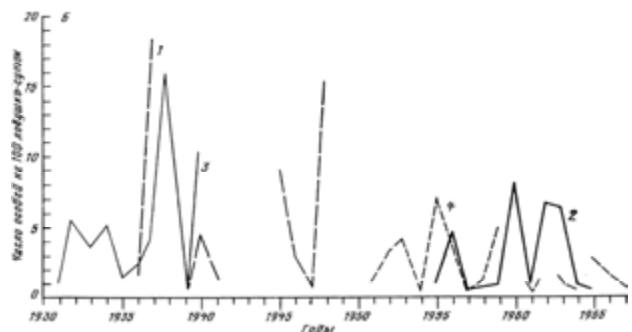


Рис 3. Изменения численности в Северо-Западной зоне ареала

1 – Эстония (Пухту), 2 – Латвия, 3 – средняя и южная Финляндия (Skaren, 1972; Artimo, 1965), 4 – Швеция (Hansson, 1969).



1 – Лапландский заповедник (Кошкина, 1966, Семенов-Тянь-Шанский, 1970); 2 – Карелия, в целом; 3 – Ленинградская обл.



1 – Вологодская обл.; 2 – Ярославская обл. (Дарвинский зап.); 3 – Костромская обл.; 4 – Коми.

Рис. 4. Изменения численности на северо-западе и севере Европейской части России

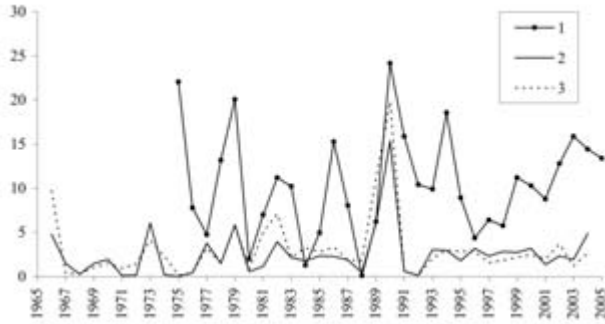


Рис. 5. Динамика численности в Средней и Южной Карелии:

1 – заповедник «Кивач»; 2 – коренные леса Приладожья;
3 – вторичные леса Приладожья.

рых величина уловов падает до долей процента. При высокой амплитуде частоты низкие. Периодичность выражена нечетко, ритм колебаний неправильный. Отчетливые подъемы численности почти по всей территории зоны были отмечены в 1938, 1948, 1949, 1952–1953, 1957–1959, 1962–1963, 1965–1966, 1973–1974, 1979, 1982, 1986, 1990, 1994, 2002 и 2004 гг.

Оптимальными местообитаниями для рыжей полевки на севере зоны служат разнотравные и черничные ельники, а также смешанные леса и зарастающие вырубki. Осенью численность полевки может достигать здесь 35,3 особи на 100 ловушко-суток (Кошкина, 1957). При этом во время расселения в конце лета – начале осени численность полевки во вторичных мелколиственных лесах даже выше, чем в еловых, но постоянно, на протяжении всего года, они живут в основном только в ельниках (Ивантер и др., 1991; Ivanter, Osipova, 2000). В средней и южной частях зоны наблюдается характерная синхронность в динамике численности полевки в различных местообитаниях (рис. 5) Коэффициент корреляции между многолетними показателями учета зверьков в зеленомошном ельнике и во вторичных мелколиственных и смешанных лесах составил 0,62 (Ивантер и др., 1991). Разрушение коренных местообитаний под влиянием человека может привести к увеличению численности рыжей полевки. Так, по наблюдениям в Республике Коми, к концу июля на старой захламленной вырубке насчитывалось 45 особей на 1 га, при том, что в соседнем смешанном березово-сосново-еловом лесу – всего 7 экз. (Петров, Шубин, 1986).

3. Зона Центральной и Западной Европы (включая ее юго-восточную часть)

Здесь относятся популяции полевки в широколиственных и горных ландшафтах на территории Великобритании, Франции, ФРГ, Чехии, Словакии, а также Балканских стран. При довольно высоком уровне численности полевки амплитуда годовых колебаний численности на

равнинах, видимо, не столь высока. Дж. Зейда (Zejda, 1970, 1973) нашел 4–5-летние циклы численности рыжих полевки в Чехии и Словакии. В Шварцберге (ФРГ) отмечена двухлетняя периодичность пиков (Schmidt, 1975). В лиственных лесах Англии обнаружены хорошо выраженные 5-летние циклы лесных грызунов, в том числе рыжей полевки (Ashby, 1967). Индекс доминирования во всей зоне редко превышает 30–50%, что связано с обилием в широколиственных лесах лесных мышей рода *Apodemus*. В лесах юго-восточной Европы он достигает 74% (Zejda, 1973).

4. Прибалтийско-Полесская лесо-луговая зона

Включает западные и прибалтийские государства, в частности Литву и Белоруссию, а также Польшу и западные области России – Калининградскую, Псковскую и Смоленскую области, охватывая в основном зону хвойно-широколиственных лесов с обилием болот, влажным прохладным климатом. По общему уровню численности рыжей полевки эта зона приближается к северной; средние многолетние показатели учетов чаще всего невелики – 1-4-5 экз. на 100 ловушко-суток (табл. 1-3 рис. 6). Более или менее сходен и тип динамики численности, интервалы между пиками составляют 2–5 лет; характерны довольно редкие, не очень высокие и нерегулярные подъемы, чередующиеся с длительными и весьма глубокими депрессиями, в связи с чем общий размах колебаний достигает значительной величины. В Белоруссии, например, за 16 лет наблюдений амплитуда превышала стократные размеры. В то же время среди обширных пространств, заселенных рыжими полевками с небольшой плотностью, в пределах зоны встречаются участки с высокой и устойчивой численностью вида, приуроченные к местам с постоянно благоприятными условиями существования.

По отношению к численности вида и типу ее динамики эта зона сходна с Северо-Западной. Многолетнее среднее значение численности сос-

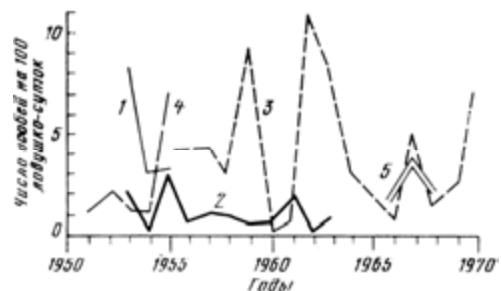


Рис. 6. Изменения численности в Прибалтийско-Полесской зоне:

1 – Литва, 2 – Калининградская обл., 3 – Белоруссия, Брестская обл., 4 – заповедник «Беловежская Пушча» (Белоруссия) 5 – северо-западная Польша (Pusek, 1969)

тавляет максимум 8 особей на 100 ловушко-суток. Пики редки и не очень высоки; интервалы между ними составляют 2–4 года. Депрессия численности может быть глубокой, поэтому наблюдаются достаточно высокие ее амплитуды. В то же время встречаются места с очень высокой и стабильной численностью полевков. К примеру, в островных широколиственных лесах осенняя численность рыжей полевки достигает 54 особей на 100 ловушко-суток (Паавер, 1957). Смешанные хвойные и дубово-грабовые леса создают для нее оптимальные условия. В Белоруссии в этих местообитаниях плотность населения полевков осенью может составлять 20–55 экз. на гектар, в то время как в основном лесу всего 10–35 (Гайдук и др., 1986).

5. Зона средней полосы Европейской части России

Зона хвойно-широколиственных лесов и северной лесостепи охватывает Московскую, Рязанскую, Тверскую, Тульскую и другие центральные области средней полосы, а также леса Средней Волги и Южного Предуралья (Удмуртия, Мордовия и Татарстан, Нижегородская обл., юг Кировской обл. и др.) (рис. 7 см., табл. 1–3). Условия обитания в лесах этого типа оптимальны для рыжей полевки и численность ее достигает здесь наивысших показателей: средние многолетние для разных областей зоны находятся в пределах 7–30 экз. на 100 ловушко-суток, а индекс доминирования обычно выше 50%. Для зоны характерны сравнительно частые подъемы численности, большая высота и продолжительность пиков и неглубокие кратковременные депрессии, которые никогда не бывают столь значительны, как в северных областях. Так, в Тульской обл., даже при самом глубоком падении, численность не опускается ниже 1–3 экз. на 100 ловушко-суток (многолетний минимум). Высокие (до 20–30 и более особей. на 100 ловушко-суток) подъемы довольно правильно чередуются с кратковременными депрессиями, быстро сменяющимися новыми подъемами, и весь цикл обычно занимает 2–3 года. Таким образом, колебания численности рыжей полевки в рассматриваемой зоне характеризуются большей частотой и довольно четким ритмом при относительно малой амплитуде (1:10–1:20). Однако уменьшение амплитуды в какой-то мере является и арифметическим артефактом, проявляющимся в том числе и за счет отсутствия глубоких депрессий. Несмотря на известное сходство хода динамики численности рыжих полевков в различных областях зоны, полной синхронности нет вследствие многочисленных сдвигов и несовпадений, обусловленных местными причинами (см. рис. 7). Достаточно крупные всплески численности, охватившие всю или большую часть территории зоны, происходили в 1938, 1952, 1955–1956, 1958, 1963, 1966, 1968, 1972, 1974, 1983, 1990, 1992 и 1994 гг.

Как уже говорилось, растительность рассматриваемой зоны представлена в основном хвойно-широколиственными и широколиственными лесами (ель, дуб и липа). Однако, вследствие большой антропогенной нагрузки, здесь в большом количестве растут и вторичные мелколиственные леса. В восточной части региона между реками Ветлуга и Кама располагается обширный участок с дубово-елово-сосновыми и липово-елово-сосновыми лесами, отчасти напоминающими широколиственные леса Центральной Европы. На юге зоны присутствуют и некоторые типы настоящих сосняков.

В целом средне лесная зона обеспечивает для рыжей полевки оптимальные условия существования, благодаря чему численность этого вида достигает здесь наибольших значений. Максимальные показатели учетов превышают 25 особей на 100 ловушко-суток, с достаточно частыми и резкими подъемами, наступающими с периодичностью в 2–4 года. При этом численность полевков в наиболее благоприятных местах обитания никогда не опускается ниже 1–3 особей на 100 ловушко-суток Колебания численности

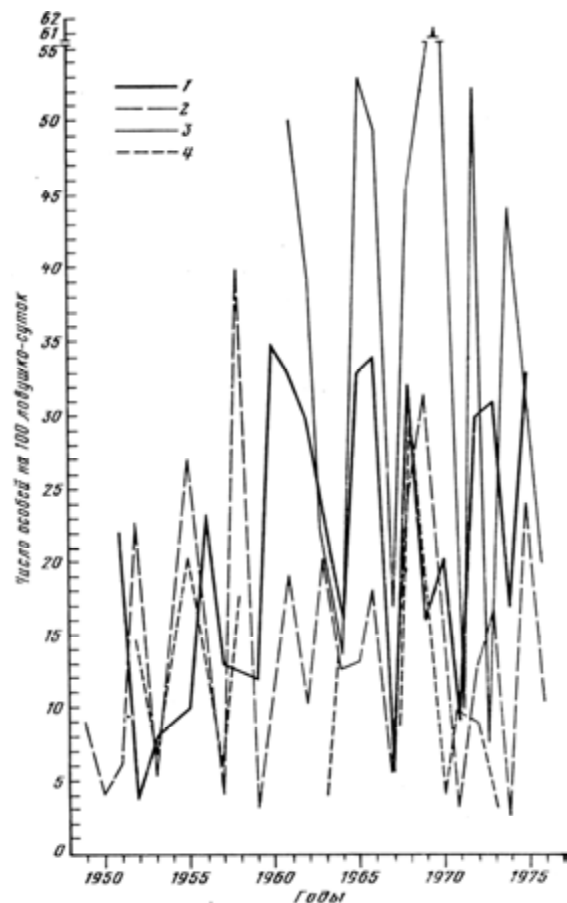


Рис. 7. Изменения численности в лесах средней полосы и сев лесостепи Европейской России.

1 — Тульская обл.; 2 — Московская обл., Приокско-Террасный заповедник (средние данные); 3 — Тульская обл., Щегловская Засека; 4 — Рязанская обл., Окский заповедник.

строго цикличны; очень высокие пики чередуются с кратковременными и неглубокими депрессиями. Отсюда и невысокая их амплитуда (1:10–1:20). Колебания численности в различных частях зоны более-менее схожи, но полной синхронности нет. Конкретные детали количественных изменений могут не совпадать даже в одноименных местообитаниях, особенно если обитающие на них популяционные группировки разобщены (Башенина и др., 1987). Асинхронность в колебаниях численности зверьков в различных географических пунктах внутри одного региона (и, соответственно, в различных местообитаниях) была описана для Марий-Эл (Гибет и др., 1983) и Татарстана (Попов, 1960). Тем не менее это не исключает наличия четкой синхронности в колебаниях численности полевков в различных биотопах одного и того же региона.

Подобное наблюдалось, например, в ряде районов Московской области (Заблоцкая, 1957; Смирин, 1971; Иванкина, 1987), а также в Республике Мари-Эл (Жигальский, Корнеев, 1996). Некоторая противоречивость в высказываниях по этому поводу разных авторов (в частности для Марий-Эл) может быть связана с различиями мест их исследований (рис. 8).

Анализируя колебания численности зверьков одной популяции, живущих в условиях оптимальных и субоптимальных стадий, Е. В. Иванкина (1987, 1988) показала, что скорость сезонного восстановления численности на границе между местообитаниями бывает выше, чем в центре местообитания. В итоге численность полевков в субоптимальных условиях возрастала в 20,8 раза, тогда как в оптимальных – всего в 3,3 раза. Это можно объяснить и более интенсивным репродуктивным перемешиванием зверьков

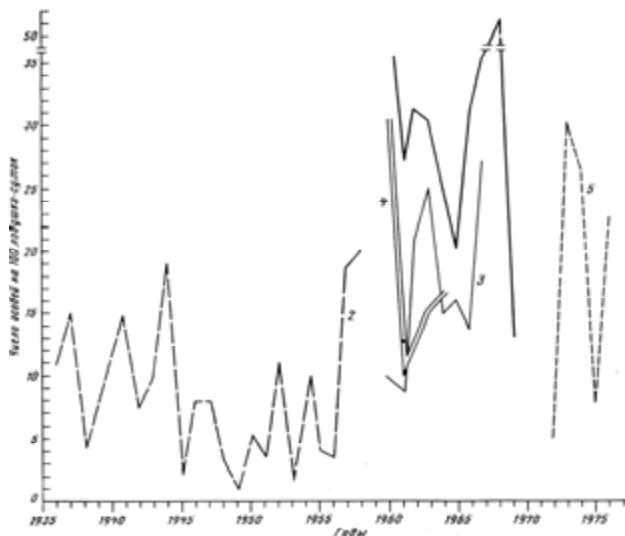


Рис 8. Изменения численности в Волго-Камских лесных районах и южном Приуралье:

1 – Башкирия (окрестности г. Уфы); 2 – Татарстан; 3 – Мордовский заповедник; 4 – юг Кировской обл., Малмжский р-н; 5 – Удмуртия (юг)

в экотопе (по границам местообитаний), и вынужденной иммиграцией их сюда из более благоприятных и предпочитаемых мест. Нередко части популяций, живущие одни в оптимальных, а другие в субоптимальных условиях одной и той же территории, различаются по этому показателю даже больше, чем представители разных географических подзон. Так, по данным И. А. Жигарева (1997, 2004), в нарушенных местообитаниях Московской обл., по сравнению с коренными древостоями, депрессии численности полевков становятся более глубокими, а сама численность возрастает быстрее и резче. Работавшая в том же регионе Е. В. Иванкина (1987) обнаружила здесь четко проявившуюся после 1980 г. смену стабильных 3–4-летних циклов на 2-летние, и также объяснила это возросшей антропогенной трансформацией территории. Причем и в том и в другом случае общая численность зверьков заметно возрастала. Г. В. Кузнецов и А. П. Михайлин (1985) обнаружили аналогичное явление в дубравах «Тульских Засек», где численность рыжей полевки в 1970–1980-х годах увеличилась по сравнению с 1940-ми годами в несколько раз. Но если Иванкина и Кузнецов с Михайлиным склонны объяснять это явление изменением климата, и в частности повышением среднемесячной температуры весны, то Жигарев и ряд других авторов более мотивированно относят его на счет смены перезревших липовых лесов на средневозрастные вследствие интенсивных рубок.

6. Лесостепная зона

Это зона крупных и мелких лесных участков, окруженных степью или еще чаще сельскохозяйственными угодьями. В древостое преобладают дуб и липа, на западе добавляются бук и граб, местами также береза и осина, а на востоке – клен и вяз. Иногда встречаются сосновые и смешанные леса. Многочисленные искусственные ветрозащитные насаждения состоят в основном из мелколиственных пород деревьев. К ней относятся Воронежская, Курская, Белгородская обл., юг Нижегородской обл., Украина, Молдавия, лесостепные части Саратовской и Самарской областей. Популяции рыжей полевки, населяющие эту территорию, отличаются достаточно высокой (обычно в пределах 4–9 экз. на 100 ловушко-суток) и довольно устойчивой численностью, во всяком случае, амплитуда колебаний невелика. В связи с отсутствием глубоких депрессий (многолетние минимумы в благоприятных местообитаниях редко опускаются ниже 2–3% попадания в ловушки), максимальный размах изменений численности, как правило, не превышает 9–16-кратной величины. Местами, причем даже на юго-восточной границе региона, на Нижней Волге, где рыжая полевка заселяет овраги, заболоченные участки леса и старые лесопосадочные полосы, которых обычно избегает, ее осенняя численность тем

не менее может достигать 38 особей на 100 ловушко-суток (Щепотьев, 1975). Если же оценивать степень устойчивости популяций не по амплитуде колебаний, а по их частоте и резкости, скорости смены циклов и продолжительности отдельных фаз (скорости подъемов и падений), то численность рыжих полевок лесостепной зоны оказывается весьма изменчивой (рис. 9). Для нее характерны очень частые и резкие подъемы, следующие друг за другом с интервалом в 1–2 года, так что на каждое десятилетие приходится 3–4 малых пика. Тем не менее в Харьковской обл. Украины, а также в Белгородской обл. и Центральном Поволжье никаких закономерностей в интервалах между пиками численности обнаружено не было (Зубко, 1965; Дюжаева и др., 1983; Чистова, 1998). Отчетливое увеличение численности рыжих полевок в начале 1990-х годов по сравнению с 1950-ми (Елисеева, 1965) наблюдал А. А. Власов (1996), предположивший, что причиной этого могло стать увеличение влажности, характерное в эти годы для среднерусской лесостепи. Восстановление населения полевок после депрессий, как, впрочем, и сокращение после пика, происходит очень быстро – в течение года или двух.

Интересно отметить единообразие общего хода кривых изменений численности в разных областях зоны, даже таких географически удаленных, как Саратовская обл. и Молдавия или Воронежская обл. и Украина. Значительные повышения численности рыжей полевки по всей зоне наблюдали, в частности, в 1947–1948, 1952–1953, 1961, 1964, 1967, 1971, 1975–1976, 1980, 1988–1989, 1992 и 1996 гг.

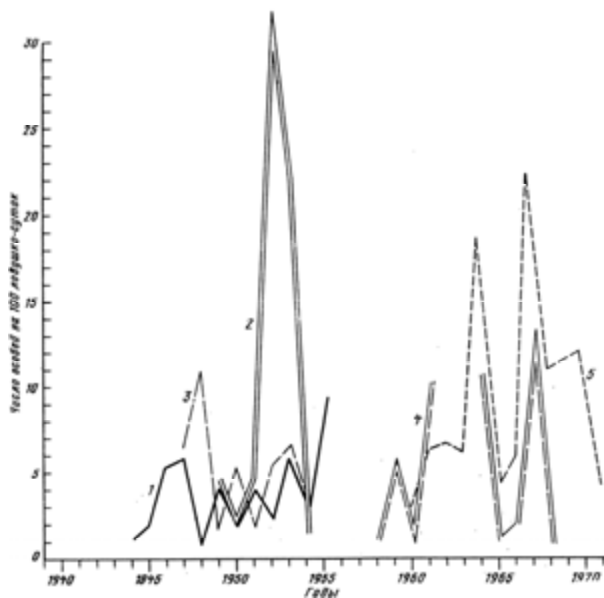


Рис. 9. Изменения численности в лесостепной зоне:

1 – Воронежский заповедник; 2 – Теллермановское лесничество (Воронежская обл.); 3 – Киевская обл. Украины; 4 – островные леса Молдовы; 5 – Правобережье Саратовской обл.

7. Урал и сибирская часть ареала

Эта зона охватывает восточную часть ареала рыжей полевки и включает в себя таежные леса южного и среднего Урала, южнотаежные леса Западно-Сибирской равнины и предгорья Алтае-Саянских гор. По принятому административному делению в этот регион входят Свердловская, Челябинская, Курганская, юг Тюменской, Омская, Новосибирская и Кемеровская области, Алтайский край и юг Красноярского края. Около 46% территории Западно-Сибирской равнины покрыто болотами, а леса, занимающие 51% площади, расположены в основном по берегам рек. Такие прибрежные коренные древостои состоят из хвойных пород, главным образом пихты, сосны и ели. Однако в настоящее время большинство таких лесов уничтожено пожарами и вырублено и замещается вторичными березовыми и березово-осиновыми насаждениями либо сосняками. Численность рыжей полевки, невысокая на Урале и в Зауралье, далее к востоку еще более снижается (многолетняя средняя по летне-осенним учетам для большинства пунктов наблюдений составляет 0,2–2,4 экз. на 100 ловушко-суток) и становится крайне неустойчивой. При этом почти на всей территории Сибирской части ареала вид регистрируется непостоянно, нередко полностью отсутствуя в учетах в неблагоприятные годы. Так, по наблюдениям в Томской обл. и в Красноярском крае (заповедник «Столбы»), рыжая полевка иногда на протяжении нескольких лет вообще не появляется в уловах, затем некоторое время встречается (2–3 года) и вновь исчезает на долгие годы. В результате этих периодических продолжительных и глубоких депрессий амплитуда колебаний численности рыжих полевок в Сибири достигает огромной величины, но темп изменений очень низкий: интервалы между волнами крайне продолжительны (до 8–10 лет), а подъемы кратковременны (на графике они пологи и выражены слабо, рис. 10). Вместе с тем в восточной части ареала существует и несколько локальных популяций с более высокой и стабильной численностью. Часто такие популяции приурочены к вто-

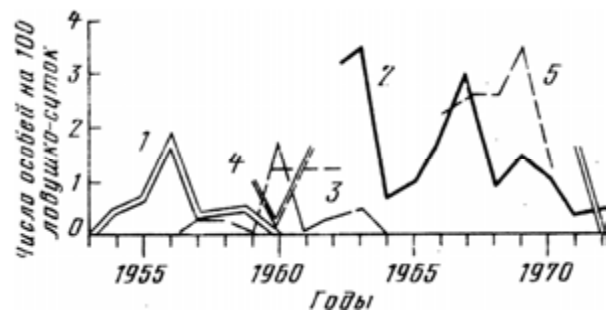


Рис. 10. Изменения численности в Западной Сибири:

1 – Томская обл.; 2 – Кемеровская обл.; 3 – заповедник «Столбы», Красноярский край; 4 – Козульский район Красноярского края; 5 – Западный Саян.

ричным сосново-березовым и лиственнично-березовым лесам с обилием элементов широколиственных лесов плиоценовой флоры (юг Тюменской обл., липовые острова и черневые леса Алтае-Саянской горной системы). Примером могут служить участки сосновых лесов (до 4,6 особей на 100 ловушко-суток, Марин, 1983, а также упоминавшиеся выше популяции Центрального Салаира, западных предгорий Кузнецкого Алатау и Западного Саяна, средняя численность которых изменяется по годам с 10–20-кратной амплитудой (от 0,2 до 3,5 и даже до 6 экз. на 100 ловушко-суток) и пики достаточно регулярно повторяются через каждые 3–4 года (Окулова, Кошкина, 1967). А. О. Лукьянов (1996) обнаружил еще более высокую численность рыжей полевки (до 37 на 100 ловушко-суток осенью) в горной тайге Среднего Урала, где пихтово-еловые леса чередуются с небольшими участками липняков.

Нельзя не отметить и тот примечательный факт, что за последние 20–30 лет численность рыжей полевки в Западной Сибири заметно увеличилась, и она заселила здесь многие новые территории. В переходной зоне между южной и средней тайгой многолетние средние значения численности достигают 0,5–18,5 особи на 100 ловушко-суток, а в южной тайге Томской обл. – 0,1–20,0 (Москвитин и Москвитина, 1998). При этом в восточной части видовой ареала популяции, обитающие в местах с высокой антропогенной нагрузкой, более стабильны, чем в условиях коренных стадий.

Итак, анализ состояния популяций рыжей полевки в масштабах всего ареала показывает, что максимальной численности этот вид достигает в районах с относительно мягким климатом, где на значительной площади господствуют широколиственные и хвойно-широколиственные леса, представляющие для зверьков оптимальные условия жизни. Следует отметить, что особенно благоприятны для представителей этого вида леса с преобладанием липы; в таких местах они отчетливо доминируют среди мелких млекопитающих, успешно конкурируя с лесными и желтогорлыми мышами, оптимум существования которых соответствует широколиственным лесам с преобладанием крупноплодных пород (дуб, бук, граб, лещина и др. По мере приближения к северным границам видового ареала эти леса постепенно сменяются мелколиственными и хвойными, а на юго-востоке – лиственными массивами лесостепья, а затем небольшими байрачными лесами и искусственными насаждениями степной зоны, где численность вида заметно снижается. Лишь в особо благоприятных условиях обширных островных дубрав в лесостепной зоне (Воронежская, Белгородская обл., приволжские районы правобережья Саратовской обл.) имеются локальные участки с достаточно высокой плотно-

стью населения рыжих полевок, несмотря на близость границ ареала.

В оптимальных условиях в северной части ареала высокая численность рыжей полевки сочетается с высокой амплитудой ее колебаний и со сравнительно регулярными циклами на юге. Восточная часть области распространения характеризуется нерегулярными изменениями численности с продолжительными циклами: небольшие и кратковременные пики чередуются с длительными и глубокими депрессиями. Тем не менее с 1980-х годов практически по всему ареалу достаточно отчетливо вырисовывается тренд в сторону увеличения численности рассматриваемого вида. Это отмечено как в Центральной России, так и в южных и восточных частях ареала (Кузнецов, Михайлин, 1985; Иванкина, 1987; Власов, 1996; Бернштейн и др., 1997; Москвитин, Москвитина, 1998).

Анализ приведенных материалов, несмотря на трудности их сопоставления, позволяет выявить не только конкретные географические отличия в динамике численности рыжей полевки, но и общие черты этой динамики, типичные для вида в целом. Одной из наиболее характерных особенностей является тот факт, что, несмотря на значительную частоту и амплитуду колебаний численности, они не достигают масштабов, характерных для некоторых видов грызунов открытых ландшафтов, для рыжей полевки типичны относительная кратковременность пиков (1–2 года), быстрое восстановление численности после депрессий и постепенное сокращение ее после подъемов, хотя в некоторых местах наблюдается резкое падение. Типична также более или менее выраженная цикличность колебаний с периодом в 2–5 лет (свойственная и другим лесным грызунам), которая принимает обычно форму закономерно сменяющихся «малых волн», вызываемых местными причинами.

Географические отличия сводятся к следующему: если считать уровень численности вида критерием благополучия, то в оптимальных местностях на севере европейского ареала высокая численность полевок сочетается со значительными ее колебаниями, а на юге – с ее большей стабильностью и более правильной цикличностью. Для менее благоприятных территорий восточной части ареала характерны (80–100 кратные), редкие, неправильного ритма колебания численности с невысокими пиками и длительными глубокими депрессиями (что приводит к 50–80-кратным изменениям) и растянутость цикла. Свое крайнее выражение это находит у восточных границ ареала.

По всей вероятности, амплитуда колебаний численности в значительной мере отражает климатические особенности местности и связанные с ними запасы кормовых ресурсов, степень континентальности и суровости климата и обусловленные ею специфические для региона особенности в характере изменчивости природных факторов.

ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПОПУЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

Вопрос о причинах изменений численности рыжих полевок неоднократно освещался в литературе, однако в большинстве случаев авторы решают эту проблему строго регионально, применительно к конкретной обстановке.

Многие исследователи связывают движение численности рыжей полевки главным образом с урожаем кормов, особенно семян древесных пород – ели, сосны, пихты, дуба, липы и др. На связь между урожаем семян и динамикой численности рыжей полевки указывают авторы, работавшие в различных регионах (Башенина, 1947, 1951, 1968а; Формозов, 1948; Наумов, 1948; Нестеров, Никсо-Никоччио, 1950; Грибова, 1951; Кулаева, 1956; Снигиревская, 1954; Образцов, Штильмарк, 1957; Попов, 1960; Теплов, 1960; Ходашова, 1966; Свириденко, 1967; Зыкова, Зыков, 1967; Зейда, 1970; и др.). По конкретным наблюдениям этих авторов, после обильного урожая семян популяция успешно перезимовывает и терпит гораздо меньший урон от неблагоприятных погодных условий, чем при бескормице; размножение начинается раньше, происходит с большей интенсивностью при массовом участии прибылых и нередко захватывает осенние месяцы. Все это в конечном итоге ведет к росту численности, а при сочетании с благоприятными метеорологическими условиями способствует достижению пика.

Так, по наблюдениям Н. В. Башениной (1951, 1968а), в зоне южной европейской тайги хороший урожай кормов в сочетании с благоприятными метеорологическими условиями (ранняя весна, оптимальная сумма положительных температур в период размножения, и прежде всего в мае) служит одной из основных причин увеличения численности всех грызунов, в том числе и рыжей полевки. В средней полосе неперенным условием благополучной перезимовки, кроме корма, является состояние снежного покрова. Снижение численности после большого урожая происходит по принципу постепенного затухания сезонных пиков по мере истощения кормовых ресурсов (Башенина, 1972). В. А. Попов (1960) в качестве главного фактора, определяющего численность рыжих полевок в Волжско-Камском крае, выдвигает корма, на второе место ставит условия зимовки, в частности глубину снежного покрова и сроки его установления, на третье место – погодные условия в период размножения. По Л. В. Заблочной (1957), численность рыжей полевки в Приокско-Террасном заповеднике подвержена воздействию сложного комплекса погодных и кормовых условий, из которых решающее значение имеют урожай плодов липы и условия зимы.

В Карелии среди всего многообразия факторов, определяющих экологическую обстановку года, наиболее существенны для роста численности

полевок сроки наступления весны, температура и сумма осадков в конце весны – начале лета и урожай семян хвойных пород (Ивантер, 1975). Как показал дисперсионный анализ, степень влияния этих факторов на популяцию рыжих полевок достаточно велика ($\eta^2 = 0,35-0,61$) и статистически достоверна ($p = 0,95$).

Т. В. Кошкина (1957) считает, что для размножения и выживания рыжих полевок на Кольском полуострове благоприятны обильные урожаи семян, грибов и ягод, теплая и сухая осень, раннее установление снежного покрова с быстрым нарастанием его в высоту в начале зимы, ранняя дружная весна, малочисленность хищников-миофагов.

Достоверная положительная корреляция между популяционной динамикой и кормовыми ресурсами отмечена многими авторами в различных зонах (Ivanter, Osipova, 2000). В широколиственных и хвойно-широколиственных лесах лесостепной и среднелесной зон хорошие кормовые условия обычно приводят к удлинению репродуктивного периода, правда, лишь при благоприятных погодных условиях. В зоне лесостепи это нередко вызывает массовое осеннее размножение (если держится достаточно теплая погода). Согласно Т. Ю. Чистовой (1998), в условиях Белгородской обл. рыжая полевка размножалась в октябре три сезона из одиннадцати лет наблюдений.

В большинстве регионов средней лесной зоны достаточно типично и размножение под снегом (Кудряшова, 1975; Бернштейн и др., 1980, 1987; Bernshstein et al., 1989; Кузнецов, Михайлин, 1985; Жигальский и Корнеев, 1996). К примеру, активное размножение полевок под снегом в липово-пихтово-еловом лесу Удмуртии отмечалось 9 раз в течение 25 лет (1973–1997), причем регулярно каждые три года после 1982 г. (Бернштейн и др., 1997). Весьма характерно, что каждый из этих девяти лет предшествовал году с пиком численности полевок. При этом зверьки либо начинают репродуктивный период очень рано, в феврале-марте, когда снег остается глубоким (снеготаяние нормально начинается в конце апреля), либо размножаются весь год без перерывов. Следует особо подчеркнуть, что размножению под снегом всегда предшествовал большой урожай древесных семян, особенно липы. Вместе с тем феномен подснежного размножения не был обнаружен в таких типичных областях лесостепной зоны, как Харьковская и Белгородская (Зубко, 1965; Чистова, 1998).

Некоторые авторы главным фактором, определяющим численность и состояние популяции полевок, считают погодные условия, а урожай кормов – только как вторичный (Михолай, 1962, Лапинец, 1963; Лозан, 1971). Такое впечатление могло создаться в регионах с неустойчивым снежным покровом и сравнительно стабильным и богатым урожаем семян (Латвия, Белоруссия, Молдова). К близкому выводу приходит и

Е. В. Иванкина (1987, 1988), полагающая, что продолжительность и интенсивность размножения рыжей полевки в Московской обл. определяется, как правило, весенними погодными условиями, тогда как урожаи семян хвойных имеют намного меньшее значение.

Отдельные исследователи идут в этом отношении еще дальше и в качестве главной, а то и единственной причины многолетних колебаний численности рыжей полевки указывают только метеорологические условия – сумму температур второй половины апреля и мая (Турьева, 1961), резкие колебания температуры и суммы осадков в зимний и ранневесенний периоды (Турянин, 1958; Михолап, 1961, 1962; Голов, 1962), количество осадков и тепла в бесснежный период и особенности зимы (Лапинь, 1963; Лозан, 1971). Характерно, что эти данные относятся преимущественно к местностям, в которых снеговой покров менее устойчив, а урожаи семян древесных и кустарниковых пород более часты, за счет же сочетания различных пород практически ежегодны.

Высота и время образования снежного покрова, по-видимому, является важным лимитирующим фактором в центральной части Европейской России (Заблоцкая, 1957; Попов, 1960). Снежный наст, образующийся в этом регионе во время теплых зим, может отрицательно повлиять на состояние популяций рыжих полевок и сильно уменьшить численность (Наумов, 1948; Елисеева, 1965; Чистова, 1998).

В некоторых местностях могут проявляться специфические внешние факторы, вызывающие колебания численности грызунов. Таковы, например, сильные половодья, играющие решающую роль в колебаниях численности полевок в бассейнах некоторых больших рек (таких как Ока) (Зыкова, Зыков, 1967). Помимо снижения численности, регулярные сезонные затопления изменяют форму сезонной динамики прибрежных популяций (Кудряшова, 1975) и вызывают массовые миграции зверьков.

Существует взгляд и на равнозначный характер влияния климатических и кормовых условий, наряду с некоторыми другими факторами, такими как хищники и внутривидовая конкуренция.

Таким образом, не столько отдельные условия, сколько удачное сочетание их служит основной причиной увеличения численности рыжей полевки, причем имеются характерные географические различия в значении ведущих факторов. О комплексе воздействия экзогенной и эндогенной природы, определяющем численность этого вида, пишут и другие авторы (Наглов, 1962; Терехович, 1966; Tast, Kalela, 1971; Кудряшова, 1971, 1975).

Наконец, ряд исследователей, отрицая ведущую роль внешних условий, главной причиной циклических колебаний численности рыжих полевок считают внутривидовые отношения, связанные с плотностью популяции (Кошкина, 1966;

Семенов-Тянь-Шанский, 1970; Куприянова, Наумов, 1986; Иванкина, 1987; Кузнецов, Михайлин, 1985; Kjømp, 1962; Platt, 1968). Один из аспектов внутривоупуляционных отношений, влияющих на скорость нарастания численности полевок путем изменения интенсивности размножения (особенно молодняка), – снижение последней при высокой весенней плотности животных. Такие наблюдения имеются в различных частях ареала рыжей полевки (хотя они не всегда объяснимы столь однозначно): на юге Кольского полуострова, в Карелии, липово-еловых лесах юга Кировской обл., в Окском заповеднике, Тульской обл., в Южной Польше, в Чехословакии, Англии и некоторых других (Садовская и др., 1971; Тупикова, Коновалова, 1971; Семенов-Тянь-Шанский, 1970; Берштейн и др., 1972; Шилов, 1972; Ивантер, 1972, 1975; Кудряшова, 1975; Bobek, 1969; Zejda, 1970; Petruszewicz, 1983 и др.).

Таким образом, на протяжении всего ареала численность рыжей полевки определяется комплексом факторов. Ни один фактор, взятый в отдельности, не может быть единственной, а тем более постоянно действующей причиной динамики не только на протяжении всего ареала, но даже для отдельного региона, хотя в определенных конкретных случаях может приобретать главенствующее значение (например, обильный урожай). Действие таких факторов, как сроки наступления и характер весны, состояние кормовой базы, зимние условия и некоторые другие, кроме того, накладывается на общее состояние популяции, ее структуру, фазу цикла и т. д., а также зависит и от общей экологической обстановки, в том числе от биоценологических отношений, иными словами, от сочетания констеллирующих внешних условий. Именно полифакторная обусловленность динамики численности рыжей полевки и ярко выраженная у этого вида региональная специфика определяют сложный и неоднозначный характер динамики отдельных его популяций во времени и пространстве.

Итак, во взглядах современных экологов явно преобладает многофакторная система воздействий на популяции лесных грызунов. Сравнительный анализ многолетних материалов, полученных в субоптимальных местообитаниях рыжей полевки в Восточной Финноскандии (у северной границы обитания) и в благоприятных условиях Удмуртии, Марий-Эл и Тульской обл. (экологический оптимум, центр видового ареала), выявил целый перечень факторов, в комплексе определяющих состояние и численность каждой популяции, в том числе в зависимости от ее географического положения и экологической роли (Жигальский, 1989, 1995; Ивантер и др., 1991; Ивантер, Жигальский, 2000). Среди эндогенных это, в частности, возрастные и половые соотношения и исходная плотность популяции, влияющие на репродуктивную активность молодых полевок и итоговую численность зверьков, а

из экзогенных – погодные и кормовые условия, совместно обитающие виды и т. д. В итоге исследования удалось показать, что значение этих факторов для жизни популяции закономерно меняется в зависимости от сезона года, стадии жизненного цикла зверьков и географического положения их местообитаний. В начале периода размножения наиболее критичны погодные условия, причем их влияние возрастает по направлению к северу. В зоне широколиственных лесов («Тульские Засеки») и южной тайги (Марий-Эл и Удмуртия) иерархический вклад погодных условий в общее многофакторное влияние на состояние и демографические показатели популяции в осенне-зимний период составляет 37–52%. В Карелии (северная граница ареала) воздействие их еще больше (83%), в том числе и потому, что периферические популяции переживают в этих условиях так называемый «эффект горлышка бутылки». Между тем в оптимальных и субоптимальных местообитаниях Марий-Эл ничего подобного не происходило. Можно предполагать, что степень влияния метеорологических факторов на популяции рыжих полевок весной связана не столько с качеством местообитания, сколько с общими климатическими особенностями каждого участка.

Кормовые условия лимитируют численность вида в Тульской обл., Удмуртии и Марий-Эл (зависимость 3,0–21,4%), но не в Карелии, где пищевые потребности популяции, по видимому, находятся в равновесии с природными ресурсами.

Состояние популяции (численность, возрастная структура, интенсивность размножения) в предшествующую осень определяет численность полевок весной, причем в местах с оптимальными условиями на 23–40%, а в субоптимальных – только на 11%. Низкая численность полевок весной объясняется высокой осенне-весенней смертностью (в Карелии она составляет 70%, а в Тульской обл., Удмуртии и Марий-Эл – всего 50%). В то же время степень влияния на итоговую численность зверьков текущего состояния популяции (факторы, зависящие от плотности) нигде не превышает 8%. Во время стремительного роста популяции (начало лета), как и в ситуации очень низкой численности, резко увеличивается влияние случайных обстоятельств. Тем не менее зависящие от плотности факторы играют в это время основную роль даже в Карелии, где в самых бедных местообитаниях их влияние составляет 50%. Количество перезимовавших и размножающихся животных играет наиболее важную роль, а значение зимних погодных условий гораздо меньше – 0,1–21,5%.

Когда процесс размножения затухает, повышается контролирующая роль предшествовавшего состояния популяции и снижается влияние условий настоящего момента. Правда, это наблюдается только в наиболее благоприятных ме-

стообитаниях оптимальной части ареала. В субоптимальных условиях периферии ареала численность полевок низка и испытывает существенное влияние действующих эндогенных факторов. К концу лета, и особенно во время осеннего ненастья и похолодания, воздействие на размножение популяции качества местообитаний и географических условий снова возрастает. Таким образом, сила влияния на популяцию отдельных экологических факторов зависит и от сезона года, и от географического положения территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ географических особенностей популяционной организации и динамики численности европейской рыжей полевки – типичного представителя широко распространенных, политипических видов млекопитающих подтвердил известное положение о том, что в экологическом центре (оптимуме) видовой ареала плотность популяций не только выше, но и устойчивее, тогда как на периферии она колеблется в широком диапазоне (с большей амплитудой). В условиях пессимума популяция сильно разрежена, не обладает достаточно действенным популяционным контролем, и численность ее лимитируется в основном внешними факторами, отличающимися крайним непостоянством и аритмией. Напротив, в зоне оптимума при высокой плотности населения и совершенстве внутренней организации популяция более устойчива и ритмична. Она находится в стабильно благоприятных условиях и вооружена более эффективными механизмами компенсаторной регуляции, приводящей плотность популяции в соответствие с ресурсами биоценоза. Резкие флуктуации периферических популяций способствуют генетическому обороту (через «популяционные волны») и наряду с ужесточением отбора, специфической перестройкой пространственной, возрастной и генетической структуры, возникновением временных изолятов, сокращением обмена генами, усилением хромосомных рекомбинаций и другими явлениями, создающими предпосылки для быстрого обновления генофонда и преодоления эволюционной инертности популяций, обеспечивают эволюционные преобразования, ведущие к завоеванию видом новых территорий, смене экологической ниши, формированию новых популяций и даже видов. К периферии видовой ареала «рассыпается» оптимальный комплекс абиотических и биотических условий существования данного вида и в связи с этим проявляется мозаичность распределения популяций, формирование небольших по размерам и численности микропопуляций и характерное изменение наследственной внутри- и междупопуляционной изменчивости. На периферии видовой ареала повышается вероятность существования относительно небольших и изолированных друг от дру-

га популяций, в связи с чем возрастает частота выщепления и гомозиготизации рецессивных мутаций. Этим самым периферия видовой ареала может поставлять «кандидатов» для процессов первичного формообразования. Более выражены и гораздо четче и рельефнее проявляются в периферийных зонах ареала и такие специфические структурно-популяционные адаптации, как эффект Денеля, закономерная смена сезонно-возрастных генераций, компенсаторная авторегуляция численности и ряд других.

Рассмотренные особенности пространственной дифференциации ареала, характерные исключительно для политипического вида, определяют их значение в качестве важных эколого-генетических механизмов микроэволюционного процесса, протекающего по-разному в центре и на периферии области его распространения. Отсюда неоднозначность выполняемых центральными и периферическими

популяциями эволюционных функций. Первые обеспечивают поддержание фенотипической специфичности вида, сохранение его экологической и генетической нормы (посредством стабилизирующего отбора, усиления обмена генами, унификации генофонда и т. д.), вторые составляют эволюционный резерв вида и реализуют его тенденции к экспансии за границы ареала и переходу в новую экологическую нишу. Периферические популяции – важнейшие эволюционные форпосты вида. Именно здесь разворачиваются главные эволюционные события, приводящие к адаптивному формообразованию и открывающие пути к дальнейшему расселению вида. Адаптация периферических популяций находится в стадии становления, и то обстоятельство, что полной приспособленности так и не достигается, определяет постоянную готовность вида к эволюционным пере-стройкам в ответ на изменения среды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айрапетьянц А. Э. Насекомоядные и грызуны // Звери Ленинградской области. Л.: Изд-во ЛГУ, 1970. С. 160–165.
- Аристова В. А. Особенности использования территории красной полевкой в лесах южной части Кировской обл. // Фауна и экология грызунов. М.: Изд-во МГУ, 1970. Вып. 9. С. 151–159.
- Башенина Н. В. Движение численности мелких грызунов за 1936–1943 гг. // Фауна и экология грызунов. М.: МОИП, 1947. Вып. 2. С. 149–214.
- Башенина Н. В. Материалы по динамике численности грызунов лесной зоны // Бюл. МОИП, отд. биол., 1951. Т. 56. Вып. 2. С. 4–13.
- Башенина Н. В. Экология обыкновенной полевки. М.: Изд-во МГУ, 1962, 308 с.
- Башенина Н. В. Материалы к экологии мелких млекопитающих зоны европейской тайги // Учен. зап. Перм. пед. ин-та. Пермь: ПГПИ, 1968. Т. 52. С. 3–44.
- Башенина Н. В. Основные пути адаптации мышевидных грызунов // автореф. дис. ... докт. биол. наук. Свердловск, 1972. 57 с.
- Башенина Н. В. Пути адаптации мышевидных грызунов. М.: Наука, 1977. 355 с.
- Бернштейн А. Д., Рыльцева Е. В., Повалишина Т. П., Мясников Ю. А. О предпосылках развития эпизоотии геморрагической лихорадки с почечным синдромом // Проблемы особо опасных инфекций. Саратов, 1972. Вып. 3 (25). С. 189–193.
- Бернштейн А. Д., Панина Т. В., Крылов Д. Г. Динамика популяций рыжей полевки на трех участках леса в очагах ГЛПС Тульской области // Тез. конф. Ин-та полиомиелита и вирусных энцефалитов АМН СССР. М., 1975. С. 265–266.
- Бернштейн А. Д., Апекина Н. С., Копылова Л. Ф., Мясников Ю. А., Гавриловская И. Н. Сравнительная эколого-эпизоотологическая характеристика лесных полевок (*Clethrionomys*) Среднего Предуралья // Зоол. Журн. 1987. Т. 66, № 9. С. 1397–1407.
- Бернштейн А. Д., Копылова Л. Ф., Апекина Н. С., Михайлова Т. В. О прогнозировании подъема заболеваемости геморрагической лихорадкой с почечным синдромом // РАТ-Инфо. 1997. Вып. 2. 10 с.
- Бернштейн А. Д., Михайлова Т. В., Апекина Н. С. Эффективность метода ловушко-линий для оценки численности и структуры популяции рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) // Зоол. Журн. 1995. Т. 74. Вып. 1. С. 119–127.
- Бернштейн А. Д., Рыльцева Е. В., Повалишина Т. П., Мясников Ю. А. Динамика популяций рыжей полевки в северной лесостепи // Грызуны. Материалы Всесоюзного совещания. М.: Наука, 1980. С. 273–275.
- Бобрецов А. В., Куприянова И. Ф. Динамика популяций лесных полевок (*Clethrionomys*, Rodentia) на Европейском Севере // Экология. 2002. № 3. С. 220–227.
- Бойко Н. С. Мышевидные грызуны островов и побережий Кандакшского залива и динамика их численности // Мелкие млекопитающие заповедных территорий. М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР, 1984. С. 5–24.
- Бородин Л. П. Сравнительная оценка эффективности разных методов лова мелких млекопитающих // Тр. Мордов. заповедника. 1966. Вып. 3. С. 186–202.
- Викторов Л. В. Сезонная динамика численности рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) в Калининской области // Учен. зап. Рязан. пед. ин-та. Рязань, 1971. Вып. 105. С. 78–83.
- Власов А. А. Изменение населения мелких млекопитающих лесостепных экосистем Центрально-Черноземного заповедника за последние 40 лет // Rus. J. Ecol. 1996. Т. 1. Р. 72–76.
- Гайдук В. Е., Буневич А. Н., Блоцкая Е. С. Динамика численности рыжей полевки в Беловежской пуце // Заповедники Белоруссии. Минск, 1986. Вып. 10. С. 102–109.
- Гибет Л. А., Кулюкина Н. М., Никифоров Л. П., Корнеев В. А. О выделении самостоятельных популяционных единиц мелких грызунов // Грызуны: Материалы Всесоюзного совещания. Л.: Наука, 1983. С. 372–374.

- Голов Б. А. К вопросу о динамике численности мышевидных грызунов и ее прогнозах // *Вопр. экологии*. Киев, 1962. Т. 6. С. 47–49.
- Голикова В. Л. Заметки по экологии популяций лесных мышей и рыжих лесных полевок // *Тр. конф. по защите растений на юго-востоке*. Саратов, 1958. С. 166–176.
- Грибова З. А. Численность мелких грызунов и ее изменения в основных ландшафтных зонах СССР в 1949/50 г. // *Тр. ВНИИОП*. М., 1951. № 11. С. 296–308.
- Губарь Ю. П. Численность лесных полевок и некоторые стороны их взаимоотношений // *Фауна и экология животных* // *Тр. каф. зоол. МГПИ им. Ленина*. М., 1976. Ч. 2. С. 60–103.
- Дулькейт Г. Д. Многолетние колебания численности мышевидных грызунов в Саянской тайге и вопросы прогноза // *Тр. заповедника «Столбы»*. 1967. Вып. 6. С. 118–151.
- Дюшаева И. В., Милкин В. В., Назаров А. В., Мозговой Ю. П. Особенности динамики численности мышевидных грызунов Красносарского лесничества // *Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне*. Куйбышев, 1983. С. 123–128.
- Елисеева В. И. Распределение мышевидных грызунов в основных биотопах Центрально-Черноземного заповедника и динамика численности ведущих видов // *Тр. Центр.-Чернозем. заповедника*. 1965. № 8. С. 194–207.
- Жигальский О. А. Механизмы динамики популяций мелких млекопитающих: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Свердловск, 1989. 49 с.
- Жигальский О. А. Факториальный анализ популяционной динамики рыжей полевки и ондатры // *Экология популяций: структура и динамика: Материалы совещ.*, М., 1995. С. 531–545.
- Жигальский О. А., Корнеев В. А. Демографическая структура популяции рыжей Полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber 1780) в гетерогенной среде обитания // *Russian J. Ecology*. Т. 6. Р. 459–467.
- Жигарев И. А. Изменения плотности населения мышевидных грызунов под влиянием рекреационного пресса на юге Подмоскovie // *Зоол. Журн*. 1996. Т. 72, № 12. С. 117–137.
- Жигарев И. А. Мелкие млекопитающие рекреационных и естественных лесов Подмоскovie. М.: Прометей, 2004. 230 с.
- Заблоцкая Л. В. Материалы по экологии основных видов мышевидных грызунов Приокско-Террасного заповедника и смежных лесов // *Тр. Приокско-Террасного заповедника*, 1957. Вып. 1. С. 170–240.
- Зубко Я. П. Численность рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus*) и ее изменения за 20 лет (1944–1964) в Харьковской области // *Вестн. Харьк. ун-та. Сер. биол.* Харьков, 1965. Вып. 1. С. 110–112.
- Зыков К. Д., Карташов Н. Н. Значение мышевидных грызунов и мелких насекомоядных в формировании очагов лугового клеща в пойме р. Оки // *Тр. Окск. заповедника*. Рязань, 1960. Вып. 3. С. 105–154.
- Зыкова Л. Ю., Зыков К. Д. Динамика численности мышевидных грызунов Окского заповедника в период с 1952 по 1963 г. // *Тр. Окск. заповедника*. Рязань, 1967. Вып. 7. С. 216–229.
- Иванкина Е. В. Динамика численности и структура населения рыжей полевки в Подмоскovie // автореф. дис... канд. биол. наук. М., 1987. 26 с.
- Иванкина Е. В. Динамика численности и структура населения рыжей полевки в Подмоскovie // *Экология популяций; Тез. докл. Всесоюз. совещ.* Новосибирск, 1988. Т. 2. С. 77–79.
- Ивантер Э. В. К теории внутривидовой регуляции численности животных // *Науч. конф. биологов Карелии: Тез. докл.* Петрозаводск, 1972. С. 175–177.
- Ивантер Э. В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л.: Наука, 1975. 247 с.
- Ивантер Э. В. Географическая изменчивость динамики численности рыжей полевки в пределах ареала // *Механизмы регуляции численности леммингов и полевок на Крайнем Севере*. Владивосток, 1980. С. 50–60.
- Ивантер Э. В. Динамика численности // *Европейская рыжая полевка*. М.: Наука, 1981. С. 245–267.
- Ивантер Э. В. Популяционные факторы динамики численности рыжей полевки // *Биогеография Карелии*. Петрозаводск, 2005. Вып. 7. С. 44–57.
- Ивантер Э. В., Жигальский О. А. Опыт популяционного анализа механизмов динамики численности рыжей полевки на северном пределе ареала // *Зоол. Журн*. 2000. Т. 79, № 8. С. 976–989.
- Ивантер Э. В., Ивантер Т. В., Жигальский О. А. Закономерности и факторы динамики популяции рыжей полевки (по наблюдениям в северо-восточном Приладожье) // *Экология наземных позвоночных*. Петрозаводск, 1991. С. 86–116.
- Изосов А. А. Материалы по питанию и динамике численности лесной мыши и рыжей полевки в островных лесах Воронежской области // *Учен. зап. Курск. пед. ин-та*. 1957. Вып. 4. С. 84–102.
- Изосов А. А., Лукьянцева В. П. Мышевидные грызуны Курской области, их распространение и численность // *Учен. зап. Курск. пед. ин-та*. 1969. Т. 59. С. 227–239.
- Каледин В. В., Котельникова А. Г. К характеристике природных очагов клещевого энцефалита в зоне Ильменского заповедника // *Тр. Ильмен. заповедника*. Свердловск, 1973. Вып. 10. С. 138–141.
- Калецкая М. Л. Фауна млекопитающих Дарвинского заповедника и ее изменения под влиянием водохранилища // *Рыбинское водохранилище*. М.: МОИП. 1953. Ч. 1. С. 95–121.
- Карулин Б. Е., Никитина Н. А., Истомина А. В., Ананьина Ю. В. Рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*) - основной носитель лептоспироза в лесном природном очаге // *Зоол. Журн*. 1993. Т. 72. С. 113–122.
- Ковалевский Ю. В., Коренберг Э. И., Елесина Ф. С. Мелкие млекопитающие очагов клещевого энцефалита в Удмуртской АССР // *Клещевой энцефалит в Удмуртии и прилегающих областях*. Ижевск, 1969. С. 168–170.
- Козлов В. И. Динамика численности мышевидных грызунов в Горьковской области за 20 лет с 1949 по 1969 г. // *Учен. зап. Горьк. ун-та. Сер. биол.* 1972. Вып. 164. С. 22–28.
- Кошкина Т. В. Сравнительная экология рыжих полевок в северной тайге // *Фауна и экология грызунов*. М.: Изд-во МГУ, 1957. Вып. 5. С. 3–65.
- Кошкина Т. В. Мышевидные грызуны Кольского полуострова и динамика их численности // *Тр. Кандалакш. заповедника*. 1958. Вып. 1. С. 161–191.
- Кошкина Т. В. Взаимоотношения близких видов мелких грызунов и регуляция их численности // *Материалы к познанию фауны и флоры СССР*. 1967. Т. 41. Вып. 56. С. 5–27.

- Кудряшова Л. М. Подснежное размножение рыжей полевки в пойменных дубравах Окского заповедника зимой 1967/68 г. // Экология. 1971. № 2. С. 84–87.
- Кудряшова Л. М. Движение численности населения рыжей полевки в Окской пойме в 1967–1973 гг. // Тр. Окск. заповедника. 1975. Вып. 9. С. 234–254.
- Кузнецов Г. В., Михайлин А. П. Особенности питания и динамики численности рыжей Полевки в условиях широколиственного леса // Млекопитающие в наземных экосистемах. М.: Наука, 1985. С. 125–156.
- Кулаева Т. М. Сравнительная экология рыжих полевков Татарской АССР // автореф. дис.... канд. биол. наук. Л., 1966. 22 с.
- Кулик И. Л., Никитина Н. А. Фауна мелких млекопитающих лесной зоны Коми АССР // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1960. Т. 65. Вып. 6. С. 3–16.
- Куприянова И. Ф., Наумов С. П. Особенности размножения мелких млекопитающих в средней тайге севера Европейской части СССР // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1960. Т. 91. С. 17–29.
- Кутенков А. П. Тридцать лет работы стационаров по учету мелких млекопитающих в заповеднике «Кивач»: основные итоги и обсуждение результатов // Тр. гос. природного заповедника «Кивач». Петрозаводск, 2006. Вып. 3. С. 80–106.
- Лапинь И. М. Биология и паразитофауна мелких лесных млекопитающих Латвийской ССР. Рига: АН Латв. ССР, 1963. 159 с.
- Лозан М. Н. Грызуны Молдавии. Кишинев: Штиинца, 1971. Т. 2. 188 с.
- Лукьянов О. А. Анализ зависимости подвижности – оседлости мелких млекопитающих на примере флуктуирующей популяции рыжей полевки // Сибирск. экол. журнал. 1996. Вып. 3. С. 597–606.
- Малюшина Е. П. К экологии мелких млекопитающих южной тайги Тюменской обл. // Вопросы краевой инфекционной патологии. Тюмень, 1969. С. 37–38.
- Марвин М. Я. Мышевидные грызуны северных районов Среднего Урала // Учен. зап. Урал. ун-та. Биол. Свердловск, 1966. Т. 47. Вып. 3. С. 11–21.
- Марин Ю. Ф. К популяционной экологии рыжей полевки в Алтайском государственном заповеднике // Исследования актуальных проблем териологии. Свердловск, 1983. С. 54–56.
- Марцинкевич Ч. И. Сезонная жизнь и миграция мелких млекопитающих в природных очагах инфекции в Башкирии // Тр. Уфим. НИИВС. 1964. Вып. 8. С. 123–129.
- Меркова М. А. Некоторые данные по экологии рыжей полевки и желтогорлой мыши на юге Московской области и Теллермановской рощи // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1955. Т. 60. Вып. 1. С. 21–31.
- Михолап О. Н. К вопросу о динамике численности мышевидных грызунов Полесья // Первое Всесоюз. совещ. по млекопитающим. Тез. докл. М.: Изд-во МГУ. 1961. С. 62–63.
- Михолап О. Н. К вопросу о влиянии температуры и осадков на численность мышевидных грызунов Полесья // Вопр. экологии. 1962. Т. 6. С. 102–104.
- Михолап О. Н., Терехович В. Ф. Динамика численности мышевидных грызунов в лесных биотопах Белоруссии // Экология позвоночных животных Белоруссии. Минск, 1965. С. 34–41.
- Москвитин С. С., Москвитина Н. С. Анализ изменений ареалов млекопитающих на юго-востоке Западной Сибири // Биологическое разнообразие животных Сибири. Томск, 1998. С. 206–208.
- Мотеинас Л. И., Езерскене Е. П. Мелкие млекопитающие природных очагов болезней человека в Литовской ССР // Зоол. Журн. 1974. Т. 53. № 10. С. 1580–1583.
- Наглов В. А. Влияние различных факторов на размещение и численность лесных грызунов // Тез. докл. науч. конф. Харьк. с.-х. ин-та. Харьков, 1962. Вып. 4. С. 25–26.
- Наумов Н. П. Очерки сравнительной экологии мышевидных грызунов. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 204 с.
- Наумов Н. П. Новый метод изучения экологии мелких лесных грызунов // Фауна и экология грызунов. М.: МОИП. 1951. Вып. 4. С. 3–21.
- Наумов Н. П. Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канеевок // Вопр. краевой, общ. и эксперим. паразитол. и мед. зоол. 1955. Т. 9. С. 179–202.
- Наумов С. П., Шаталова С. П., Гибет Л. А. Некоторые черты сравнительной экологии лесных полевков (*Clethrionomys*) // Тез. Всесоюз. науч. конф. зоологов педвузов. Пермь, 1976. С. 298–301.
- Нестеров В. Г., Никсо-Никочич Н. В. Зависимость размножения вредных для леса животных от изменения климатических условий и урожая лесных семян за последнее столетие // Тез. докл. Второй экол. конф. Киев, 1950. Ч. 3. С. 157–163.
- Никитина Н. А. Результаты мечения мелких млекопитающих в Коми АССР // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1961. Вып. 2. С. 15–25.
- Никифоров Л. П. Млекопитающий природного очага клещевого энцефалита в Козульском районе Красноярского края // Вопр. эпидемиол. клещ. энцефалита и биол. закономерн. в его природн. очаге. М., 1968. С. 43–51.
- Образцов Б. В., Штильмарк Ф. Р. Лесохозяйственное значение мышевидных грызунов в дубравах европейской части СССР // Тр. Ин-та леса АН СССР. 1957. Т. 35. С. 5–21.
- Окулова Н. М., Кошкина Т. В. К зоологической характеристике ландшафта черневой тайги // Экология млекопитающих и птиц. М.: Наука, 1967. С. 243–252.
- Паавер К. Л. О перенаселении в популяциях лесных мышевидных грызунов в Эстонской ССР в связи с динамикой их численности // Изв. АН ЭССР. Биология. 1957. Вып. 2. С. 155–174.
- Панина Т. В., Мясников Ю. А. Динамика численности и размножения рыжей полевки в природных очагах геморрагической лихорадки с почечным синдромом в Тульской области // Зоол. Журн. 1960. Т. 29. Вып. 11. С. 1707–1715.
- Петров О. В., Шубин Ю. П. Численность и территориальное размещение в долинных лесах Средней Вычегды (подзона средней тайги Коми АССР) // IV съезд ВТО. Т. 1. М. 1986. С. 314–315.
- Пивоварова Е. П. Распределение по биотопам и лесохозяйственное значение мышевидных грызунов Беловежской пуши // Учен. зап. МГПИ. 1956. Т. 61. С. 305–383.
- Попов В. А. Млекопитающие Волжско-Камского края. Казань, 1960.
- Попов В. А., Попов Ю. К., Приезжев Г. П. и др. Результаты изучения животного мира зоны затопления Куйбышевской ГЭС // Тр. Казан. фил. АН СССР. Сер. биол. 1954. Вып. 3. С. 13–48.

- Попов И. Ю. Структура и динамика населения мелких млекопитающих в связи с сукцессиями растительности в Европейской южной тайге // автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 1998. 27 с.
- Равкин Ю. С., Лукьянова И. В. География позвоночных южной тайги Западной Сибири. Новосибирск: СО Наука. 1976.
- Рудышин М. П. Розміщення і динаміка численності мишовидних гризунів у Західному лісостепу Української РСР. Київ: Науково-природн. музей АН УРСР, 1958. 23 с.
- Садовская Е. В., Повалишина Т. П., Штерн М. А. и др. Многолетние зоологические наблюдения в одном из очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом в Тульской области // Тр. Ин-та полиомиелита и вирусных энцефалитов АМН СССР. 1971. Т. 19. С. 84–93.
- Сапоженков Ю. Ф. К распространению и экологии лесной мыши в Костромской области // Животный мир Костромской области. Кострома, 1973. Вып. 31. С. 27–34.
- Свириденко П. А. Размножение и колебания численности рыжей полевки в условиях Украины // Вестн. зоол. 1967. Вып. 2. С. 9–24.
- Семенов-Тянь-Шанский О. И. Цикличность в популяциях лесных полевок // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 75. Вып. 2. С. 11–26.
- Семенов-Тянь-Шанский О. И., Насимович А. А. Особенности колебаний численности рыжих полевок // Природа. 1949. № 3. С. 70–72.
- Сигарев В. А., Агафонова Т. К. Некоторые особенности динамики численности рыжей и обыкновенной полевок в Саратовской области // Физиологическая и популяционная экология животных. Саратов. 1976. Вып. 3 (5). С. 134–138.
- Смирин Ю. М. Динамика численности мышевидных грызунов в различных типах леса Подмосковья // Зоол. Журн. 1964. Т. 43. Вып. 10. С. 134–150.
- Смирин Ю. М. К биологии мелких лесных грызунов в зимний период // Фауна и экология грызунов. 1970. Вып. 9. С. 134–150.
- Смирин Ю. М. Пространственная структура и динамика популяций мелких лесных грызунов в Подмосковье // автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1971. 24 с.
- Смирнова В. П. Динамика численности мышевидных грызунов в Калининградской области (1953–1963) // Тр. Ленингр. ин-та эпидемиол. и микробиол. 1967. Т. 31. С. 116–124.
- Снигиревская Е. М. Экология и хозяйственное значение мышевидных грызунов в широколиственных лесах Жигулевской возвышенности: автореф. дис. канд. биол. наук. Л.: ЗИН АН СССР, 1954. 26 с.
- Стадухин О. В. Материалы по численности грызунов и бурозубок тайги Северного Урала // Оптимальная плотность и оптимальная структура популяций животных. Информ. материалы. Свердловск ИЭРиЖ РАН, 1970. Вып. 2. С. 46–49.
- Теплов В. П. Динамика численности и годовые изменения в экологии промысловых животных Печорской тайги // Тр. Печоро-Илыч. заповедника. 1960. Вып. 8. С. 5–221.
- Терехович В. Ф. Экология европейской рыжей полевки и желтогорлой мыши в Белоруссии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1966. 24 с.
- Турьева В. В. Очерк фауны мышевидных грызунов Коми АССР // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 1961.
- Турянин И. И. Материалы по изменению численности грызунов в Закарпатской обл. // Науч. зап. Ужгород. ун-та. 1958. Т. 31. С. 3–26.
- Тупикова Н. В., Коновалова Э. А. Размножение и смертность рыжих полевок в южно-таежных лесах Вятско-Камского междуречья // Фауна и экология грызунов. 1971. Вып. 10. С. 145–171.
- Формозов А. Н. Мелкие грызуны и насекомоядные Шарьинского района Костромской области в период 1930–1940 гг. // Фауна и экология грызунов. М., 1948. Вып. 3. С. 3–110.
- Ходашева К. С. О географических особенностях структуры населения наземных позвоночных животных // Зональные особенности населения наземных животных. М.: Наука, 1966. С. 7–37.
- Чернявская С. И. Млекопитающие заповедника «Денежкин камень» // Тр. заповедн. «Денежкин камень». 1959. Вып. 1. С. 87–113.
- Чистова Т. Ю. Пространственная организация населения рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) лесостепной дубравы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1998. 22 с.
- Шилов И. А. Опыт физиологической оценки некоторых форм внутривидовых отношений у мелких грызунов // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1972. Вып. 3. С. 21–31.
- Шилова С. А. Эпизоотологическое значение мышевидных грызунов в очагах клещевого энцефалита в Пермской области // Учен. зап. Перм. пед. ин-та. 1971. Т. 84. С. 37–57.
- Шилова С. А., Троицкий Б. Б., Мальков Г. Б., Белькович В. М. Значение подвижности лесных мышевидных грызунов в распределении клещей *Ixodes persulcatus* F. Sch. в очагах весенне-летнего энцефалита // Зоол. Журн. 1958. Т. 37. Вып. 6. С. 931–938.
- Штильмарк Ф. Р. Основные черты экологии мышевидных грызунов в кедровых лесах Западного Саяна // Фауна кедровых лесов Сибири и ее использование. М., 1965. С. 5–52.
- Щепотьев Н. В. Распространение мышевидных грызунов в лесных полосах Нижнего Поволжья // Экология млекопитающих и птиц. М.: Наука, 1967. С. 238–242.
- Щепотьев Н. В. Очерк распространения и стационального размещения некоторых видов мышевидных грызунов в Нижнем Поволжье // Фауна и экология грызунов. М., 1975. Вып. 12. С. 62–97.
- Юрлов К. Т., Юдин Б. С., Потапкина А. Ф., Телегин В. И. и др. К характеристике фауны мелких млекопитающих северной лесостепи Барабинской низменности // Животный мир Барабы. Новосибирск, 1965. С. 184–207.
- Artimo A. Variations in small mammal populations in dry and damp heath forests of southern Home (S. Finland) // Aquilo. Zool. 1965. T. 2. P. 1–16.
- Ashby K. R. Studies on the ecology of field mice (*Apodemus sylvaticus* L.) and voles (*Clethrionomys glareolus* and *Microtus agrestis*) in Houghall Wood, Durham. // J. Zool. Lond. 1967. V. 152. N 4. P. 389–513.
- Aulak W. Estimation of small mammal density in three forest biotopes // Ecol. Pol. Ser. A. 1967. V. 15 (39). P. 759–778.

- Bergstedt B. Distribution, reproduction, growth and dynamics of the rodent species *Clethrionomys glareolus* (Schreber), *Apodemus flavicollis* (Melchior) and *Apodemus sylvaticus* (Linne') in southern Sweden // *Oikos*. 1965. V. 16. N 1/2. P. 132–160.
- Bernshtein A. D., Zhigalski O. A., Panina T. V. Multi-annual fluctuation in the size of a population of the bank vole in European part of the Soviet Union // *Acta theriol.* 1989. V. 34. P. 409–438.
- Bobek B. Survival, turnover and production of small rodents in beech forest // *Acta theriol.* V. 14. 1969. N 11–19.
- Bobek B. Influence of population density upon rodent production in a deciduous forest // *Ann. Zool. Fennici.* 1971. V. 8. P. 137–144.
- Chistova T. Spatial organization of a bank vole population in a forest-steppe oak forest // *Pol. Ecol. Stud.* 20. P. 147–154.
- Fullagar P. J., Lewell P. A., Lockley R. M., Rowlands J. W. The somer vole (*Clethrionomys glareolus skomerensis*) and long-tailed mouse (*Apodemus sylvaticus*) on Skomer island, Pembrokeshire in 1960 // *Proc. Zool. Soc. London.* 1963. V. 140. N 2. P. 295–314.
- Gebczynska Z. Estimation of rodent numbers in a plot of *Querceto-carpinetum* forest // *Acta theriol.* 1966. V. 11. N 11. P. 315–328.
- Gliwicz J. Age structure and dynamics of numbers in an island population of bank vole // *Acta theriol.* 1975. V. 20. fasc. 1–14. P. 57–59.
- Grodzinski W., Pucek Z., Ryszkowski L. Estimation of rodent numbers by means of prebaiting and intensive removal // *Acta theriol.* 1966. V. 11. N 10. P. 297–314.
- Hansson L. Spring populations of small mammals in central Swedish Lapland in 1964–1968 // *Oikos*. 1969. V. 20. N 2. P. 431–450.
- Ivanter E. V., Osipova O. V. Population dynamics of the bank vole in the eastern part of its distribution range // *Pol. J. Ecol.* 2000. V. 48. P. 179–195.
- Jensen T. S. Trappability of various functional groups of the forest rodents *Clethrionomys glareolus* and *Apodemus flavicollis* and its application in density estimations // *Oikos*. 1975. V. 26. N 2. P. 136–204.
- Klomp H. The influence of climate and weather on the mean density level, the fluctuations and the regulation of animal populations // *Arch. neerl. zool.* 1962. V. 15. N 1. P. 343–349.
- Louarn H. Demographie des rongeurs forestiers // *Ecol. Forest. Paris*, 1974. P. 343–351. Markov G., Bujalska G., Christov L. A population of *Clethrionomys glareolus pirinus* on the Vitosha Mountain, Bulgaria. II. Natality // *Acta theriol.* 1972 a. V. 17. N 21–31. P. 337–342.
- Markov G., Christov L., Gliwicz J. A population of *Clethrionomys glareolus pirinus* on the Vitosha Mountain, Bulgaria. I. Variation in numbers and age structure // *Acta theriol.* 1972 b. V. 17. N 21–31. P. 327–335.
- Migula P., Gano B., Stepin Z., Bugdal U. Ocena zageszczenia i przyeplywu energii przez populacje drobnych ssakow w byczynach wawazu Zaskalskie (Male Pieniny) // *Prz. Zool.* 1975. V. 19. N 4. P. 467–474.
- Myrberget S. Vekslinger i bestandsstorrelsen hos norske smagnagere i arene 1946–1960 // *Medd. Stat. viltundersor.* 1965. Ser. 2. N 19. S. 1–54.
- Pelican J., Zejda J., Holisova V. Standing crop estimates of small mammals in Moravian forests // *Zool. Listy.* 1974. V. 23. N 3. P. 197–216.
- Platt A. P. Differential trap mortality as a measure of stress during times of population increase and decrease // *J. Mammal.* 1968. V. 49. N 2. P. 331–335.
- Petrusewicz K. (ed.) Ecology of the Bank Vole. *Acta theriol.* 1983. V. 28. N 1. 242 p.
- Pucek Z. Trap response and removal catches // *Acta theriol.* 1969. V. 14. N 28. P. 403–426.
- Schmidt A. Populationsdynamik und Okologie der terrestrischen Kleinsauger der Naturschutzgebiets Schwarzgerge // *Naturschutzdienst Berlin und Brandenburg.* 1975. Bd. 11. N 2–3. S. 78–93.
- Skar H. J., Hagen P., Ostbye E. The bank vole (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) in South Norwegian Mountain areas // *Norw. J. Zool.* 1971. V. 19. N 2. P. 261–266.
- Skaren U. Fluctuations in small mammals populations in mossy forests of Kuhmo, eastern Finland during eleven years // *Ann. Zool. Fenn.* 1972. V. 9. N 3. P. 147–152.
- Tanton M. T. Acorn destruction potential of small mammals and birds in British woodlands // *Quart. J. Forest.* 1965. V. 59. N 3. P. 230–234.
- Tanton M. T. The estimation and biology of population of the bank vole (*Clethrionomys glareolus* Schreber) and wood mouse (*Apodemus sylvaticus* L.) // *J. Anim. Ecol.* 1969. V. 38. P. 511–529.
- Viro P. Age structure in population of the bank vole, *Clethrionomys glareolus* (Schreb, 1780) in Northern Finland // *Aquilo. zool.* 1974a. T. 15. P. 18–24.
- Viro P. Age determination in the bank vole, *Clethrionomys glareolus* Schreb. 1780, from the roots of the teeth // *Aquilo, ser. zool.* 1974b. T. 15. P. 18–24.
- Zejda J. Development of several populations of the Bank vole *Clethrionomys glareolus* Schreb. in a peak year // *Zool. Listy.* 1964. R. 13. C. 1. S. 15–30.
- Zejda J. Ecology and Control of *Clethrionomys glareolus* Schreber in Czechoslovakia // *Public Eppo.* 1970. Ser. A. N. 58. P. 101–105.
- Zejda J. Small mammals in certain forest type groups in southern Moravia // *Zool. Listy.* 1973. V. 20. N 3. P. 1–13.
- Zhigalski O. A. Factorial analysis of population dynamics in rodents // *Pol. Ecol. Stud.* V. 18. P. 3–158.

УДК 574.4/5

ВАЛЕНТИНА ВАСИЛЬЕВНА БОГДАН

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
института биологии КарНЦ РАН
krupnova@krc.karelia.ru

ГАЛИНА АНДРЕЕВНА ШКЛЯРЕВИЧ

доктор биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии
эколого-биологического факультета ПетрГУ
gash@psu.karelia.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕЛОГО МОРЯ ПО ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИМ И БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ У АМФИПОД

Исследованы альтерации липидного и жирнокислотного составов; изменение амплитуды размеров тела, возрастного состава и продолжительности жизни литоральных частей популяций трех массовых видов амфипод в ответ на токсическое воздействие комплексного бытового и промышленного загрязнения акватории Кандалакшского залива Белого моря относительно фоновых значений.

Ключевые слова: амфиподы, эколого-биологические показатели, липиды

Проблема изучения и охраны природных ресурсов Белого моря, которое по своему географическому положению и климатическим условиям принадлежит к арктическим морям, возникла в связи с усиливающимся антропогенным воздействием при слабой интенсивности деструкции загрязняющих веществ и низкой устойчивости северных видов (Харламова, Новиков, 1997), что приводит к изменению стабильности его экосистемы.

Хозяйственно-бытовые и промышленные стоки, стоки от нефтебазы и пос. Белое Море (после прохождения биологической и физико-химической очистки) поступают в буферный пруд, а оттуда стекают в Кандалакшский залив в количестве 304–347 тыс. м³/год (Корякин, Юрченко, 2007). Сбросы относятся к категории недостаточно очищенных сточных вод, в которых концентрация загрязняющих веществ превышает ПДК по отдельным ингредиентам.

Большая опасность техногенного загрязнения для морских гидробионтов заключается в скрытности процессов воздействия загрязнения на биоту, его аккумуляции в ней с течением вре-

мени, а также в позднем обнаружении конечных результатов этих процессов.

Установлено, что для оценки загрязнения морских экосистем Севера наиболее информативными и удобными объектами являются макробеспозвоночные (Погребов, 2001). Многолетние межгодовые исследования сообществ литорального макрозообентоса в Кандалакшском заливе Белого моря показывают наличие резких флюктуирующих тенденций различных направлений основных количественных показателей (Шкляревич, 1980).

Беломорские амфиподы обладают такими биологическими особенностями, как короткий жизненный цикл, довольно высокая плодовитость, быстрая смена поколений, что при хорошо изученной биологии видов позволяет использовать их для биотестирования Северных морских водоемов. На водоем обычно действует целый комплекс факторов, поэтому натурные исследования эффектов воздействия токсикантов являются более объективными, чем модельные.

Для оценки эффектов загрязнения водных экосистем используются различные методы биологического анализа состояния водных организмов. В последнее время все большее внимание уделяется биохимическим исследованиям, которые позволяют глубже понять механизмы адаптивного ответа организмов на действие различных факторов и наблюдать изменения в обмене веществ в организме, наступающие, как правило, до появления генетических, физиологических, морфологических и других отклонений от нормы.

Липиды в жизнедеятельности организмов играют исключительно важную роль, участвуя в процессах роста, развития, созревания, а также в реализации адаптивных реакций при экологических модуляциях. Кроме того, многие патологические процессы неразрывно связаны с выраженным нарушением обмена липидов в организме. Липидам присущи три основные функции: это важнейшие структурные компоненты клеточных и субклеточных мембран, форма запасаения метаболического топлива, а также важнейшие биоэффекторы, регулирующие внутриклеточные и межклеточные биохимические взаимодействия, и различные физиологические процессы, происходящие в организме. Уже в ранних исследованиях показана важная структурная и функциональная роль липидов в морских организмах и перспективность изучения их липидного состава (Sargent, 1978). Поэтому их качественные или количественные изменения относительно фоновых значений могут служить объективной характеристикой состояния организма, отражая степень воздействия фактора.

Учитывая вышесказанное, авторы изучали альтерации липидного и жирнокислотного составов; изменение амплитуды размеров тела, возрастного состава и продолжительности жизни литоральных частей популяций амфипод в ответ на токсическое воздействие комплексного бытового и промышленного загрязнения акватории Кандалакшского залива Белого моря относительно фоновых значений.

Выполненная работа затрагивает проблематику экологической биохимии и включает в себя анализ и обобщение фактического материала натуральных исследований воздействия целого комплекса токсикантов, содержащихся в природной беломорской среде, на живые организмы на клеточном, организменном и популяционном уровнях.

Исследования проведены на заповедной, беломорской, части акватории Кандалакшского государственного природного заповедника и в кутовой неохраляемой части Кандалакшского залива. Суть и цель исследования заповедной части экосистемы и проведения в ней непрерывного долгосрочного биологического мониторинга (Летописи природы) заключаются в сохранении ее как эталона природного комплекса для

всего Белого моря. Отслеживание изменений, происходящих на охраняемых акваториях по сравнению с изменениями в неохраляемых частях Белого моря, дает возможность сделать обоснованные выводы о степени антропогенного влияния и современном состоянии беломорских экосистем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материал был собран в 2004 г. на литорали в акватории беломорского отдела Кандалакшского государственного заповедника.

Для исследования липидного состава амфипод при разной степени нефтяного загрязнения гаммарусы были пойманы на литорали Турьего мыса (слабое); о. Ряшкова (среднее) и на нескольких не заповедных островах в кутовой части Кандалакшского залива (сильное).

Все измерения и определения проводились на материале, фиксированном в 4% растворе формалина. В лаборатории проводилась идентификация всех собранных животных с помощью бинокуляра МБИ-2 с использованием монографии Н. Л. Цветковой (1975).

Поскольку самым массовым видом на литорали Кандалакшского залива в 2004 году был *Lagunogammarus oceanicus* (рис. 2), с целью исследования влияния загрязнения на размерно-возрастной состав и биохимический анализ были отобраны особи только этого вида. Для определения липидного состава в чистых зонах кроме *L. oceanicus* были собраны также особи *Gammarus duebeni* и *Marinogammarus obtusatus*.

Каждый гаммарус после обсушивания на фильтровальной бумаге взвешивался на торсионных весах с точностью до 1 мг. Длина каждой особи определялась от переднего края головы (рострума) до основания тельсона с по-



Рис. 1. Картограмма Кандалакшского залива с границами охраняемых территорий и акваторий Кандалакшского государственного природного заповедника и указанием мест сбора материала для работы.

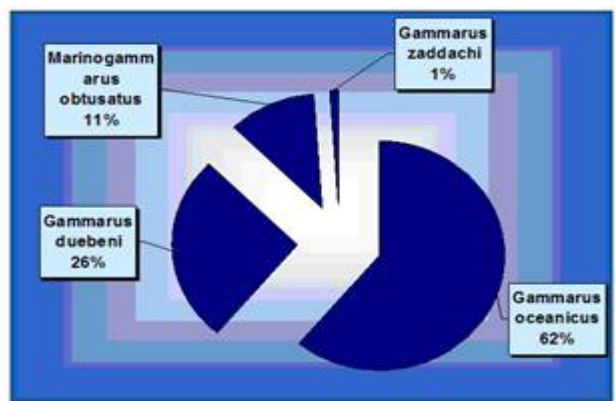


Рис. 2. Соотношение различных видов амфипод на всех исследованных в 2004 году мониторинговых полигонах

мощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм. Экземпляры с длиной тела менее 20 мм измерялись под биноклем с помощью окуляр-микрометра.

Возраст амфипод в природе исследуют с помощью косвенных методов, основанных на сопоставлении различных размерных групп особей изучаемой части популяции. Такой способ определения возраста этих беспозвоночных существует потому, что для большинства из них структуры, регистрирующие возраст, в настоящее время неизвестны (Луппова, 2003). Возраст литоральных амфипод с длиной тела до 10 мм определяется до 2–3 месяцев; от 5 до 19 мм – сеголетки; от 20 до 30 мм – годовики; более 30 мм – двухгодовики (Луппова, 2003).

Для определения липидного состава пробы амфипод (20–30 экз.) фиксировали 96%-м этанолом. Липиды экстрагировали смесью хлороформа с метанолом (2:1) (Кейтс, 1975). Фракционирование липидов проводили методом тонкослойной хроматографии на пластинках Силуфол в системе растворителей: петролейный эфир – серный эфир – уксусная кислота (90 : 10 : 1). Количественно липидные фракции определяли гидроксаматным методом (Сидоров и др., 1972). Разделение основных классов фосфолипидов осуществляли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (Arduini et al., 1996). Метилловые эфиры жирных кислот липидов получали прямым метилированием (Цыганов, 1971) и анализировали методом газожидкостной хроматографии на приборе Хроматэк Кристалл-5000.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Особенности биологии разных видов амфипод и их липидного статуса

Гаммариды (Amphipoda, Gammaridea) – одна из наиболее массовых групп литоральных беспозвоночных животных Белого моря, дости-

гающие в нем значительной биомассы – свыше 1 кг/м² (Кузнецов, 1964) и играющие большую роль в формировании прибрежных экосистем.

Для сравнения экологических условий обитания и биологических характеристик различных видов амфипод были использованы материалы публикаций Т. А. Бек (1972а, 1972б, 1977), Р. Я. Маргулис, (1962), О. Г. Кусакина (1963), Н. Л. Цветковой (1968, 1975, 1985), М. И. Соколовой (1963), Е. Н. Лупповой (2003).

Lagunogammarus oceanicus Segestråle, 1947. Бореальный широко распространенный атлантический вид. *L. oceanicus* – наиболее массовый из всех видов гаммарусов в пределах литорали и верхней сублиторали. Как правило, он занимает первое место в таксоценозе амфипод по биомассе и плотности. Обитает на разнообразных типах грунтов: от скалистых и каменистых до песчаных и илистых. Для *L. oceanicus* нехарактерны приливно-отливные миграции, этот вид бокоплавов придерживается в прилив тех же горизонтов, что и в отлив. В отлив этот вид предпочитает прятаться под камнями во влажном грунте и водорослями, избегая глубоких литоральных луж, но образуя большие скопления в мелких лужах, заполненных детритом. Может образовывать массовые скопления особей одного размера.

L. oceanicus – морской эвригалинный вид, выдерживающий значительные колебания солености (от 1 до 34‰). В лабораторных условиях выживаемость в пресной воде составляет около двух суток, в природе в пресной воде может оказаться лишь случайно в период таяния льдов. Эвритермный вид, выдерживает колебания температуры от -1,8°C до +21°C. По отношению к кислороду – эвриоксибионтен, рН мест обитания 6,8.

Период размножения *L. oceanicus* в Белом море – с марта по сентябрь. Самка откладывает до 177 яиц размером 0,55–0,85 мм. Продолжительность инкубационного периода составляет 20–21 день.

Продолжительность жизни *L. oceanicus* варьирует в разных местах обитания до 2–3 лет. Максимальные размеры тела особей в центральной части Белого моря для самок составляют 22 мм, для самцов – 35 мм.

Gammarus duebeni Lilljeborg, 1861. Широко распространенный бореально-арктический вид. Обитает на литорали и в сублиторали защищенных бухт до глубины 0,5–1 м с грунтами различных типов – каменистые, песчаные и илистые, часто с большим количеством гниющей растительности и запахом сероводорода. На открытых прибрежных участках встречается крайне редко. Этот вид можно встретить в русле рек и ручьев, в литоральных ваннах и лужах, где гаммарусы образуют большие скопления, а также в лагунах, где они, как правило, образуют чистые поселения.

Для *G. duebeni* характерны вертикальные сезонные миграции. Летом и осенью особи

населяют супралитораль и верхний и средний горизонты литорали, зимой встречаются в нижнем этаже среднего горизонта и в нижнем горизонте литорали и верхней сублиторали. Весной вновь заселяют средний и верхний горизонты литорали.

Следует отметить, что из всех видов бокоплавов *G. duebeni* обладает самым большим экологическим и физиологическим потенциалом толерантности, выдерживая широкий диапазон колебаний температуры, солености и кислородного режима.

G. duebeni – солоноватоводный вид, терпимо относится к резким колебаниям соленостного режима. Предпочитает соленость от 3 до 12‰. Может выдерживать диапазон солености от полного опреснения до 28–30‰. В лабораторных условиях выживаемость в пресной воде составляет около недели.

Это эвритермный вид, выдерживающий колебания температуры от -3°C до $+32^{\circ}\text{C}$. Имеются данные о вмерзании бокоплавов в лед, при этом жизнеспособность особи сохраняется в течение суток. Из всех видов гаммарид *G. duebeni* более вынослив к пониженному содержанию кислорода и низким значениям рН. Эта особенность дает ему возможность легко приспосабливаться к самым разнообразным условиям среды, осваивая биотопы, мало пригодные для других видов бокоплавов.

Продолжительность жизни *G. duebeni* для Белого моря – 12 месяцев; максимальная длина тела – 21 мм. Первый приплод для этого вида в Белом море отмечается в начале мая. Минимальные размеры самок с икрой составляют около 10–11 мм, наибольшее количество яиц для этого вида – 65, диаметр яиц 0,6–0,85 мм. Продолжительность инкубационного периода составляет 21–27 дней.

Marinogammarus obtusatus Dahl, 1938. Борейный, широко распространенный атлантический вид. Обитает, главным образом, в среднем и нижнем горизонтах литорали и в сублиторали до глубины 9 метров на скалистых, каменистых или песчаных грунтах, а также в литоральных ваннах. *M. obtusatus* характерен для биоценозов мидий на скалистой литорали, также встречается на скалистых участках, характеризующихся значительной прибойностью.

В Белом море *M. obtusatus* никогда не образует чистых популяций. Он обитает совместно с *G. setosus*, *G. duebeni*, *L. oceanicus*. Для *M. obtusatus* нехарактерны сезонные вертикальные миграции, осенью, зимой и весной этот вид амфипод остается в пределах верхнего и среднего горизонта литорали.

Это стеногалинный вид, обитает в местах с соленостью от 22 до 32–34‰. Значение температуры, при которой обитает данный вид, колеблется от 0 до 22°C .

Максимальная длина тела самцов *M. obtusatus* в Белом море достигает 18 мм, длина

тела самок до 16 мм. Размножение в Белом море происходит с мая по август. Минимальные размеры самок с яйцами – 8,8 мм. Самки этого вида бокоплавов откладывают до 24 яиц диаметром 0,6–0,88 мм, однако максимальное число эмбрионов, обнаруженных для этого вида, составляет 6 шт. Таким образом, для *M. obtusatus* характерен низкий биологический потенциал вследствие малого числа генераций и низкой плодовитости вида.

Указанные массовые виды амфипод с хорошо изученной биологией представляют интерес как удобные и информативные тест-объекты при биомониторинге прибрежных экосистем. Начальный этап биохимических исследований включает определение нормы отдельных показателей метаболизма у разных видов. Следует отметить, что литературные данные по биохимическому составу амфипод фрагментарны. При этом сведения о содержании суммарных липидов у бокоплавов Северных морей малочисленны, а по фракционному составу практически отсутствуют.

Проведено сравнительное изучение липидного состава у массовых видов литоральных амфипод в Кандалакшском заливе Белого моря: *Lagunogammarus oceanicus*, *Gammarus duebeni*, *Marinogammarus obtusatus* (табл. 1).

Результаты показали, что суммарные липиды составляли у летних амфипод в среднем 6,6, 8,4 и 10,3% от сухой массы соответственно. При этом количественно превалировала фракция мембранных фосфолипидов (ФЛ), наибольшая у *M. obtusatus*, где она достигала 70% от суммы липидных фракций. Уровень доминирующего фосфолипида – фосфатидилхолина и его лизоформы был одинаковым у *L. oceanicus* и *M. obtusatus*, но оказался выше у *G. duebeni*. Близкие концентрации фосфатидилэтаноламина отмечены у всех исследованных видов амфипод. Содержание запасных липидов – триацилглицеринов составило у *L. oceanicus*, *M. obtusatus* и *G. duebeni* 20, 11 и 13% от суммы липидов соответственно. Концентрация стерина у *G. duebeni* была наибольшей за счет эфиров холестерина.

В общих липидах амфипод идентифицировано 24 жирных кислоты с длиной алифатической цепи от 14 до 22 углеродных атомов. Отмечена видовая специфичность жирнокислотных составов. Однако более информативными являются данные по жирным кислотам в мембранных липидах, сгруппированным по степени насыщенности (см. табл. 1). Как видно, наибольшая концентрация насыщенных кислот и наименьшая полиненасыщенных кислот характерна для фосфолипидов *G. duebeni*. Более высокое содержание моноеновых и полиеновых кислот отмечено у *M. obtusatus*. При этом по сравнению с другими видами у *M. obtusatus* наблюдался самый высокий уровень длинноцепочечных ненасыщенных кислот: арахиононовой (АК), докозагексаеновой (ДГК) и особенно эйкозапентаено-

Таблица 1

Липидный и жирнокислотный состав разных видов амфипод
(липиды – % к сухой массе, жирные кислоты – % от суммы)

Показатели	Lagunogammarus oceanicus	Marinogammarus obtusatus	Gammarus Duebeni
Общие липиды	6,6±0,3	8,4±0,4	10,3±0,6
Фосфолипиды	3,8±0,1	5,7±0,2	4,9±0,3
Жирные кислоты ФЛ			
Насыщенные	31,0±1,4	17,3±0,6	32,8±1,9
Моноеновые	17,1±1,1	21,4±1,2	18,7±1,4
Полиеновые	51,9±1,7	62,3±2,5	48,5±3,1

вой (ЭПК), которые в значительной мере определяют степень лабильности и функциональной активности мембран. Доля этих кислот в мембранных липидах *G. duebeni* была наименьшей.

Отмеченные различия в липидном и жирнокислотном составе у исследованных амфипод обусловлены видовой специфичностью, а также экологическими особенностями обитания (соленость, температура, характер питания и др.).

2. Физиолого-биохимические особенности липидного состава амфипод в разные сезоны года

Сезонные изменения липидного состава изучали у *Lagunogammarus oceanicus*, отобранных с литорали Белого моря летом (июль) и осенью (сентябрь). При сравнении результатов найдены различия в содержании суммарных липидов, отдельных липидных фракций и соотношениях связанных жирных кислот (табл. 2). У амфипод количество общих липидов в июле было в 1,5 раза больше, чем в сентябре (в расчете от сухой массы). Концентрация фосфолипидов и холестерина – компонентов мембран была выше в летний период. Это характерно и для других беспозвоночных в период роста и развития. У *L. oceanicus* наиболее интенсивный соматический рост происходит в июле, в сентябре наблюдается снижение темпов роста. Максимальный прирост находится в прямой зависимости от температуры воды. Показано, что при повышении температуры рачки обгоняли по длине и массе особей, выращиваемых при более низких температурах (Луппова, 2003). Температура считается также важнейшим фактором, влияющим на липидный обмен гидробионтов. При более низких температурах на Шпицбергене (максимальная летняя температура 2–4°) уровень общих липидов у амфипод был значительно ниже (4,3%), чем в Белом море (Wolowicz, Szaniawska, 1986). Самая высокая температура наблюдается в Белом море в июле (средняя 15°C). В этот период усиливался синтез фосфолипидов и холестерина по сравнению с осенью, когда температура воды не превышала 10°. Увеличение этих мембранных компонентов

клеточных и субклеточных структур обеспечивало прирост линейных размеров амфипод. По составу индивидуальных фосфолипидов также наблюдались различия у летних и осенних амфипод. Осенью отмечалось повышение содержания фосфатидилхолина при снижении уровня фосфатидилэтаноламина. На фоне увеличения уровня ЛФХ можно говорить о повышенном синтезе фосфолипидов у осенних амфипод, на что указывают литературные данные, полученные для других видов водных беспозвоночных. Предполагается, что ФХ может накапливаться в организме некоторых ракообразных в качестве резервного вещества (Hagen, Kattner, 1998).

Исследование запасных липидов у *L. oceanicus* в разные сезоны показало их повышенный уровень в осенний период (при расчете от суммы липидных фракций). В сентябре у кукумарии также оказалось больше триацилглицеринов, чем в июне, – 22,8 и 14,5% соответственно (Лебская, 2000). Такой характер изменчивости запасных липидов у амфипод летом и осенью может быть обусловлен высокой разнородностью популяции по размерно-весовому, возрастному и половому составу (Луппова, 2003). Так, в июле во время интенсивного размножения наблюдается преобладание самок, которые меньше самцов по массе. В сентябре в пробах преобладают более крупные самцы.

В то же время летом в популяции много молодки и неполовозрелых мелких особей. Как известно, крупные особи и старшие возрастные группы гидробионтов содержат больше запасных липидов.

Показано, что в июле амфиподы содержали значительно больше холестерина, чем в сентябре, но меньше его эстерифицированной формы. Изменения уровня стероидов характеризуют сезонные особенности генеративного роста. В Белом море размножение наиболее интенсивное в весенне-летний период. Усиленный гидролиз эфиров холестерина обеспечивал повышенный уровень холестерина, необходимого летом в период созревания гонад.

Жирнокислотные спектры общих липидов осенних амфипод отличались от летних повышен-

Таблица 2

Липидный состав *L. oceanicus* в разные сезоны

Показатели	Лето	Осень
Липидные фракции, % к сухой массе:		
Фосфолипиды	7,6	6,0
Триацилглицерины	1,5	1,7
Стерины	2,4	1,1
Индивидуальные ФЛ, % от суммы:		
Фосфатидилхолин	42,5	53,4
Лизофосфатидилхолин	21,3	29,4
Фосфатидилэтаноламин	17,6	10,7
Сфингомиелин	1,3	1,0
Жирные кислоты, % от суммы:		
Насыщенные	18,1	24,2
Моноеновые	43,2	28,5
Полиеновые	38,7	47,5

ной концентрацией насыщенных кислот за счет пальмитиновой и стеариновой и низким уровнем моноеновых кислот. Суммарный уровень полиеновых кислот в сентябре оказался выше, чем в июле. У кукумарии в ноябре также обнаружено больше полиненасыщенных жирных кислот в мускуле (на 10%), чем в июне (Лебская, 2000). Многочисленными литературными данными показано, что включение в мембраны высоконенасыщенных жирных кислот представляет один из основных способов реагирования на изменения температуры окружающей среды. Наблюдаемое нами у осенних амфипод повышение уровня полиеновых кислот может являться приспособительной реакцией организма, обеспечивающей сохранение функциональной активности клеток при более низкой температуре воды. Ненасыщенные жирные кислоты липидов обеспечивают как тканевую, так и иммунологическую реактивность организмов. При этом для высших ракообразных показана повышенная естественная устойчивость в осенний период по сравнению с летом (Ивановский и др., 1997). Можно полагать, что осенью у амфипод уровень естественной резистентности повышается за счет более высокого содержания полиеновых жирных кислот в липидах.

3. Влияние опреснения

Соленость в разных районах Белого моря может колебаться в широких пределах, достигая иногда 5-8‰, критических для жизни гидробионтов (Хлебович, 1981). При этом беспозвоночные, в отличие от рыб, вынуждены в течение длительного времени испытывать негативное влияние сильного опреснения. Изменения на биохимическом уровне обеспечивают возможность морским организмам приспособиться к некомфортным условиям. При этом при повышении солености отмечались изменения как в липидном составе, так и в жирнокислотных

спектрах липидов в тканях гидробионтов (Lerau et al., 1984).

Нами был изучен липидный состав амфипод из районов Белого моря при сильном опреснении (8‰ по сравнению с 25‰) (табл. 3). Показано, что у амфипод в условиях низкой солености происходило существенное повышение количества общих липидов. При этом значительно увеличился уровень фосфолипидов, а также холестерина по сравнению с 25‰. Величина Х/ФЛ составила 0,03 и 0,015 соответственно. Увеличение этого коэффициента приводит к повышению микровязкости и снижению ионной проницаемости клеточной мембраны. Повышение содержания запасных липидов происходило в основном за счет эфиров холестерина.

В соотношениях индивидуальных фосфолипидов при сильном опреснении обнаружено снижение ФХ и его лизоформы при повышении фосфатидилэтаноламина (ФЭА). При этом величина фосфатидилхолина/фосфатидилэтаноламина (ФХ/ФЭА) составила 4,4 и 2,6 при 25 и 5‰, соответственно, а сфингомиелин/фосфатидилхолина (СФМ/ФХ) практически не менялась.

Следует отметить увеличение в 1,5 раза уровня кислых фосфолипидов за счет фосфатидилинозитола (ФИ), а также его предшественника – фосфатидной кислоты (ФК). В структуре липидов также наблюдалось значительное снижение уровня насыщенных кислот (на 10%) и полиеновых (на 6%) при соответствующем повышении доли моноеновых кислот (16:1 и 18:1). Известна важная структурная и функциональная роль полиненасыщенных длинноцепочечных кислот, особенно ДГК, в клеточном и организменном метаболизме эктотермов. Уменьшение степени ненасыщенности липидов амфипод в условиях опреснения было связано в основном с уменьшением концентрации ДГК и АК.

Смена солености вызывает необходимость перестройки в первую очередь водно-солевого обмена для поддержания гомеостаза. Так, при

Таблица 3
Липидный состав амфипод
при разной солености

Показатели	Соленость 25‰	Соленость 5‰
Общие липиды	6,7	13,5
Фосфолипиды	3,3	7,0
Холестерин	0,05	0,2
Запасные липиды	3,3	6,3
Жирные кислоты:		
Полиеновые	38,3	18,8
Моноеновые	33,5	48,7
Насыщенные	28,2	32,2

повышении солености наблюдался рост уровня ПНЖК в фосфолипидах рыб, в основном за счет ДГК (Шульман, Юнева, 1990), что должно приводить к увеличению проницаемости мембран. В пресной воде происходят обессоливание и гипергидратация организма. Этим физико-химическим процессам противостоят физиологические механизмы, требующие затрат энергии, которые обеспечивают транспорт солей из внешней среды, удаление избыточной воды из организма и регуляцию проницаемости покровов. Возможность приспособляться к изменению концентрации растворенных солей может обеспечиваться в первую очередь за счет функционирования мембранных структур клеток и тканей. У амфипод в условиях сильной опреснения происходят модификации в липидной компоненте: уменьшение доли связанных полиеновых кислот, повышение уровня холестерина, снижение концентрации лизофосфолипидов, обуславливали повышение микровязкости, что определило снижение пассивной проницаемости клеточных мембран. Однако ключевую роль в поддержании гомеостаза при изменении солености играет Na, K-АТФ-аза, и действие стрессовых гормонов направлено в первую очередь на регуляцию активности этого мембраносвязанного фермента (Mc Cornick, 1995). Известно, что активность Na, K-АТФ-азы зависит от содержания кислых фосфолипидов (Хочачка, Сомеро, 1977). Отмеченное у амфипод в условиях низкой солености увеличение ФИ и его предшественника – фосфатидной кислоты обусловило повышение активного транспорта ионов. Ведущая роль активного транспорта ионов при поддержании осмотического гомеостаза отмечалась и у низших ракообразных кладоцера (Клерман, 1989).

Поддержание механизмов, обеспечивающих стабильность внутренней среды организма, вызывает необходимость повышения энергетических затрат, но в данном случае не отмечено гидролиза запасных липидов на энергетические нужды. Снижение уровня полиеновых кислот, участвующих в регуляции активности ферментов

энергетического обмена, также приводит к нарушению энергообеспечения организма в условиях критически низкой солености.

Отмеченные нами изменения в липидном составе при 8‰ отражают ухудшение состояния литоральных амфипод. О негативном влиянии низкой солености на беспозвоночных в зонах сброса пресных вод свидетельствуют и литературные данные об уменьшении численности некоторых видов (Корякин, Шкляревич, 2001).

4. Липидный состав амфипод в условиях комплексного загрязнения Белого моря

Изучали изменения липидного и жирнокислотного составов амфипод при воздействии различных типов бытового и промышленного загрязнения кутовой части Кандалакшского залива Белого моря. Объектом исследования служили в основном представители вида *Lagunogammarus oceanicus*, выловленные летом в кутовой части Кандалакшского залива. В качестве контроля использовались особи из сравнительно чистой зоны Белого моря в районе Турьего мыса (см. рис.1).

Результаты анализа липидов амфипод показали определенные различия в составе общих липидов и отдельных липидных фракций. Амфиподы из зоны загрязнения по сравнению с особями из чистой зоны содержали в 1,4 раза больше общих липидов. Опытные амфиподы отличались более высоким уровнем триацилглицеринов. Накопление триацилглицеринов является характерной реакцией организма животных при длительном стрессовом воздействии. При этом содержание другой формы запасных липидов – эфиров холестерина значительно снизилось. Что касается мембранных липидов, то при загрязнении воды у амфипод наблюдали существенное повышение уровня фосфолипидов и холестерина по сравнению с чистой зоной. Подобная адаптивная реакция, связанная с увеличением содержания мембранных липидов, отмечалась и у пресноводных беспозвоночных при загрязнении воды веществами различной природы (Регеранд, 2001). В то же время гидролиз эфиров холестерина создает резерв холестерина, необходимого при стрессе для перестройки мембран и обмена веществ в целом (Сидоров, 1983).

Чтобы оценить степень воздействия ксенобиотиков на структуру мембран, было проведено сравнение состава индивидуальных фосфолипидов. У амфипод из грязной зоны наблюдалось повышенное содержание фосфатидилхолина, фосфатидилсерина, сфингомиелина и кардиолипина относительно контроля. Содержание фосфатидилэтаноламина несколько уменьшилось. Концентрация лизофосфатидилхолина у опытных амфипод оказалась несколько ниже, чем у особей из чистой зоны. Между тем в большинстве аквариальных токсикологических экспериментов у гидробионтов мы отмечали увеличение количества

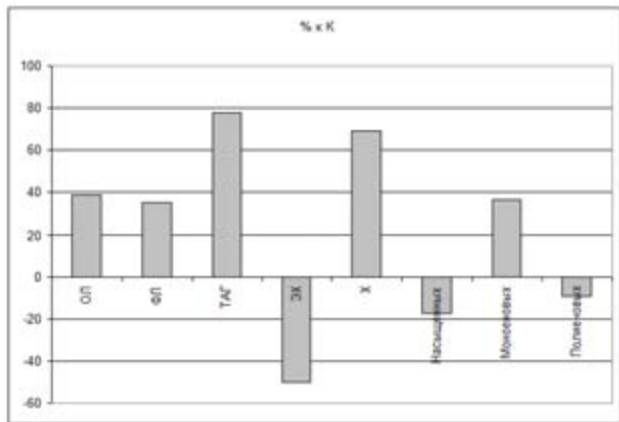


Рис. 3. Изменение липидного и жирнокислотного состава амфипод при загрязнении (в % к контролю)

лизифосфолипидов при снижении уровня фосфатидилхолина (Богдан и др., 2001). Вследствие указанных изменений у опытных особей оказался выше суммарный уровень легкоокисляемых фосфолипидных фракций. У амфипод в условиях загрязнения по сравнению с контрольными оказалась выше величина Х/ФЛ и ФХ/ФЭА (0,29 и 0,23 и 1,66 и 2,41 соответственно), что характеризует снижение степени проницаемости мембран.

Результаты исследования жирнокислотного состава фосфолипидов у амфипод из разных районов Белого моря показали определенные различия по относительному содержанию как доминирующих, так и минорных жирных кислот. При этом амфиподы из загрязненной зоны содержали меньше суммарных насыщенных кислот, чем контрольные (рис. 3). Уровень моноеновых кислот у них был значительно выше. Сумма полиеновых кислот в опыте оказалась ниже, чем в контроле. При этом наибольшие изменения обнаружены в уровне арахидоновой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот. Как известно, ненасыщенные жирные кислоты влияют на физические свойства мембраны, ее проницаемость, транспортные свойства и активность многих мембраносвязанных ферментов (Крепс, 1983). Поэтому уменьшение доли полиеновых ацилов в фосфолипидах бокоплавов из грязной зоны можно рассматривать как снижение адаптивного потенциала организма вследствие длительного токсического воздействия. Следует отметить, что при непродолжительном действии тяжелых металлов на моллюсков различий в концентрациях жирных кислот мембранных структур относительно контроля не обнаружено (Бельчева, Челомин, 1988).

При оценке обнаруженных изменений в липидном составе следует учитывать, что липиды являются специфическими регуляторами различных звеньев клеточного метаболизма (Бурлакова, 1977). Так, активность как мембраносвязанных, так и водорастворимых дегидрогеназ, участвующих в процессах энергообеспечения организма, может модулироваться измене-

нием состава фосфолипидов и их жирнокислотных радикалов. Обнаруженное нами уменьшение доли полиеновых жирных кислот в фосфолипидах амфипод при комплексном действии загрязнителей свидетельствует о снижении активности ферментных систем, определяющих состояние энергетического обмена в клетках, что характерно при длительном стрессовом состоянии организмов.

Таким образом, комплексное загрязнение Белого моря веществами неорганической и органической природы оказывало существенное влияние на липидный обмен у литоральных амфипод. Обнаруженные изменения в структурной организации клеток у особей из загрязненных районов, а именно накопление триацилглицеринов, увеличение уровня фосфолипидов, уменьшение доли высоконасыщенных длинноцепочечных жирных кислот в мембранных липидах, может приводить к снижению функциональной активности различных органов и тканей, участвующих, в частности, в процессах детоксикации ксенобиотиков.

5. Влияние уровня нефтяного загрязнения на липиды амфипод

Нефтяное загрязнение можно отнести к наиболее сильным антропогенным воздействиям, приводящим к трансформации водных экосистем. Предполагается, что даже малые концентрации нефтепродуктов оказывают негативное влияние на организм гидробионтов. Особенности их действия на физиолого-биохимические процессы связаны с длительным сохранением в липидах. При этом из компонентов нефти наибольшее токсическое действие оказывают ароматические углеводороды, обладающие максимальной растворимостью (Миронов и др., 1990).

Нами изучены биохимические показатели у литоральных амфипод при разном уровне нефтяного загрязнения Белого моря. Район о. Олений наиболее подвержен сильному нефтяному загрязнению. Содержание в воде нефтепродуктов составляло в среднем 63 мкг/л, что превосходит ПДК для рыбохозяйственных целей, составляющую 50 мкг/л (Контроль..., 1998). Значительное загрязнение, но ниже ПДК, отмечено в районе Малого острова. Акватория о. Ряшков считается относительно чистой зоной, однако вблизи проходит фарватер, поэтому определенное загрязнение нефтью имеет место.

По мере усиления загрязнения нефтью у амфипод наблюдалось прогрессирующее уменьшение содержания общих липидов за счет снижения как структурных, так и запасных фракций (табл. 4). Уменьшение содержания фосфолипидов отражает деструктивные процессы в мембранах клеток и субклеточных структур. С дефицитом этих компонентов клетки может быть связано снижение линейных размеров амфипод, показанное при действии нефти (Михайлова,

2002). Следует отметить, что обнаруженные изменения касаются не только соматических, но и генеративных тканей.

Фосфолипиды определяют как структурную организацию клеток, так и регуляцию многих обменных процессов в организме. Отдельные фосфолипиды могут выступать в качестве эффекторов и кофакторов различных биохимических процессов и отклонение их уровня от нормы отражает специфические изменения в различных звеньях метаболизма в клетках при нефтяном воздействии. В частности, кислые фосфолипиды (фосфатидилсерин и фосфатидилинозитол) участвуют в регуляции водно-солевого обмена, резкое нарушение которого обнаружено при критических концентрациях нефти (Миронов и др., 1990). Что касается другой фракции мембранных липидов – холестерина, то при усилении степени нефтяного загрязнения наблюдалось монотонное повышение его концентрации. Содержание триацилглицеринов у амфипод при сильном загрязнении оказалось в 2 раза меньше, чем в других вариантах. Уменьшение запасных липидов при сильной стрессовой нагрузке может свидетельствовать о дефиците энергоемких соединений и снижении адаптивного потенциала амфипод в условиях вероятной гипоксии, вызванной действием токсических нефтяных компонентов (Головина, Бочко, 2005).

При анализе жирнокислотных спектров липидов установлены различия в соотношениях отдельных жирных кислот у амфипод в изученных локальных их местообитаниях. При этом отмечено уменьшение доли ненасыщенных длинноцепочечных кислот в липидах по мере усиления нефтяного воздействия. Степенью ненасыщенности, зависящей от уровня полиеновых кислот (ПНЖК), в значительной степени определяются физико-химические характеристики липидного бислоя, в частности, вязкостные свойства. Параметры микровязкости зависят также и от соотношения Х/ФЛ, величина которого повышалась. Как видно, характер изменений обуславливал повышение микровязкости липидов по мере нарастания нефтяного воздействия.

Таблица 4

Липидный состав амфипод при разной степени нефтяного воздействия (липиды – в % к сухой массе, жирные кислоты – в % от суммы)

Показатели	Слабое	Среднее	Сильное
Общие липиды	6,0	5,7	4,8
Фосфолипиды	3,7	2,8	2,5
Холестерин	0,02	0,1	0,2
Триацилглицерины	1,2	1,2	0,6
ПНЖК	46,3	44,9	39,6

Обнаруженные нарушения в липидном и жирнокислотном составе мембран у амфипод при усилении нефтяного загрязнения могут приводить к уменьшению проницаемости, изменению активного транспорта ионов, модуляции активности ферментов энергетического обмена и усилению других негативных эффектов, сопровождающих деструктивные процессы в клетке.

Следовательно, сильное нефтяное загрязнение ухудшает состояние литоральных амфипод. О серьезных нарушениях в функционировании прибрежных экосистем свидетельствуют и исследования (Отчет..., 2003), показавшие, что литоральное сообщество в районе острова Олений находится в угнетенном состоянии и структура его значительно изменена под действием нефтеорганического загрязнения.

Нарушения в липидном обмене у амфипод при воздействии даже невысоких концентраций нефтепродуктов обуславливают необходимость постоянных исследований в различных районах Белого моря, учитывая прогрессирующее загрязнение его акватории при ежегодном сбросывании в воду до 40 тонн нефтепродуктов.

Сравнительный анализ размерного и возрастного состава амфипод также показал значительные отличия в характеристиках особей в загрязненных и чистых районах Белого моря (рис. 4)

Так, следует отметить, что на большей части островов, расположенных в кутовой части Кандалакшского залива, – о. Большой Березовый, о. Еловый, о. Малый, а также на литорали у города Кандалакша в 2004 году резко преобладали мелкие амфиподы в возрасте 0+. На островах Большая Половинница и Овечий годовики вообще отсутствовали. Возможно, это является результатом воздействия значительного комплексного (в том числе и нефтяного) загрязнения морских вод, особенно кутовой части Кандалакшского залива, на берегах которой располагаются город с морским торговым портом и перевалочная нефтебаза Витино. Предположение о снижении темпов соматического роста литоральных амфипод в условиях нефтяного загрязнения в результате возникающего фосфолипидного и белкового дефицита было обосновано в результате изучения биохимического состава литоральных бокоплавов Кандалакшского залива Белого моря (Богдан и др., 2005). С возрастом амфипод ксенобиотики (в том числе и нефтеуглеводороды) накапливаются в их тканях, вызывая отклонения от нормы в протекании различных биохимических процессов. Далее происходят генетические нарушения, а затем следует изменение физиологических реакций организмов, которые вызывают изменение функционального состояния особей и целых размерно-возрастных группировок видовых популяций. В исследованной нами части популяции литоральных *Lagunogammarus oceanicus* происходит преждевременная элиминация, свидетельствующая о том, что степень

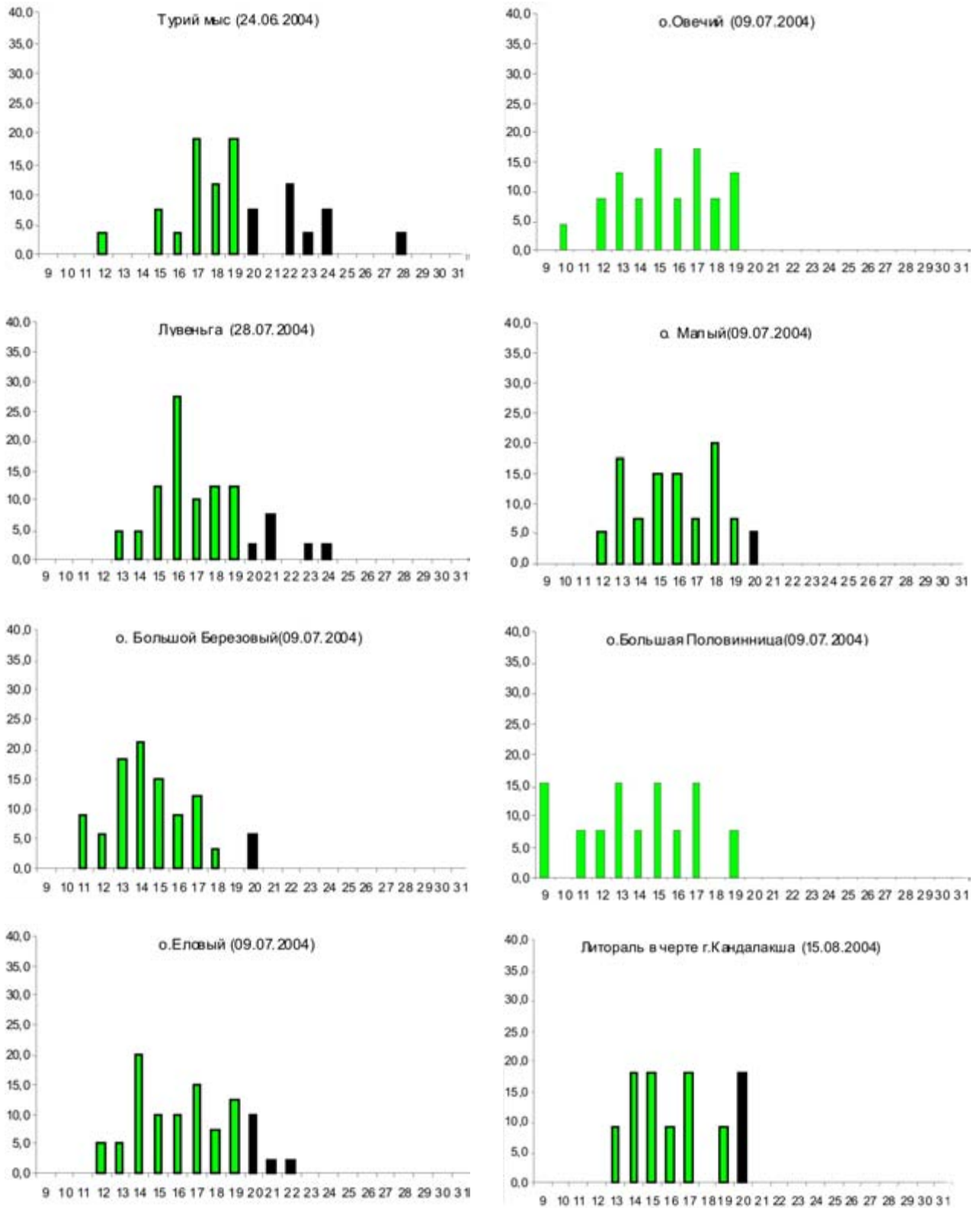


Рис. 4. Частота встречаемости размерно-возрастных групп *Lagunogammarus oceanicus* в различных точках в 2004 году. По оси абсцисс – размерные классы, мм; по оси ординат – частоты встречаемости, %; серым цветом отмечены размерные классы от 9 до 19 мм (0+), черным – размерные классы от 20 мм до 31 мм (1+)

антропогенного воздействия превышает физиологическую норму. Эта часть популяции, обитающей в загрязненной акватории, находится в процессе становления адаптации к сокращенному жизненному циклу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы изучение биологических ресурсов Белого моря особенно актуально в связи с нарушением стабильности функционирования прибрежных экосистем вследствие интенсивной антропогенной нагрузки. Акватория Кандалакшского залива испытывает значительный прессинг от ежегодного ливневого стока более чем 2 тысяч тонн загрязняющих веществ различной природы (нефтяные углеводороды, органические вещества, фенолы и тяжелые металлы). В качестве тест-объектов биомониторинга использованы литоральные амфиподы.

Поскольку проводить мониторинг имеет смысл только в случае знания норм естественной изменчивости эталонной системы, проведено исследование видовой специфичности липидного статуса у массовых видов амфипод и сезонных альтераций липидного и жирнокислотного состава у *Lagunogammarus oceanicus*, составляющих в пробах более 60%.

Весной в кутовой части Кандалакшского залива происходит распреснение в результате массивированных холостых сбросов воды из водохранилища (оз. Имандра) каскада Нивских ГЭС по руслу реки Нива. В результате могут возникать триггерные эффекты (эффект спускового крючка). Фактор нарушенного человеком естественного сезонного колебания объема пресного стока в море может служить как непосредственной причиной, так и пусковым устройством целой

цепи негативных разрушительных событий в экосистеме. Например, в 2000 году такое распреснение имело катастрофический характер для обитателей литорали и верхней сублиторали – самой продуктивной зоны мелководий этой части залива. В этот период в связи с повышением температуры усиливается накопление ксенобиотиков в организме амфипод, также отрицательно воздействуя на биохимический статус беспозвоночных. В результате этих процессов негативный эффект может суммироваться. Летний период характеризуется наивысшей степенью аккумуляции различных загрязняющих веществ тканями гидробионтов. Как показано, в кутовой части Кандалакшского залива это сопровождалось повышением степени негативного воздействия на структуру клеток амфипод на уровне липидов. При этом нефтеуглеводороды приводили к наиболее выраженным деструктивным процессам в клеточных мембранах.

Отмеченные биохимические нарушения у особей в условиях загрязнения могут приводить и к изменениям в структуре популяций амфипод. Биометрический анализ литоральной части популяции *Lagunogammarus oceanicus* кутовой части Кандалакшского залива по сравнению с таковой из более мористой и чистой его части показал, что происходят уменьшение размеров тела и сокращение жизненного цикла амфипод, обитающих в условиях хронического комплексного загрязнения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Выражаем благодарность администрации Кандалакшского государственного природного заповедника за предоставленную возможность сбора материалов для настоящей работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бек Т. А. Количественное распределение массовых видов гаммарусов (*Amphipoda*, *Gammaridae*) на литорали Ругозерской губы Кандалакшского залива // Зоологический журнал. 1972а Т. 51. Вып. 7. С. 975–981.
2. Бек Т. А. Зимние наблюдения над литоральными гаммарусами. // Вестник Московского университета. 1972б. Серия VI, № 4. С. 100–103.
3. Бек Т. А. Биология литоральных гаммарусов *Gammarus (Lagunogammarus) oceanicus*, *Gammarus (Rivulogammarus) duebeni* Lilljeborg и *Marinogammarus obtusatus* Dahl Белого моря: Автореф. канд. дис. М., 1977. 20 с.
4. Бельчева Н. Н., Челомин В. П. Влияние сублетальных доз тяжелых металлов на обмен гидрофобного матрикса мембранных структур клеток жабр морского двустворчатого моллюска. Владивосток, ДСП ВИНТИ 15.12.88. № 8781–1388. М., 1988.
5. Богдан В. В., Крупнова М. Ю., Шкляревич Г. А. Влияние нефти на липидный и белковый обмен у амфипод Белого моря // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера: Мат. IV (XXM11) междунар. конф. Вологда, 2005. С. 59–60.
6. Богдан В. В., Сидоров В. С., Зекина Л. М. Липиды рыб при адаптации к различным экологическим условиям // Экологические проблемы онтогенеза рыб: физиолого-биохимические аспекты. М.: Изд-во МГУ, 2001. С. 188–202.
7. Бурлакова Е. Б. Влияние липидов мембран на ферментативную активность // Липиды. Структура, биосинтез, превращения и функции. М.: Наука. 1977. С. 16–27.
8. Головина И. В., Бочко О. Ю. Влияние полихлорбифенилов на активность ферментов в тканях мидии *Mutilus Galloprovincialis* // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов. Петрозаводск, 2005. С. 43.
9. Ивановский В. С., Болотников И. А., Новосельцев Г. Е. Цитотоксическая активность гемолимфы и гепатопанкреаса длиннопалого рака (*Astacus leptodactylus*) в условиях Северных водоемов // Биоиндикация и оценка повреждения организмов и экосистем. Петрозаводск, 1997. С. 68–70.
10. Кейтс М. Техника липидологии. М.: Мир, 1975. 322 с.

11. Клерман А. К. Влияние минерализации воды и голодания на выживаемость *Eocyclus orientalis* Dad. (Crustacea, Conchostraca) в связи с осмотической регуляцией ракообразных // Биология внутренних вод. Информ. бюл. № 82. 1989. С. 52–54.
12. Корякин А. С., Юрченко С. В. Сбросы загрязняющих веществ Беломорской нефтебазой в Кандалакшский залив в 2004–2006 гг. // Экологические исследования беломорских организмов. Материалы 2-й международной конференции. СПб., 2007. С. 59–60.
13. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. СПб. Эколого-аналитический информационный центр «Союз», 1998. 896 с.
14. Корякин А. С., Шкляревич Г. А. Влияние опреснения на литоральные сообщества в кутовом участке Кандалакшского залива // Проблемы изучения рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: VIII региональная научно-практическая конференция. Архангельск; Беломорск, 2001. С. 81–83.
15. Крепс Е. М. Липиды клеточных мембран. Л.: Наука, 1981. 339 с.
16. Кузнецов В. В. Биология массовых и наиболее обычных видов ракообразных Баренцева и Белого морей. М.; Л.: Наука, 1964. 342 с.
17. Кусакин О. Г. материалы к количественной характеристике растительного и животного мира литорали Баренцевоморских островов Кандалакшского государственного заповедника. // Тр. Беломорской биол. станции МГУ, 1963. Т. 2. С. 183–233.
18. Лебская Т. К., Двинин Ю. Ф., Константинова Л. Л. Химический состав и биохимические свойства гидробионтов прибрежной зоны Баренцева и Белого морей. Мурманск: ПИНРО, 1998. 185 с.
19. Лебская Т. К. Биохимические особенности и аспекты технологии Баренцевоморского огурца *Cucumaria frondosa*. Мурманск: ПИНРО, 2000. 111 с.
20. Луппова Е. Н. Особенности экологии литоральных бокоплавов *Lagunogammarus oceanicus* (Segestråle, 1974) и *Gammarus duebeni duebeni* (Lilljeborg, 1851) в Баренцевом и Белом морях. // Фауна беспозвоночных Карского, Баренцева и Белого морей (информатика, экология, биогеография), Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. С. 240–325.
21. Маргулис Р. Я. Биология размножения видов рода *Gammarus* в Великой Салме // Тр. Беломорской биол. ст. МГУ, 1962. Т. 1, С. 231–247.
22. Миронов О. Г., Писарева Н. А., Щекатурина Т. Л., Лапин Б. П. Исследование состава аренов в черноморских мидах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) // Гидробиол. журн. 1990. Т. 26. № 4. С. 59–62.
23. Мискевич И. В., Чугайнова В. А. Характеристика загрязнения вод Белого моря в период весна-осень 2000 г. // Проблема изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Архангельск: Правда Севера, 2001. С. 48–49.
24. Михайлова Л. В. Регламентация нефти в донных отложениях пресноводных водоемов // Совр. проблемы водной токсикологии. Борок, 2002. С. 117.
25. Отчет о работе в 2003 г. по договору между АО «ПС БАЛТ» и Беломорской станцией Зоологического института РАН. СПб., 2004. 26 с.
26. Погребов В. Б. Биоиндикационные возможности бентоса в отношении антропогенного загрязнения морей Российской Арктики и Севера // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга. Сыктывкар, 2001. С. 150–151.
27. Регеранд Т. И. Изменение липидного обмена некоторых представителей зообентоса р. Кенти под влиянием инфильтрационных вод // Влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината на водоемы системы реки Кенти ИВПС КНЦ РАН. Петрозаводск, 1995. С. 25–33.
28. Сидоров В. С., Лизенко Е. И., Болгова О. М., Нефедова З. А. Липиды рыб. I. Методы анализа // Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск, 1972. С. 152–163.
29. Сидоров В. С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука, 1983. 240 с.
30. Соколова М. И. Условия существования и биоценотические связи массовых видов беспозвоночных эпифауны литорали Кандалакшского залива Белого моря. // Труды Кандалакшского государственного заповедника. Вып. IV; Труды Беломорской биологической станции МГУ, Т. II, под ред. В. А. Свешникова, 1963. С. 69–113.
31. Харламова М. А., Новиков М. А. К вопросу об уточнении понятий чувствительности, устойчивости и стабильности экосистем // Биоиндикация и оценка повреждения организмов и экосистем. Петрозаводск, 1997. С. 163–167.
32. Хлебович В. В. Акклимация животных организмов. Л.: Наука, 1981. 136 с.
33. Хочачка П., Сомеро Д. Биохимическая адаптация. М.: Мир, 1977. 568 с.
34. Цветкова Н. Л. К экологии литоральных гаммарид Белого моря // Шестая сессия Ученого совета по проблеме «Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Карелии»: Тез. докл. Петрозаводск, 1966. С. 150–151.
35. Цветкова Н. Л. Об экологии, распределении и теплоустойчивости литоральных гаммарид (Amphipoda, Gammaridae) Кандалакшского залива // Зоолог. журнал. 1968. Т. 47. Вып. 11. С. 1639–1647.
36. Цветкова Н. Л. Прибрежные гаммариды северных и дальневосточных морей СССР и сопредельных вод. Л.: Наука, 1975. 257 с.
37. Цветкова Н. Л. Фауна, экология, сезонная динамика численности и роль в биоценозах бокоплавов (Amphipoda, Gammaridea) губы Чупа (Белое море) // Биоценозы губы Чупа Белого моря и их сезонная динамика. Исследования фауны морей: Сб. научных трудов. 31 (39). Л.: Наука, 1985. С. 120–160.
38. Цыганов Э. П. Метод прямого метилирования липидов после ТСХ без элюирования с силикагеля // Лабораторное дело. 1871. № 8. С. 490–493.
39. Шкляревич Г. А. Межгодовая динамика массовых видов бентоса на литорали островов Кандалакшского залива Белого моря // Ж. Биология моря. 1980. № 5. С. 26–32.
40. Шультман Г. Е., Юнева Т. В. Роль докозагексаеновой кислоты в адаптациях рыб (Обзор) // Гидробиологический журнал. 1990. Т. 26, № 4. С. 43–51.
41. Arduini A., Peschchera A., Dottori S., Sciarroni A., Serafini F., Calvani M. High performance liquid chromatography of long-chain acylcarnitine and phospholipids in fatty acid turnover studies // J. of Lipid Research, 1996. V. 37. P. 684–689.
42. Engelbrecht F. M., Mori F., Anderson I. T. Cholesterol determination in serum/A rapid direct method // S. A. Med. J. 1974. Vol. 48. P. 250–256.

43. Hagen W, Kattner G. Lipid metabolism of the Atlantic euphausiid *Thysanoessa macrura* and its ecological implications // *Limnol. and Oceanogr.* 1998. Vol. 39. P. 1894–1901.
44. Leray C., Chapelle S., Duportail G., Florentz A. Changes in fluidity and 22:6 (n-3) content in phospholipids of trout in testinal brush-border membrane as related to environmental salinity // *Biochim. et biophys. Acta: Biomembranes*. 1984. Vol. 778 (M124). № 2. P. 233–238.
46. Mc Cornic. Hormonal control of gill Na, K, ATP-ase and chloride cell function // *Approaches to Fish Ionic Regulation*. Academic Press New York, 1995. P. 285–315.
47. Sargent J. R. The structure, metabolism and function of lipids in marine organisms // *Biochemical and Biophysical perspective in marine biology*. Eds. D. C. Malins a J. R. Sargent. A. P. London. 1978. V. 3. P. 149–212.
48. Wolowicz, Szaniawska. Calorific value, lipid content and radioactivity of common species from Hornsund, South-west Spitsbergen. *Polar Reserch* 4 n.s. 1986. P. 79–84.

УДК 578.087.1

АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ КОРОСОВ

доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии
и экологии ПетрГУ
korosov@psu.karelia.ru

ДВУХКОНТУРНАЯ ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ И МОДЕЛЬ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ГАДЮКИ

Рассмотрены три схемы описания отрицательной обратной связи – простая (одноконтурная), дублированная (множественная) и сложная (двухконтурная). Двухконтурная обратная связь обеспечивает быструю и точную настройку контролируемой переменной внутренней среды биосистемы. Исследование механизмов гомеостаза биосистем с помощью этой схемы дает возможность количественно оценить критические уровни наблюдаемых переменных, определяющих поведение биосистемы. Терморегуляторное поведение обыкновенной гадюки можно успешно исследовать с помощью имитационных моделей, реализующих схему двухконтурной обратной связи.

Ключевые слова: обратная связь, имитационное моделирование, обыкновенная гадюка

Характерной чертой живого является саморегуляция. Одним из способов структурного представления гомеостаза выступает кибернетическая теория отрицательной обратной связи (Винер, 1983). Несмотря на повсеместное использование этого термина, в практике моделирования биосистем теория обратной связи применяется редко – превалирует создание неспецифических структурно-функциональных моделей в форме «сети связей». «...Понятия прямых и обратных связей удобно употреблять при анализе простых систем, а в сложных случаях приходится иметь дело одновременно с сетью связей, неважно, какие они, отрицательные или положительные» (Новосельцев, 1989, с. 67). При таком подходе во многом утрачивается гносеологическая составляющая процесса моделирования. Сетевые модели предназначены для портретной имитации наблюдаемого явления с последующим прогнозом возможных значений изучаемых переменных на известном интервале аргументов. Пре-

дельный случай имеем в форме нейронных сетей, применяемых при дистанционном зондировании (Назаров, 2000), когда значения вычисляемых параметров не имеют биолого-экологического смысла. В области экологии животных построено много моделей сетевого типа, описывающих динамику численности популяций, предназначенных для реконструкции итога популяционного процесса (оценок численности), но не для количественной характеристики механизмов его осуществления (Горяченко, 1977; Павлов, 1984; Шитиков и др., 2004). Существенной стороной моделей, реализующих обратную связь, является возможность определить численное значение неких ключевых параметров, имеющих ясную биологическую интерпретацию и определяющих поведение изучаемой системы. Ближе всего к этому стоят автоматные модели (Варшавский, 1977) и модели динамики, основанные на функциях последования (Саранча, 1995; Коросов, Зорина, 2007).

Одна из причин редкого использования в моделировании идеи обратной связи состоит в том, что простая широко известная схема одноконтурной обратной связи плохо соответствует структуре природных объектов. Более адекватные сложные схемы множественной и двухконтурной обратной связи в основном представлены в специальной биологической литературе, которой практически не пользуются создатели моделей, обычно математики. На наш взгляд, инструментом структурного моделирования должны в первую очередь воспользоваться биологи, вкладывая в свои модели определенные теоретические биологические представления. На решение этой задачи направлены наши усилия по упрощению технологии моделирования – имитационные модели можно успешно строить в среде табличного процессора Excel (Коросов, 2002, 2002а, 2007; Коросов, Калинин, 2003; Ивантер, Коросов, 2004; Коросов, Горбач, 2007). Второй компонент этой задачи состоит в конструировании блок-схем, соответствующих той или иной теории и предназначенных для создания будущих моделей. Некоторые из таких структурно-логических конструкций рассмотрены нами ранее (Коросов, 2002а). В настоящем сообщении предпринята попытка структурировать идею управляющей обратной связи, представленной в трудах П. К. Анохина (1979) и разработанной еще в 30-х годах прошлого века. В оригинальных изданиях или учебной литературе по физиологии функциональной системы текст перенасыщен биологической терминологией и содержательным обсуждением результатов экспериментов, которые мы в основном опустим без ущерба для системной композиции. Описывая структуру функциональной системы, автор указывал, что она вполне универсальна и приложима к широкому спектру биологических объектов – как с централизованным управлением (организм), так и к диффузным системам (популяции и ценозы). Предметной областью нашего исследования является терморегуляторное поведение пойкилотермной рептилии – обыкновенной гадюки (Коросов, 2001, 2006).

БЛОК-СХЕМА

Графические изображения широко используются в биологии в иллюстративных целях. «Блок-схема – это графическое изображение основных элементов и функциональных связей оригинала, переносимых на модель» (Жаков, Меншуткин, 1982, с. 57). В рамках процедуры моделирования эта форма представления данных превращается в исследовательскую процедуру, имеющую жесткие правила создания графического образа системы. «...Значениям операций, входящих в математическую модель, ставятся в соответствие блоки, а переменным – стрелки... Стрелки... имеют понятийное и числовое значение» (Ладенко, 1981, с. 202). Выполнение этих правил

при построении блок-схемы заставляет глубоко проникать в структуру взаимоотношений элементов системы, давать им точные, биологически осмысленные дефиниции. На основе этой конструкции выполняется интерпретация результатов моделирования. В основе функционально-структурной блок-схемы лежат только два графических элемента. Стрелки – это количественные характеристики элементов системы, «потоки», признаки, переменные; они всегда имеют основные единицы измерения, которые устанавливаются независимо друг от друга (Сена, 1988, с. 20–22); стрелки представляют конкретные реальные элементы системы. Блоки (прямоугольники) представляют отношения между элементами, это функции преобразования одних потоков в другие. Функции производят (преобразуют) измеряемый поток и не имеют единиц размерности. В численной модели функции задаются уравнениями; их коэффициенты (параметры) имеют производные единицы измерения. В тексте отображения обратной связи будут выполнены в терминах блок-схемы.

ОДНОКОНТУРНАЯ ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Обратная связь – это «...возвращение некоторых эффектов процесса к своему источнику или к предыдущей стадии, приводящее к усилению или ослаблению самого эффекта» (Джефферс, 1981, с. 29). «...Для функционирования системы требуется, чтобы конечный результат каким-то образом контролировался... Изменения на выходе передаются и влияют на вход в поведенческую систему (Меннинг, 1982, с. 270). Эти определения позволяют построить первую блок-схему обратной связи (рис.1).

Такой схемы оказывается достаточно для примерного описания целостной системы, например, репродукции популяции животных (рис. 2). В примере рассматривается упрощенная схема регуляции численности промыслового стада диких оленей, в которой ведется строго регламентированный отстрел части животных. «В управляемой популяции... численность стабилизирована на уровне, обеспечивающем получение максимальной продукции популяции без подрыва ресурсов кормов и возникновения автоколебаний» (Иванищев и др., 1989, с. 133).

Более реалистичные схемы популяционной регуляции должны рассматривать, естественно, большое число реально существующих обрат-



Рис. 1. Принципиальная схема обратной связи



Рис. 2. Схема основного процесса и обратной связи в популяции оленей

ных связей. Воспользовавшись опубликованными данными (Ивантер, 1975; Павлов, 1987; Шилов, 2000), построим общую схему эколого-физиологической регуляции популяционной динамики млекопитающих (рис. 3). При низкой численности средняя плодовитость высока (нормальное число яйцеклеток, нормально протекает беременность), она уменьшается, если самки млекопитающих остаются яловыми (3); у кунных может не происходить имплантация зиготы, если оплодотворенная самка не встречает достаточного числа самцов во время весеннего ложного гона (4). При высокой численности снижен объем овуляции (2) и выше эмбриональ-

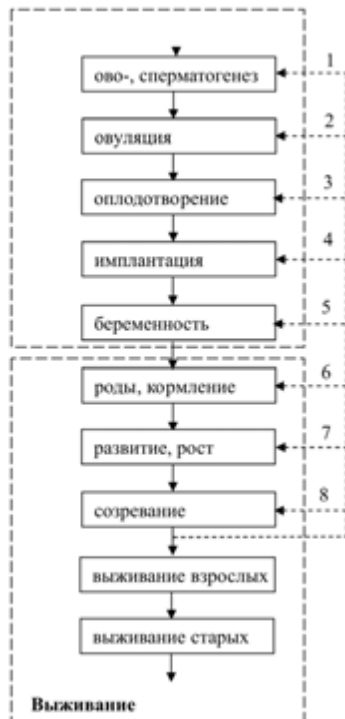


Рис. 3. Регуляция репродукции млекопитающих (см. текст)

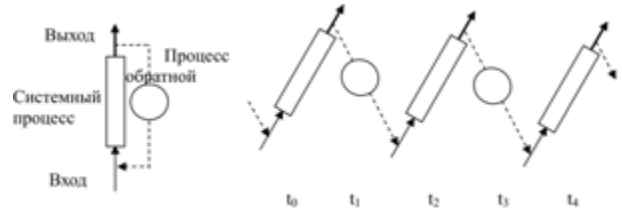


Рис. 4. Организационная блок-схема обратной связи

ная смертность (5); физиологический стресс, вызванный множеством контактов при перенаселении, блокирует гаметогенез (1). В переполненных стадах крупных млекопитающих новорожденные могут оказаться затоптанными, а в группировках мелких млекопитающих – съеденными (6). Стресс от перенаселения ведет к недоразвитию особей (7) и препятствует их созреванию (8).

Неполнота первой схемы обратной связи (см. рис. 1) состоит не только в том, что в реальности число обратных сигналов велико. Обратная связь – это не просто передача выхода на вход, это воздействие выхода на вход. Прежде, чем стать входом, выходная информация перерабатывается. Обратная связь – это функция преобразования выходного сигнала во входной, поэтому блок-схема должна включать процесс этого преобразования. Кроме того, для придания большей динамичности прямые и обратные связи можно более явно разделить во времени (рис. 4). Более того, в модельном воплощении процесс регуляции выглядит как чередование этапа реализации системного процесса (в моменты времени $t_0, t_2, t_4...$) и следующего за ним процесса работы управляющей обратной связи (в моменты времени $t_1, t_3...$). Работа модели есть поочередное вычисление результатов прямого и обратного процессов. Соответственно блок-схема теперь отображает организацию. «Для отображения структур часто используются органограммы. С их помощью можно наглядно представить хронологию задачи, т. е. порядок, в котором должны выполняться операции элементами системы» (Ладенко, 1981, с. 202).

При более детальном рассмотрении кибернетического управляющего устройства (обратной связи) в нем выделяют, как минимум, три элемента (Новосельцев, 1989, с. 59) (рис. 5): «рецепторы, ... воспринимающие состояние системы и факторы окружающей среды...; решающая часть (центральное управляющее устройство), которая на основании полученной и имеющейся заранее информации оценивает ситуацию и принимает решение о должном способе поведения, необходимых при этом управляющих воздействий; эффекторы (исполнительные элементы), которые формируют управляющие сигналы и непосредственно воздействуют на управляемый объект».

Цель работы управляющих элементов состоит в таком изменении функционирования, чтобы



Рис. 5. Обратная связь как управляющее устройство

стабилизировать состояние системы, сохранить «..стационарное состояние внутренней среды» (Волькенштейн, 1981, с. 491). «Информация, поступившая обратно в управляющий центр, стремиться противодействовать отклонению управляемой величины от управляющей» (Винер, 1983, с. 165). «Отрицательная обратная связь уменьшает расхождение между заданным и фактическим значением переменной... позволяет поддерживать стационарное состояние...» (Шмид-Ниельсен, 1982, с. 705).

Поддержание важных характеристик системы на заданном уровне означает следующее. Во-первых, обратная связь обладает памятью, где хранится «штатное значение параметра», во-вторых, она воздействует вовсе не на абстрактный «вход в систему», а на некоторые внутрисистемные элементы, изменяющие режим своей работы и, следовательно, функционирование самой системы (сигнал обратной связи оказывается отдельным компонентом входа). Но и это не единственная информация, хранящаяся в памяти. «Управление... строится на основе определенной программы и представляет собой способ ее реализации... Над системой есть нечто, заключающее в себе схему процесса» (Блауберг, Юдин, 1973, с. 190). «В памяти хранятся программы переработки входной информации в управляющее воздействие на эффекторы» (Гаазе-Рапопорт, Поспелов, 1987, с. 29). С этими дополнениями блок-схема приобретает более законченный вид (рис. 6).

Детализация блока управления порождает новые вопросы к полноте блок-схемы. В частности, в ней должен быть блок сравнения заданного критического уровня контролируемой переменной с фактически регистрируемым, блок выбора нужной программы действия и т. д. Собственно акт проверки соответствия значения на выходе величине критерия состоит из трех этапов: определения различия, оценки его значения, составление решения на основе различия (Оптнер, 1969, с. 129). Принятие решения означает запуск определенной программы воздействия на вход системы для запуска компенсаторного процесса и последующей оптимизации выхода системного процесса.

Обратная связь до тех пор не дает команды к действию эффекторов, пока не выработана модель воздействия (не выработаны время, место, формы воздействия). «Модель воздействия определяет последовательность реализации решения и представляет избранный курс действия в форме входа в систему» (Оптнер, 1969, с. 145).



Рис. 6. Обратная связь как управляющее устройство

Речь идет о том, на какой объект и какое именно воздействие должно осуществиться в зависимости от характера отклонения управляемой переменной от штатного значения. Например, для терморегуляции гомойотермных животных характерны два типа реакции. При перегреве «по-тоотделение вызывается с помощью периферических реакций вегетативной нервной системы... При охлаждении... животные дрожат» (Меннинг, 1982, с. 165). В зависимости от масштабов отклонения состояния от нормы меняется как сила компенсаторных реакций, так и способ (программа) восстановления внутренней среды. «Если же отклонения во внутренней среде организма достигают таких величин, которые не могут быть скомпенсированы гомеостатической саморегуляцией, включается второй механизм в виде специализированного поведения» (Данилова, Крылова, 1989, с.226). «...При более длительном охлаждении одного дрожания оказывается недостаточно, и крыса для создания теплоизоляции начинает строить себе гнездо» (Меннинг, 1982, с. 165). Дополнив блок-схему обратной связи этими компонентами, мы пришли к довольно полному варианту, который фактически рассматривает уже не одну обратную связь, а несколько (рис. 7).

Каждая из них оценивает уровень одного и того же параметра (в примере – температуру тела), но активирует разные программы компенсаторных воздействий на систему. Для осуществления каждой из этих программ используются разные системы органов. Например, более полный список функций защиты организма млекопитающего от переохлаждения включает сокращение кожного кровообращения, усиление эндогенного термогенеза, мышечный тремор, формирование скоплений из нескольких животных, строительство убежищ. Каждая из реакций выступает дополнительным контуром одной и той же (множественной) обратной связи (рис. 8).

Представленная кибернетическая схема обратной связи (см. рис. 7) была фактически сформулирована задолго до появления первых работ Н. Винера – в трудах школы П. К. Анохина (1979). Для нас наиболее интересны два аспекта. Во-первых, эта теория впервые была предложена для описания биосистемы – поведенческого акта. Во-вторых, с ее помощью удается ликвиди-



Рис. 7. Полная схема обратной связи

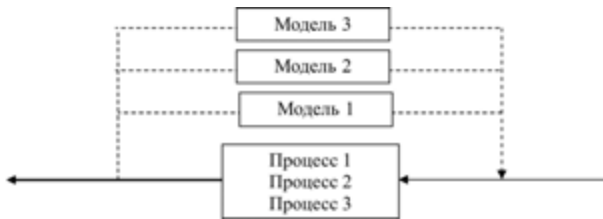


Рис. 8. Общая схема множественной обратной связи

ровать главный недостаток одноконтурной обратной связи – инерционность. «Способ управления с помощью обратной связи является наиболее типичным примером саморегуляции в системе. К недостаткам этого способа регуляции относится запаздывание корректирующих реакций» (Меницкий, 1979, с. 82); «отрицательная обратная связь нарушает устойчивость системы, если сигнал приходит по каналу обратной связи с большим... запаздыванием...» (Новосельцев, 1989, с. 66). Как указывает автор кибернетической теории, в сложных случаях система «может быть стабилизирована двумя обратными связями, но не одной» (Винер, 1983, с. 174). Однако детальное описание такого способа регуляции мы находим лишь в отношении понятия «функциональная система» П. К. Анохина.

ДВУХКОНТУРНАЯ ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

«Функциональная система представляет собой конкретный физиологический аппарат саморегуляции и гомеостаза» (Анохин, 1979, с. 37). Этот понятийный аппарат используется для описания регуляции различных физиологических процессов и поведения.

Происходящее в процессе жизнедеятельности смещение каких-либо показателей состояния внутренней среды обнаруживается рецепторным аппаратом, который включает «механизм поддержания постоянства отдельных компонентов» (Там же, с. 35). Это состояние воспринимается как потребность – особое биологическое состояние, обусловленное неудовлетворенностью требований организма, необходимых для его нормальной жизнедеятельности (Словарь..., 1987, с. 290). Потребность накладывает отпечаток на дальнейшее поведение животного, формируя

мотивационное возбуждение. «Мотивация... играет преимущественную роль в... активном подборе информации, необходимой для выработки решения и действия..., представляет собой фактор, по которому классифицируется избыточная внешняя информация» (Анохин, 1979, с. 48). Подготовка поведенческого акта проходит в контексте обстановочной афферентации (восприятия информации о состоянии внешней среды), которая «подготавливает специфическую форму именно той реакции, которая могла бы быть приспособительной... только в данной обстановке. Речь идет о способности коры больших полушарий произвести синтез многочисленных... афферентных воздействий и только после этого формировать приспособительный поведенческий акт... Совокупность обстановочных афферентаций... создает... предпусковую интеграцию возбуждений, которые хотя и находятся в скрытом состоянии, однако могут быть немедленно выявлены, как только подействует пусковой раздражитель» (Там же, с. 69, 47, 49). Для запуска подготовленной поведенческой реакции необходимо действие сигнального раздражителя – пусковая афферентация, которая «приурочивает выявление скрытых возбуждений к определенному моменту, наиболее выгодному с точки зрения успеха приспособления» (Там же, с. 50). Поведенческий акт может начаться без видимых внешних стимулов, как, например, начинается поиск пищи голодными животными или осуществляется терморегуляторное поведение осывающими животным. Иногда «спонтанное изменение поведения имеет ритмический характер» (Меннинг, 1982, с. 134).

Мотивация, обстановочная и пусковая афферентации составляют полный набор раздражителей, необходимых для разворачивания поведенческой реакции; их единство названо афферентным синтезом. «Афферентный синтез... неизбежно заканчивается «принятием решения», то есть избирательным возбуждением того комплекса нейронов, который может сформировать на периферии... адекватный... поведенческий акт» (Анохин, 1979, с. 62). Принятие решения – это очередной этап формирования поведенческого акта. «Мы имеем выбор вполне определенного акта и исключение всех остальных потенциальных возможностей» (Там же, с. 60). При этом реализуется «...физиологический механизм активации хранящихся в памяти следов (энграмм) тех внешних воздействий, которые способны удовлетворить имеющиеся у организма потребности, и тех действий, которые способны привести к ее удовлетворению» (Батуев, 1991, с. 83). (Так схема пополняется процессом активации памяти.) «Принятие решения является переходным моментом, после... все комбинации возбуждений приобретают... афферентный характер» (Анохин, 1979, с. 63). Принятие решения перерастает в «афферентный синтез», когда про-

исходит формирование сложного комплекса эфферентных возбуждений, программы действия. В это время «...действие уже сформировано как центральный процесс, но внешне еще не реализуется» (Данилова, Крылова, 1989, с. 203). Представленное описание обратной связи ничем, кроме детальности, не отличается от ранее рассмотренной блок-схемы (см. рис. 7). В соответствии с ней поведенческому акту остается только осуществиться. Однако рассматриваемая схема имеет еще и второй многокомпонентный контур обратной связи.

В процессе принятия решения «одновременно с эффекторной «командой» формируется некоторая афферентная модель, способная предвосхитить параметры будущих результатов и сличить в конце действия эти предсказания с параметрами истинных результатов» (Анохин, 1979, с. 66). Формируется акцептор действия, лабильный критерий для оценки результатов действия. Теперь выработанный поведенческий акт может осуществиться.

Во время и после выполнения запрограммированного действия происходит быстрая оценка его результатов – обратная афферентация. В принципе здесь мы имеем дело с обычной обратной связью, но со вторым ее контуром, ориентированным на немедленную оценку успешности поведения. Новым оказывается и экстренно построенный критерий, и параметр, который оценивается. «...Обратная афферентация... информирует об этих результатах совершенного действия... Система получает непрерывную обратную информацию о приспособительном результате... Параметры результатов обладают способностью информировать мозг о полезности совершенного действия и составляют в целом обратную аффертацию... Конечный приспособительный результат и его рецепторный аппарат составляют центральную пару... интегративных образований... Механизм аппарата акцептора действия имеет универсальное распространение и вряд ли возможен какой-либо даже самый простой поведенческий акт, который мог бы сложиться без предварительного формирования этого аппарата» (Там же, с. 72–73, 29, 65, 35, 78).

Самым важным аспектом в механизме контроля результата поведения выступает природа контролируемого параметра. Оказывается, обратная афферентация развивается на базе вовсе не той характеристики состояния организма, что вызвала мотивационное возбуждение, но на базе другого показателя состояния особи, тесно связанного с первым. Так, дефицит глюкозы в крови (при истощении запасов гликогена печени) вызывает чувство голода и пищевое поведение, которое прекращается при наполнении желудка. Механорецепторы в стенках желудка сигнализируют о степени его наполнения. «...Пачечная активность нейронов отражает ожидание пищевого подкрепления... Когда пища попадает в желудок и... становится реальным подкреплением, сигналы об этом снижают



Рис. 9. Полная блок-схема поведенческого акта

пищевую мотивацию» (Данилова, Крылова, 1989, с. 212). Этот эффект характерен для других жизненных отправлений. «Терминирующие стимулы... вызывают окончание поведенческой реакции... Вид успешно построенного гнезда... заставляет птицу прекратить работу» (Грин и др., 1990, с. 302). Механизм обратной аффертации вершит архитектуру поведенческого акта (рис. 9).

Важно отметить, что в состав обратной аффертации могут быть «избирательно включены как близко, так и отдаленно расположенные структуры организма» (Анохин, 1979: с. 38). Эти структуры (органы, ткани, клетки) в первую очередь обслуживают другие функции, но могут получить роль компонентов обратной аффертации; они неспецифичны – для одного и того же поведенческого акта могут быть использованы разные структуры. «Акцептор действия... есть временное образование, сформированное экстренно по поводу данной ситуации» (с. 67)

Если результат поведения соответствует модели акцептора действия, то происходит временное торможение мотивационного возбуждения и специфические поведенческие реакции прекращаются. Наступает «...покой после достижения цели... животные больше не реагируют на исходящие от цели раздражители и не проявляют больше поискового поведения» (Меннинг, 1982, с.129). Когда соответствие результата и критерия действия не достигнуто, развиваются новые реакции компенсации. «Если информация о результатах не совпадает с теми параметрами, которые были закодированы в решении, цели и акцепторе действия... происходят немедленные компенсаторные приспособления» (Анохин, 1979, с. 79).

Полная структура обратной связи поведенческого акта имеет два контура. Первый контур воспринимает отклонение от нормы основной (целевой) переменной внутренней среды организма и вызывает построение поведенческого акта для его компенсации; ключевым значением здесь служит «встроенный» критерий нормы. Второй контур воспринимает отклонение от нормы сигнальной переменной состояния организма и либо

тормозит, либо не блокирует повторную реализацию поведенческого акта; второй критерий формируется непосредственно в процессе подготовки поведенческого акта.

Для правильной интерпретации моделирования двухконтурной обратной связи важно отметить следующие моменты.

- Между основной и сигнальной переменными имеется тесная, эволюционно выверенная корреляционная связь: поступление сигнала по второй петле обратной связи означает скорую нормализацию внутренней среды биосистемы.
- Основная переменная является жизненно важной характеристикой состояния биосистемы, сигнальная переменная неспецифична, она может формироваться с использованием разных структур.
- Основная переменная инерционна, сигнальная переменная имеет много более высокую скорость изменения.

Адаптивный смысл этого дуэта вполне ясен. Многие важнейшие характеристики внутренней среды организма (уровень глюкозы в крови, температура тела), популяции (численность) или экосистемы (звенья трофических цепей) требуют для своего восстановления довольно продолжительное время. Поэтому контроль инерционной величины превратился бы в попеременную борьбу то с ее избытком, то с ее дефицитом. Второй контур контролирует скоростную сигнальную переменную и осуществляет точную настройку состояния динамической системы, обеспечивая ей стационарность.

Анализируя структуру динамической системы поведения (рис. 10), нетрудно убедиться, что она не имеет специфических компонентов, универсальна и приложима к широкому спектру управляемых систем. На указанную особенность разработанной схемы обращал внимание и ее автор, П. К. Анохин, когда рассматривал регуляцию экологических и эволюционных процессов. Почему эта идеализация редко используется для объяснения биологических явлений? Образцы такого способа управления обнаруживаются в биосистемах любого уровня организации.

Из примеров на уровне организма можно назвать явление фотопериодизма. Вегетативный период лиственных пород завершается осенью в ответ на снижение продолжительности дня (сигнальная переменная), хотя достаточно высокий уровень температуры среды все еще обеспечивает нормальный метаболизм (основная переменная).

Пример на уровне популяции животных: репродуктивное поведение самок многих млекопитающих заканчивается после копуляции (сигнальная переменная – концентрация гормона прогестерона в крови), хотя еще не родились молодые животные (основная переменная), «ради которых» и осуществлялась спаривание.



Рис. 10. Обобщенная блок-схема двухконтурной обратной связи

Пример на уровне биогеоценоза: нормальное размножение мелких млекопитающих ведет к росту популяции, который прекращается по достижении некоторого уровня плотности (сигнальная переменная – уровень стресса) из-за несозревания, прохолостания молодых животных и роста эмбриональной смертности, хотя кормовая база (ведущая переменная) еще не подорвана и не ограничивает дальнейшего роста численности.

Пример на уровне социума: люди обучаются специальности по предложенным в школах и вузах программам (сигнальная переменная – успеваемость), предполагая, что этого будет достаточно для успешной работы (основная переменная – занятость, зарплата).

Редко встречаясь в теоретической биологии, эта модель тем более не имеет хождения в практике моделировании биосистем. Использование предложенной схемы дает возможность определить ключевые количественные характеристики динамики биосистемы, имеющие глубокий биологический смысл, и на этой основе смоделировать ее поведение. Конкретный состав основных компонентов модели таков:

- численный уровень основной переменной системы,
- численный уровень сигнальной переменной,
- пороговые величины (\max , \min) ведущей переменной внутренней среды (критерий 1),
- пороговые значения сигнальной переменной, вызывающие торможение мотивации и прекращение целенаправленной (поведенческой) реакции (критерий 2),
- зависимость уровня сигнальной переменной от результатов поведенческого акта (уравнения, включающие логические операторы),
- зависимость уровня основной переменной от результатов поведения – от величины сигнальной переменной (уравнения),
- выраженность обстановочной афферентации (оценка благоприятствования окружающей среды для удовлетворения потребности).

ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ОБЫКНОВЕННОЙ ГАДЮКИ

В качестве примера моделирования ниже рассмотрена блок-схема терморегуляторного поведения обыкновенной гадюки во время остывания. Многим известно, что змеи свертываются «клубком». Такое поведение связано с попыткой сэкономить тепло, если теплое солнце днем вдруг закрылось облаками. Детальное исследование этого процесса показывает (Коросов, 2006), что в стремлении стабилизировать снижающуюся температуру тела (основная переменная, $T_{вт}$) гадюка многократно меняет позу от менее – к более компактной и округлой. При этом уменьшается площадь внешней поверхности «клубка», с которой происходит излучение тепла, в результате его экономия может достигнуть 20%. В натурном эксперименте удалось установить, что стимулом к очередной смене позы является снижение температуры покровов тела (сигнальная переменная, $T_{пт}$) на $1,5^{\circ}\text{C}$ по сравнению с температурой внутренних областей тела ($T_{вт}$). Когда змея охлаждается до индивидуальной минимальной добровольной температуры ($T_{мин.} \approx 18^{\circ}\text{C}$), она покидает место и переходит подземное укрытие.

При анализе полученных данных стремились представить имеющуюся информацию в терминах двухконтурной обратной связи, в результате были выявлены и ведущая переменная, и быстро изменяющаяся сигнальная (рис. 11). Температура внутренних тканей ($T_{вт}$) играет роль основной переменной состояния, ее первый критерий Минимальная добровольная температура $T_{мин.} \approx 18^{\circ}\text{C}$. Температура покровов ($T_{пт}$) – это сигнальная переменная. Она контролируется критической температурой (второй критерий, T_k), которая устанавливается после каждой смены позы (более 10 раз за час) на новом уровне $T_k = T_{вт} - 1,5^{\circ}\text{C}$. Пока $T_{пт}$ находится в допустимых пределах, гадюка остается неподвижной; охлаждение ниже этого порога $T_{пт} < T_k$ вызывает очередное стягивание колец тела. Представленная схема отрицательной обратной связи позволила выполнить количественное описание динамики остывания гадюки, во целом совпадающее с натурными

данными (Коросов, 2006). Аналогичные алгоритмы могут быть использованы для моделирования выхода гадюки на поверхность почвы и поиска оптимальных укрытий для прогревания в условиях прямой инсоляции.



Рис. 11. Схема регуляции смены позы гадюки посредством двухконтурной обратной связи

ВЫВОДЫ

1. Структура отрицательной обратной связи может быть простой (одноконтурной), дублированной (множественной) и сложной (двухконтурной).
2. Двухконтурная обратная связь обеспечивает быструю и точную настройку контролируемой переменной внутренней среды биосистемы.
3. Исследование механизмов гомеостаза биосистем с помощью схемы двухконтурной обратной связи дает возможность количественно оценить критические уровни наблюдаемых переменных, определяющих поведение биосистемы.
4. Терморегуляторное поведение рептилий можно успешно описать в терминах двухконтурной отрицательной обратной связи.

Благодарности

Автор признателен В. А. Илюхе за обсуждение статьи и ценные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анохин П. К. Системные механизмы высшей нервной деятельности. М.: Наука, 1979. 453 с.
2. Батуев А. С. Высшая нервная деятельность. М.: Высшая школа, 1991. 256 с.
3. Блауберг И. В., Юдин Б. Г. Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 270 с.
4. Винер Н. Кибернетика. М.: Наука, 1983. 342 с.
5. Варшавский В. И. Коллективное поведение автоматов. М.: Наука, 1977. 407 с.
6. Волькенштейн М. В. Биофизика. М.: Наука, 1981. 576 с.
7. Гаазе-Раппопорт М. Г., Поспелов Д. А. От амебы до робота: Модели поведения. М.: Наука, 1987. 288 с.
8. Горяченко В. Д. К динамике взаимодействия популяций как объектов с запаздыванием // Динамика биологических систем. Вып. 1. Горький, 1977. С. 32–40.
9. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология. М.: Мир, 1990. Т. 2. 325 с.
10. Данилова Н. Н., Крылова А. Л. Физиология высшей нервной деятельности. М.: Изд-во МГУ, 1989. 399 с.
11. Джефферс Дж. Введение в системный анализ: применение в экологии. М.: Мир, 1981. с.
12. Жаков Л. А., Меншуткин В. В. Практические занятия по ихтиологии. Ярославль, 1982. 112 с.
13. Иванищев В. В., Михайлов В. В., Тубольцева В. В. Инженерная экология. Л.: Наука, 1989. 144 с.
14. Ивантер Э. В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. Л.: Наука, 1975. 246 с.

15. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Введение в количественную биологию: Учеб. пособие. Петрозаводск, 2003. 304 с.
16. Коросов А. В. Имитация терморегуляторного поведения гадюки // Математические методы в экологии. Петрозаводск, 2001. С. 158–159.
17. Коросов А. В. Имитация экологических объектов в среде пакета Microsoft Excel // Экология. 2002. № 2. С. 144–147.
18. Коросов А. В. Имитационное моделирование в среде MS Excel (на примерах из экологии). Петрозаводск, 2002а. 212 с.
19. Коросов А. В., Калинин Н. М. Количественные методы экологической токсикологии. Петрозаводск, 2003. 56 с.
20. Коросов А. В. Нагревание и остывание живой крупной гадюки *Vipera berus* // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии. Вып. № 9. Тольятти, 2006. С. 88–108.
21. Коросов А. В. Специальные методы биометрии. Петрозаводск, 2007. 364 с.
22. Коросов А. В., Горбач В. В. Компьютерная обработка биологических данных. Методическое пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 76 с.
23. Коросов А. В., Зорина А. А. Исследование динамики численности рыжей полевки с помощью функций последования // Экология. 2007. № 1. С. 49–54.
24. Ладенко И. С. Имитационные системы (методология исследований и проектирования). Новосибирск: Наука, 1981. 300 с.
25. Меницкий Д. Н. Принципы саморегуляции функциональных систем // Системный анализ механизмов поведения. М.: Наука, 1979. С. 81–91.
26. Меннинг О. Поведение животных. Вводный курс. М.: Мир, 1982. 360 с.
27. Назаров Л. Е. Применение многослойных нейронных сетей для классификации типов леса на основе анализа радиолокационных изображений // Исследования Земли из космоса. 2000. № 3. С. 63–70.
28. Новосельцев В. Н. Организм в мире техники. Кибернетический аспект. М.: Наука, 1989. 240 с.
29. Оптнер С. Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Советское радио, 1969. 216 с.
30. Павлов Б. К. Причины ошибок долговременных прогнозов состояния популяций животных при использовании аналого-инерционных экстраполяций // Геологические и экологические прогнозы. Новосибирск: Наука, 1984. С. 177–180.
31. Павлов Б. К. Методология прогнозирования численности наземных животных // Прогнозирование экологических процессов. Новосибирск: Наука, 1986. С. 185–190.
32. Саранча Д. А. Биомоделирование. М.: Вычислительный центр РАН, 1995. 139 с.
33. Сена А. А. Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1988. 432 с.
34. Словарь физиологических терминов. М.: Наука, 1987. 447 с.
35. Шилов И. А. Экология. М.: Высшая школа, 2000. 512 с.
36. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти, 2003. 463 с.
37. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Приспособление и среда. М.: Мир, 1982. Т. 1–2. 800 с.

УДК 595.78:591.5

ГАЛИНА АНДРЕЕВНА ШКЛЯРЕВИЧ

доктор биологических наук, доцент кафедры зоологии
и экологии эколого-биологического факультета ПетрГУ
gash@psu.karelia.ru

К ЭКОЛОГИИ МАХАОНА *PAPILIO MACHAON L.* НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Излагаются результаты собственных исследований экологии махаона на юге Мурманской области в 1991-1993 гг. Используются архивные материалы Кандалакшского государственного природного заповедника. Приведены сведения по фенологии и данные о массе тела и размерах бабочек. Описан период личиночного развития. Дан список кормовых растений гусениц. Имеются сведения о гибели яиц и личинок разного возраста.

Ключевые слова: экология, махаон, Кольский полуостров

Papilio machaon – единственный вид чешуекрылых Кольского полуострова, который включен в Красную книгу СССР (1984).

В Мурманской области встречается как в лесной, так и в тундровой зоне до островов Мурманского архипелага включительно. На узкой полосе прибрежных лугов и островах Кандалакшского залива обычен, севернее в лесной зоне наблюдается редко. В северной тундре появляется, по всей вероятности, не ежегодно. Известно о случаях размножения *Papilio machaon* на Айновых островах у побережья Западного Мурманского архипелага (о. Великий, Оленьи и Лувеньгские о-ва). Наблюдения за развитием гусениц проводились как в природе на постоянных участках от момента выхода из яйца до схода с кормового растения, так и в лабораторных условиях до окукливания гусениц и последующего выхода имагинальных форм.

Опубликованные данные о махаоне на Кольском полуострове относятся к его западным районам – от г. Мурманска и поселка Верхнетуманский на севере до г. Кандалакши и поселка Лувеньга на юге (Kozlov, Jalava, 1994). Места обитания махаона приурочены к луговым и лугоподобным ассоциациям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Задачей исследования было изучение процесса личиночного развития махаона в условиях Заполярья, а также некоторых других сторон его биологии, проводились в 1991-1997 гг. на побережье и островах Кандалакшского залива (Порья губа и мыс Турий, Терская инспекция Кандалакшского заповедника). Были использованы данные из архива заповедника о встречах бабочек в других заповедных участках (о. Великий, Ковдский п-ов, о-ва Северного архипелага, Оленьи и Лувеньгские о-ва). Наблюдения за развитием гусениц проводились как в природе на постоянных участках от момента выхода из яйца до схода с кормового растения, так и в лабораторных условиях до окукливания гусениц и последующего выхода имагинальных форм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Численность махаона на юге Мурманской области значительно колеблется по годам. Если оце-

Таблица 1

Морфологические показатели бабочек (Порьей губа, 1992-1996 гг.)

Показатели	Самка			Самец			td
	п	M±m	lim	п	M±m	lim	
Масса тела, мг	28	565,5±21,1	315-780	29	486,3±15,4	292-620	3,04
Переднее крыло, мм	23	40,6±0,6	34-45	28	37,7±0,5	32-43	3,62
Заднее крыло, мм*	23	37,8±0,7	30-44	28	35,0±0,5	30-40	3,14

*- измерялось с хвостом

нивать обилие вида в природе по числу встреч бабочек, то за 12 лет (1985-1996 гг.) можно выделить 3 года, когда численность вида была высокой – 1986, 1990 и 1991 гг. (во всех Беломорских отделах за сезон регистрировали от 108 до 153 встреч). Столько же раз она была крайне низкой (1988, 1995 и 1996 гг.), когда за сезон отмечено не более 7 встреч. Причем в эти годы в отдельных местах бабочек могли вообще не наблюдать, хотя гусеницы встречались. Возможно, махаоны сохранялись на этих участках только благодаря немногочисленным залетам бабочек из соседних районов Карелии. Косвенным подтверждением может служить наблюдавшееся в Порьей губе в 1995-1996 гг. появление гусениц махаона в новых местах и предпочитающих кормиться на других растениях (по сравнению с 1991-1993 гг.).

Имеющиеся в архиве данные по встречам махаона за более ранний период (1952-1984 гг.), на наш взгляд, не столь надежны. Достаточно сказать, что за все это время было зарегистрировано только 94 встречи. Однако можно отметить, что, по крайней мере, дважды (в 1974 и 1984 гг.) численность махаона была высокой, особенно в 1974 г., когда отмечали не только бабочек, но и большое количество гусениц.

Махаон наиболее многочислен на юге Кандакшского района. Численность бабочек может достигать здесь на приморских лугах в июне-июле 10-15 особей на 1 км маршрута. В 1991-1997 гг. на приморских лугах Порьей губы в июле учитывали до 170-233 яиц и гусениц на 1 км, а в конце июля – первой декаде августа численность гусениц иногда достигала 117 особей на 1 км.

Первые бабочки в Кандакшском заповеднике отмечались 2 июня – 4 июля (в среднем за 30 лет – 18 июня). При высокой численности махаоны начинают встречаться на разных участках Кандакшского залива, отстоящих друг от друга на 70-100 км, практически одновременно. В остальные годы различия в сроках появления первых бабочек достигали в разных районах 16-18 дней.

По материалам зоологической картотеки заповедника 55% всех встреч зарегистрировано в 4 пятидневке июня и первой декаде июля. Последние встречи отмечаются в последней декаде июля – первой декаде августа. В архиве заповедника имеются данные о встрече махаона в конце мая. По наблюдениям на о. Великом, это

была очень светлая и сильно облетанная бабочка. Создавалось впечатление, что это перезимовавшая особь. Есть также очень поздняя встреча – в сентябре 1974 г. Это позволяет высказать предположение о том, что, как исключение, возможна зимовка махаона на стадии имаго, хотя это и кажется маловероятным.

В лаборатории бабочки выводились в период с 26 июня 15 июля. Выход из куколки чаще всего происходил в 10-13 часов (64% случаев), но не раньше 8 и не позже 17. Размеры и вес бабочек приведены в таблице 1. Соотношение полов 1:1.

Яйца махаона на приморских лугах о. Горелый (Порьей губа) мы находили со второй половины июня (1991, 1992 гг.) – первых чисел июля (1993 г.). Период откладки яиц обычно растягивается до 15-20 июля.

Таблица 2

Фенология махаона в Мурманской области

Июнь		Июль			Август			Сентябрь			Зимовка
п	ш	п	ш	п	ш	п	ш	п	ш		
Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б	Б				
	Я	Я	Я	Я	Я	Г	Г	Г	Г		
К	К	К	Г	Г	Г	Г	К	К	К	К	К

Б - бабочка, Я - яйцо, Г - гусеница, К - куколка

Таблица 3

Календарь развития махаона в Порьей губе в 1991-1993 гг.

Дата	Число яиц	Количество гусениц по возрастам				
		I	II	III	IV	V
15.07	55	10	6	1	0	0
25.07	28	54	18	3	2	0
30-31.07	10	25	41	18	5	0
5.08	0	7	16	27	12	4
10.08	0	3	9	18	26	8
15.08	0	2	1	10	19	16

Таблица 4

Изменения массы гусеницы с возрастом
(Порья губа, 1991 -1997 гг.)

Возраст	n	M±m	lim	δ
Первый	17	0,91 ±0,06	0,5-1,3	0,26
Второй	37	4,94±0,13	3,5-6,5	0,78
Третий	50	20,36±0,58	12,5-29,0	4,04
Четвертый	49	76,54±2,37	42,0 -107,0	16,43
Пятый	63	344,82±8,04	227,0 - 450,0	63,28

Наибольший диаметр яйца составляет 1,0-1,2 мм (n = 26). Яйца откладываются по одному, чаще на нижней поверхности листовой пластинки. В 32% случаев размещение яйца бывает иным: сверху листа, сбоку или на черешке. Большинство из них откладывается на низкорослые растения на высоте не более 20 см от поверхности почвы, в результате чего эмбриональное и личиночное развитие происходит при более высоких температурах (в июне-июле среднемесячная температура на поверхности почвы бывает выше температуры воздуха на 1,9-5,1°). Кроме того, такие растения менее привлекательны для травоядных животных.

Обычно самка откладывает на кормовое растение по 1 яйцу, значительно реже по 2-3 (максимально до 13 яиц). В дальнейшем это позволяет гусеницам избежать пищевой конкуренции. Фаза яйца продолжается 15-20 дней. Отрождение гусениц начинается, в зависимости от погодных условий летнего периода, в 5 пятидневке июня – 4 пятидневке июля. В конце июля в природе можно встретить одновременно яйца и гусениц I-IV возраста (табл. 2, 3). Только что отродившиеся личинки имеют длину тела 2,5-3,0 мм и весят 0,5-1,3 мг (ср. 0,91 ±0,06 мг, n=17). К первой линьке масса гусениц достигает 5-6 мг. Изменения массы гусеницы и ширины ее головной капсулы с возрастом показаны в таблицах 4 и 5. Максимальный вес гусениц V возраста – 1180-2400 мг (ср. 1712±42 мг, n=48). Перед сходом с кормового растения гусеницы освобождают кишечник от непереваренных остатков последней порции пищи и масса их тела уменьшается до 570-1500 мг (ср. 1034±22 мг, n=61).

Темпы роста и развития гусениц зависят как от погодных условий, так и от их индивидуальных особенностей. По наблюдениям в природе, средняя продолжительность I-V возрастов в 1991 г. была 8, 5, 6, 8 и 11 дней соответственно. При этом сроки прохождения определенной стадии личиночного развития разными особями отличались в 1,8-3,7 раза (в каждом возрасте разница составляла от 5 до 8 дней). Весь период развития гусеницы от момента отрождения до схода с кормового растения на окукливание продолжался в 1991 г. в природе в среднем 39 дней. Более низкие температуры воздуха и обилие осадков летом 1992 г. отрицательно сказались на

Таблица 5

Ширина головной капсулы гусеницы
(Порья губа, 1992-1997 гг.)

Возраст	n	M±m	lim	δ
Первый	36	0,69±0,01	0,6 - 0,75	0,04
Второй	36	1,03±0,01	1,0-1,1	0,04
Третий	38	1,52±0,01	1,4-1,7	0,07
Четвертый	52	2,23±0,01	2,0 - 2,4	0,09
Пятый	57	3,37±0,02	3,0 - 3,7	0,16

интенсивности питания гусениц, что привело к задержке их роста и развития. В результате для прохождения каждого возраста гусеницам потребовалось в среднем 11, 7, 8, 9 и 16 дней соответственно. Период личиночного развития (до стадии предкуколки) продолжался в 1992 г., по усредненным данным, 51 день. В лаборатории при более высокой температуре и отсутствии осадков гусеницы прекращали питаться и приступали к окукливанию в 1991 г. в среднем через 32 дня после выхода из яйца, в 1992 г. – через 41 день. По наблюдениям 1991-1993 гг. стадия предкуколки в лабораторных условиях продолжалась от 3 до 9 дней. Куколки махаона в наших условиях имеют два типа окраски: продольно-полосатую, когда на общем светлом фоне шкурки четко выделяются три темно-бурые полосы (вдоль спинной стороны и по бокам куколки), и однотонную желто-зеленую. Первый тип окраски встречался в среднем за 6 лет наблюдений в 4 раза чаще второго. Это несколько реже, чем в других регионах (Harbich, 1979). Окраска куколки не зависит от размеров и не связана с полом вышедшей из нее бабочки.

В лаборатории окукливание чаще всего происходило в период с 7 до 18 часов. Куколки (n=78) имеют следующие размеры: длина 23,3-31,4 мм (ср. 28,1±0,2 мм), ширина 7,2-10,8 мм (ср. 9,0±0,1 мм). За период зимовки куколка теряет от 3,0 до 6,7% своего первоначального веса (в среднем 4,8%, n=17). Большая потеря веса является для нее, видимо, критической.

Во всяком случае из куколок, потеря веса которых за зиму составила 8,0-11,6%, бабочки не вывелись.

В Мурманской области махаон в фазе личинки – типичный олигофаг. Питание гусениц отмечено только на растениях семейства зонтичных. В качестве кормовых нам известно 5 видов дикорастущих растений и один – огородная культура (укроп). Предпочтение отдавалось трем из них (табл. 6).

Выживаемость махаона в период эмбрионального и личиночного развития, по нашим наблюдениям, составляет в природе в среднем 22%. При этом в фазе яйца в среднем погибало 26% от общего числа отложенных яиц, в фазе личинки – 70% от общего числа отродившихся гусениц.

Таблица 6

Кормовые растения гусениц и степень их использования на разных участках в 1991-1993 гг.

Вид растения *	Порья губа, № участка				Турий мыс	Общее
	1	2	3	4		
Пусторобрышник Фишера - <i>Cenolophium denudatum</i> (Hornem) Tutin	75	80	0	0	45	200
Лигустикум шотландский <i>Ligusticum scothicum</i> L.	13	31	18	18	1	81
Борщевик сибирский <i>Heracleum sibiricum</i> L.	0	9	1	33	53	96
Дягиль норвежский <i>Angelica archangelica</i> L.	0	0	2	0	4	6
Купырь лесной <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	0	3	0	0	0	3

* - в список растений не включен укроп огородный.

Гусеницы чаще гибнут в I возрасте (45-53%), гибель в IV-V возрасте не превышает 5%. Однако в отдельные сезоны более высокая смертность наблюдалась у гусениц не младших, а старших возрастов (1991 г.). В условиях искусственной зимовки гибель в фазе куколки не превышала 12,5% и составила в среднем за 1991-1996 гг. 6,4% (из 63 куколок вышло 59 бабочек).

Наши наблюдения подтвердили хорошо известный факт, что при питании на наиболее предпочитаемых растениях насекомые имеют меньшую смертность (Бей-Биенко, 1980). В Порье губе выживаемость гусениц при питании на борщевике, пусторобрышнике и лигустикуме была соответственно 35, 31 и 27%, на дягиле и купыре ни одна из гусениц в природе не закончила развития.

Роль хищников в регуляции численности махаона остается практически не выясненной; ус-

тановлено только, что причиной гибели гусениц бывают паразитические насекомые (наездники), пауки и воробьиные птицы. Гибель яиц наблюдалась в результате хищнической деятельности мелких клещей и насекомоядных птиц.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю благодарность администрации Кандалакшского государственного природного заповедника за оказанное содействие при сборе полевого материала и предоставленную возможность работы с архивными материалами заповедника. Автор также благодарит старшего научного сотрудника Кандалакшского государственного природного заповедника Шкляревича Феликса Николаевича за помощь в сборе материала и его обработке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология. М: Высшая школа, 1980. 323 с.
2. Красная книга СССР. М, 1984. С. 303-304.
3. Harbich H. 1979. Zur Puppenföbung von Papilio machaon (Lepidoptera, Papilionidae)//Entomol. Z. Vol 89. № 16. P. 177-182.
4. Kozlov M. V., Jalava J. Lepidoptera of the Kola Peninsula, northwestern Russia// Entomol. Fennica. 1994. № 5. P. 65-85.

УДК 636.22.082

ЕЛЕНА ЮРЬЕВНА МИШЕНЕВА

кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоотехнии, товароведения и экспертизы продовольственных товаров агротехнического факультета ПетрГУ
bolg@psu.karelia.ru

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АЙРШИРСКИХ БЫКОВ ПО РЕЗИСТЕНТНОСТИ К МАСТИТУ МЕТОДОМ НАИЛУЧШЕГО ЛИНЕЙНОГО НЕСМЕЩЕННОГО ПРОГНОЗА (BLUP)

Проведена оценка генотипа быков-производителей по резистентности дочерей к маститу методом наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP). BLUP-прогноз позволил ранжировать быков по племенной ценности в отношении резистентности к маститу, повысить точность их отбора на 20–40 %.

Ключевые слова: устойчивость к маститу, оценка быков-производителей, племенная ценность, BLUP

Молочный скот практически всех пород России подвержен заболеванию маститом. Мастит – это воспаление вымени, чаще имеет инфекционную природу. Заболеваемость коров маститом варьирует по стадам от 12 до 80 % [1]. Экономические потери от одного случая мастита в стаде эквивалентны стоимости 400–470 кг молока [2]. На проявление мастита у коров оказывают влияние как факторы внешней среды (зоогигиенические условия, квалификация обслуживающего персонала), так и наследственность, поэтому необходимо использовать селекционно-генетические мероприятия в комплексе мер по борьбе с маститом.

Одним из важнейших элементов в этом комплексе должно стать определение племенной ценности животных, в частности быков-производителей, по резистентности дочерей к маститу. В современных условиях результативность селекции молочного скота в основном обусловлена точностью оценки, правильным выбором и эффективным использованием наиболее ценных быков-производителей, так как от одного оцененного по генотипу быка получают тысячи потомков. В странах с развитым компьютерным

программным обеспечением скотоводства (США, Канада, Англия, Франция, Италия, скандинавские страны и другие) для более точной математической оценки генотипа животных используются линейные статистические модели [3]. Наибольшее распространение для оценки племенной ценности получил метод наилучшего линейного несмещенного прогноза – The Best Linear Unbiased Prediction (BLUP), позволяющий нивелировать влияние факторов среды на показатели животных и привлекать информацию по родственникам. Эта работа проводится централизованно в масштабах страны на общенациональных базах данных по каждой породе скота.

Скорейшее внедрение аналогичных современных математически обоснованных методов генетической оценки скота актуально для российского скотоводства. Но наша наука и практика сталкиваются с рядом трудностей. Первое – проблематичность создания и ведения электронных баз данных по животным. Результаты зоотехнического и ветеринарного учета не всегда фиксируются в электронном виде, могут быть недоступны для научной статистической обра-

ботки или содержат неполные данные (например, отсутствуют сведения о заболеваемости животных). Второе – отсутствие доступного программного обеспечения для сложной (с точки зрения зоотехника-селекционера) математической обработки массивов данных. Таким образом, важность и слабая изученность генетических методов борьбы с маститом у крупного рогатого скота предопределили направление наших исследований.

Методика. Задача нашей работы состояла в оценке генотипа быков айрширской породы по резистентности дочерей к маститу. В работе использованы результаты 15-летнего непрерывного мониторинга за стадом айрширских коров АО «Агрокомплекс им. Зайцева» (Республика Карелия) с 1984 по 1998 год. Сотрудники кафедры зоотехнии ПетрГУ каждую корову тестировали на мастит 5–7 раз за лактацию.

Для диагностики мастита использованы проба на димастин и проба отстаивания, а также впервые разработанный метод трансформации результатов качественного теста на мастит в балльную оценку. При традиционной диагностике мастита на основе димастиновой пробы корова признается здоровой или больной. Подобная качественная идентификация мастита ограничивает использование современных методик генетической оценки животных: не дает возможности установить индивидуальную изменчивость по степени поражаемости маститом, не позволяет среди быков с одинаковой долей больных дочерей в потомстве отобрать тех производителей, дочери которых легче переносят болезнь. Решение этих задач становится возможным благодаря преобразованию результатов качественной диагностики мастита у коров в баллы. Балльная оценка позволяет рассматривать резистентность к маститу как количественный признак, который передается от родителей к потомкам по полигенному типу наследования устойчивости – восприимчивости к данной болезни. В основе метода лежит преобразование рангов по качественным тестам на основе свертывания логарифмов со сдвигом по шкале, разработанной по методике Е. П. Кармановой с соавт. [4]. В данной работе использован вариант шкалы, разработанный на основе $L_{mx}+3,4$. По данной методике здоровые животные имеют 3 балла, с подозрением на мастит – от 3,17 до 6,00 балла, больные – от 6,11 до 26,00 балла.

По результатам обследований была создана электронная база данных, включившая информацию о продуктивности и заболеваемости коров маститом по 13 000 лактаций. Статистически обработаны результаты балльной оценки мастита у коров за первые три лактации. Средний балл за лактацию рассчитан как среднее за все от отела до запуска обследования коровы. О показателях молочной продуктивности и интенсивности молокоотдачи коров судили по данным за 305 дней первой лактации.

Для определения племенной ценности быков по балльной оценке дочерей за мастит использовали метод наилучшего линейного несмещенного прогноза – BLUP [5]. Для прогноза племенной ценности быков по баллу за мастит у дочерей применена биометрическая модель следующей структуры: $B = \mu + G + M + w + sp + yd + v^* + SI + e$, где B – скорректированный средний балл коровы за мастит за лактацию (или за сумму лактаций); μ – средняя популяционная; G и M – эффекты года и месяца отела (классификационные); W , SP , YD , V^* , – соответственно эффекты живой массы, продолжительности сервис-периода, удоя за 305 дней лактации, интенсивности молокоотдачи (*включен только в модель для 1-й лактации), учтены как линейные регрессоры; e – случайный эффект неучтенных факторов; SI – аддитивный генетический эффект отца, случайный. Племенная ценность быка рассчитана как $BV = 2 * SI$.

Об эффективности статистических моделей судили по коэффициенту детерминации (R^2 , %), который показывает долю общей изменчивости изучаемого признака, обусловленную факторами, включенными в модель. Достоверность оценок племенной ценности быков (REL , %) рассчитана по формуле: $REL = w / (w + k)$, где $k = (4 - h^2) / h^2$, $w = n * m / (n + m)$, где w – число эффективных лактаций дочерей, n – число лактаций дочерей у быка, m – число лактаций сверстниц дочерей, h^2 – коэффициенты наследуемости признаков, рассчитанные для исследуемого стада [6].

О фенотипических связях между признаками судили по коэффициенту корреляции между средними значениями признаков в группах отцовских полусестер, о генетических – между BV-оценками быков по признакам.

Результаты и обсуждение. Удой по первотелкам изменялся в зависимости от года обследования от 3005 до 3690 кг, содержание жира – от 3,72 до 4,11 %, продукция молочного жира – от 119 до 142 кг, интенсивность молокоотдачи – от 1,11 до 1,54 кг/мин. Средний по стаду балл за мастит увеличивается на протяжении первых трех лактаций от 3,59 до 4,44, что указывает на повышение частоты заболеваемости и поражаемости маститом с возрастом. Изменчивость балла за мастит достаточно высока и также увеличивается с возрастом коров (Cv от 48,74 до 58,56 %).

BV – оценка племенной ценности быка, рассчитанная методом BLUP, показывает, на какую величину генотип данного производителя лучше или хуже средней генетической ценности всех оцененных быков. Результаты оценки некоторых быков по баллу за мастит у дочерей представлены в таблице 1.

Для селекции на устойчивость к маститу при балльной оценке более ценными являются генотипы быков с отрицательными значениями племенной ценности. Большая в отрицательную сторону величина BV-оценки быка означает повышенную концентрацию генов резистентности

Таблица 1

Племенная ценность быков, лучших и худших по баллу за мастит у дочерей-первотелок, балл

Кличка и № быка	1-я лактация			2-я лактация			3-я лактация			с 1 по 3-ю лактации		
	n	BV	\bar{X}	n	BV	\bar{X}	n	BV	\bar{X}	n	BV	\bar{X}
Лучшие быки:												
Юппя 903/370	22	-0,52	3,03	19	-0,50	3,68	6	+0,30	7,09	47	-0,41	3,81
Сумрак 259	20	-0,46	3,11	49	-0,52	3,53	47	-0,04	3,74	116	-0,31	3,54
Полус 2499/1161	151	-0,38	3,44	162	+0,21	4,09	111	+0,24	4,77	424	+0,01	4,01
Худшие быки:												
Хурма 222/156	18	+0,22	3,51	22	+0,65	4,52	25	-0,22	3,97	65	+0,20	4,03
Юнга 297/2	65	+0,23	3,89	85	+0,20	4,25	82	+0,35	4,16	232	+0,26	4,11
Вергги 901/81	34	+0,38	3,98	38	+0,17	4,39	12	+0,34	6,67	84	+0,28	4,55

n – количество дочерей, BV – оценка племенной ценности быка,
 \bar{X} – средний балл за мастит в группах отцовских полусестер.

к маститу, половина из которой должна наследоваться дочерьми быка, четверть – внуками и так далее. Так, если бык Сумрак 259 по первой лактации дочерей имеет племенную ценность, равную -0,46 балла за мастит, то это означает, что средний балл у его дочерей-первотелок будет на 0,23 балла ниже средней по популяции или, другими словами, маститоустойчивость его дочерей-первотелок будет на 0,23 балла выше.

Как показали проведенные исследования, генетический потенциал быков, лучших и худших по устойчивости дочерей всех трех возрастов к маститу, различается более чем в два раза. Так, по первой лактации BV-оценки варьируют от -0,52 у лучшего быка Юппя 903/370 до +0,38 балла у худшего Вергги 901/81. Во вторую лактацию наиболее устойчивы к маститу оказались дочери Овода 1263 (BV=-0,72 балла), а более подвержены – Акробата 497/59 (BV=+0,98 балла), в третью – соответственно Марса 955/142 (BV=-0,87) и Инто 101/205 (BV=+0,72 балла). По сумме первой и второй лактаций племенная ценность варьировала по быкам от -0,56 до +0,14, по сумме трех лактаций – от -0,54 до +0,67 балла.

У некоторых быков племенная ценность по балльной оценке за мастит оставалась стабильной при оценке их по дочерям разного возраста. Так, племенная ценность одного из лучших быков Сумрака 259 за первую лактацию дочерей равна BV=-0,46, за вторую – BV=-0,52, за третью – BV=-0,04 балла. У худшего быка Юнга 297/2 племенная ценность, рассчитанная по дочерям этого же возраста, составила +0,23, +0,20 и +0,35 балла соответственно.

Для повышения объективности анализа отобрали быков, оцененных по баллу за мастит по 15 дочерям и более, и проанализировали стабильность BV-оценок. Оказалось, что из 18 айрширских быков, удовлетворяющих этим требованиям, шесть быков (33 %) имеют генотип лучше средней генетической ценности всех

быков по баллу за мастит на протяжении всех учтенных лактаций дочерей и три быка (17 %) – хуже. По остальным девяти быкам (50 %) знак BV-оценки не отличался стабильностью по отдельным лактациям и суммам лактаций. Подобное непостоянство оценок племенной ценности отцов говорит о том, что для точной окончательной оценки быков по резистентности дочерей к маститу необходимо привлекать данные по дочерям, окончившим, как минимум, две лактации.

Как показали коэффициенты корреляции между баллом за мастит в разные лактации (табл. 2), в целом для исследуемого айрширского стада оценка и отбор быков по маститным тестам дочерей за первую лактацию может быть эффективен. Вероятность правильной оценки животных по первой лактации выше средней, что подтверждается коэффициентами фенотипической и генетической корреляции с тремя первыми лактациями: $r = 0,68$ в обоих случаях ($P < 0,001$). Таким образом, дочери быков, лучших по BV-оценкам за первую лактацию, оказались более устойчивы к маститу и в целом за три лактации.

Как фенотипически, так генетически очень тесно коррелируют между собой BV-оценки быков по дочерям за первые две лактации и вторую: $r = 0,94$ и $r = 0,93$ ($P < 0,001$). Все эти факты указывают на возможность предварительной оценки и отбора быков по устойчивости к маститу при достаточном количестве потомков уже по первой лактации дочерей. Данный вариант оценки быков по устойчивости к маститу можно практиковать для отбора производителей, закрепляемых за товарными стадами. Привлечение данных по дочерям, окончившим вторую лактацию, повышает повторяемость племенной ценности быков. Коэффициенты фенотипической и генетической корреляции между первыми двумя и всеми тремя лактациями составили соответственно: $r = 0,85$ и $r = 0,83$ ($P < 0,001$). Подобный вариант оценки быков по

устойчивости к маститу более длителен и требует больше затрат, но он повышает точность оценки быков и вероятность отбора лучших генотипов, и его следует учитывать при планировании ценных заказных спариваний, анализе родословных.

Необходимо отметить более низкую повторяемость оценок племенной ценности быков по баллу за мастит между отдельными исследуемыми лактациями по сравнению с суммами лактаций. Фенотипически достоверно коррелируют между собой только первая лактация со второй и первая с третьей: $r = 0,36$ в обоих вариантах ($P < 0,05$). Генетически же оказались взаимосвязаны только первая и вторая лактации: $r = 0,41$ ($P < 0,05$).

Результаты наших исследований возрастной повторяемости устойчивости к маститу у коров согласуются с выводами скандинавских исследователей, полученными при анализе общенациональных массивов данных [7]. Исходя из неполной повторяемости признаков, характеризующих здоровье вымени, авторы предположили, что устойчивость к маститу в разные лактации контролируется разными группами генов. Возможно, эта гипотеза частично объясняет неполную повторяемость оценок племенной ценности быков у дочерей разного возраста.

Коэффициенты детерминации (R^2) статистических моделей для прогноза племенной ценности быков были небольшими. Так, в модели для первой лактации организовано было только 7,26 % факторов, для второй – 4,77 % и для третьей – 6,87 %. Таким образом, на долю неорганизованных факторов пришлось более 90 % дисперсии балла за мастит. Проблематичность разложения дисперсии показателей резистентности к маститу уже обсуждалась в литературе. Так, H. Lagtoque et al. (1999) проанализировали девять статистических моделей, описывающих изменчивость балльной оценки соматических клеток молока посредством признаков конституции, строения вымени, скорости молокоотдачи, темперамента животных. Во всех вариантах коэффициенты детерминации моделей не превышали 0,282 [8].

По материалам официального бюллетеня международной организации INTERBULL

National genetic evaluation programmes for dairy production traits practiced in Interbull member countries 1999 – 2000 (2000) требования к повторяемости BV-оценки быка (REL) для публикации результатов испытания по качеству потомства различны. Так, в Нидерландах, Израиле, Бельгии, Великобритании, Германии, Аргентине достаточно повторяемости оценки в 50 % [3]. Результаты нашего исследования показали, что максимально возможной надежности оценок племенной ценности быков по баллу за мастит следует ожидать при учете данных за сумму первых двух лактаций. В этой возрастной группе оценки 31,6 % быков имели повторяемость в пределах 50...65 %. У 26,3 % быков она превышала 65 %. Самыми надежными (REL более 90 %) оказались оценки быков Ламы 488/25 и Принца 4622/103. Следовательно, полученные факты еще раз подтверждают, что самый ранний прогноз аддитивной генетической ценности быков по маститу желателно давать по материалам первых двух лактаций дочерей.

Исследовали также прогностическую ценность метода BLUP. Так как в расчетах средних значений балла за мастит по группам отцовских полусестер и BV-оценок быков использованы одни и те же данные, то степень соответствия этих двух характеристик генотипа быков можно оценить величиной отклонения фактического коэффициента корреляции между ними от ожидаемого значения (то есть от 1). Коэффициенты корреляции между BV-оценками быков по баллу за мастит и средним баллом их дочерей составили: по первой лактации $r = 0,61$, по второй $r = 0,84$, по третьей $r = 0,64$, в среднем за первые три лактации $r = 0,80$ ($P < 0,001$ для всех). Метод BLUP на сегодняшний день считается наиболее точным для определения генетической ценности животных, поэтому неполная корреляция связана с тем, что средние значения балла за мастит с большей погрешностью характеризуют генотип животных. Таким образом, использование метода BLUP для селекции быков-производителей по резистентности к маститу может повысить эффективность отбора особей с лучшими генотипами (или, другими словами, снизить ошибку при отборе) на 20 – 40 %.

Таблица 2

Коэффициенты фенотипической (под диагональю) и генетической (над диагональю) корреляции между баллом за мастит в разные лактации дочерей (35 быков)

Лактации	1-я	2-я	3-я	1 и 2-я	с 1 по 3-ю
1	–	0,41*	0,28	0,71***	0,68 ***
2	0,36*	–	0,16	0,93***	0,74 ***
3	0,36*	0,13	–	0,22	0,70 ***
1 и 2	0,63***	0,94***	0,22	–	0,83***
с 1 по 3	0,68***	0,74***	0,63***	0,85***	–

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болгов А. Е. Повышение резистентности крупного рогатого скота к маститу / А. Е. Болгов, Е. П. Карманова, Л. Н. Муравья, В. Е. Макарова. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1996. 182 с.
2. Kaneene J. B., Hurd H. S. The National Animal Health Monitoring System in Michigan / J. B. Kaneene, // *Prev. Veter. Med.* 1990. № 8. P. 103–114.
3. National genetic evaluation programmes for dairy production traits practiced in Interbull member countries 1999–2000 / *Interbull*. Uppsala, 2000. Vol. № 24. 111 p.
4. Бальная оценка мастита у коров / Е. П. Карманова, Л. Н. Муравья, А. Е. Болгов, В. Е. Макарова // *Зоотехния*. 1997. № 11. С. 7–8.
5. Кузнецов В. М., Шестиперов А. А., Егорова В. Н. Методические рекомендации по использованию метода BLUP для оценки племенной ценности быков-производителей. Л.: ВНИИРГЖ, 1987. 69 с.
6. Кузнецов В. М., Н. А. Червяков. Бюллетень генетической оценки быков по качеству потомства методом BLUP (выпуск 2). Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 42 с.
7. Pösö J., Mäntysaari E. A. Relationships between clinical mastitis, somatic cell score, and production for the first three lactations of Finnish Ayrshire // *J. Dairy Sci.* 1996. № 79. P. 1284–1291.
8. Larroque H. Genetic parameters for type and functional traits in the French Holstein breed / H. Larroque, R. Rupp, S. Moureaux, D. Boichard, V. Ducrocq // *Proceedings International Workshop on EU Concerted Action on Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle (GIFT); Breeding Goals and Selection Schemes / Interbull*. Uppsala, 1999. № 23. P. 169–179.

УДК 636.2.03:636.2.082.4

ВАЛЕРИЯ ЮРЬЕВНА СИРОТИНИНА

кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоотехнии, товароведения и экспертизы продовольственных товаров агротехнического факультета ПетрГУ
Sirotinina@onego.ru

ПОКАЗАТЕЛИ ВОСПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ПЕРВОГО ОСЕМЕНЕНИЯ ПОСЛЕ ОТЕЛА

Своевременное осеменение и оплодотворение коров после отела – важное условие получения максимального количества телят и молока. Принимая решение об осеменении коровы после отела, необходимо учитывать здоровье животного в послеродовом периоде, уровень молочной продуктивности, качество и полноценность кормления. Иначе результат осеменения может быть отрицательным.

Ключевые слова: корова, лактация, время первого осеменения после отела, мастит, акушерские и гинекологические болезни

Рассматривая вопрос о сроках первого осеменения коров после отела, необходимо учитывать физиологические параметры животных. На фоне биологически неполноценного и несбалансированного кормления, активной лактационной деятельности у коров зачастую обнаруживаются неполноценные половые циклы либо их отсутствие [1, 2, 3]. Начальный этап послеродового периода является переходным от беременности к лактации и характеризуется сложной нейрогуморальной перестройкой организма, снижением параметров бактерицидности, фагоцитарной активности лейкоцитов крови и других показателей неспецифической иммунологической реактивности организма коров. В этот отрезок времени происходит становление лактационной доминанты у коров [4, 5]. Необходимо учитывать, что между молочной железой и органами размножения у коров существует физиологическая и рефлекторная связь. Так, в начальной стадии лактации трофическая секреция гипофиза в большей степени направлена на обеспечение образования молока, чем на восстановление активности яичников [6].

Нами изучено влияние сроков первого осеменения коров после отела на показатели их воспроизводства. Исследования проводили в АК им. Зайцева Республики Карелия на коровах айрширской породы. С исследовательской целью мы разделили животных на две группы. У животных первой группы первое после отела осеменение проводилось ранее 150 суток, то есть в период раздоя и напряженного лактогенеза. Во второй группе коров осеменяли позднее 150 суток, в период, когда наблюдался спад лактационной деятельности.

В этих двух выборках изучены основные показатели воспроизводства: оплодотворяемость коров после первого осеменения; индекс осеменения, продолжительность сервис- и межотельного периода. Кроме того, исследованы малоизученные показатели плодовитости: период времени от отела до первого осеменения (индифференс-период) и интервал от первого осеменения до плодотворного – период осеменения (табл. 1).

У коров второй группы индифференс-период был продолжительнее на 117,7 суток в сравне-

Таблица 1

Показатели воспроизводства у коров
при разной продолжительности индифференс-периода

Показатели	Коровы со сроком первого осеменения < 150 сут. (1 группа)		Коровы со сроком первого осеменения > 150 сут. (2 группа)	
	n	$\bar{X} + m$	n	$\bar{X} + m$
Индифференс-период, суток	702	71,4+1,2***	55	189,1+3,9
Оплодотворяемость после первого осеменения, %	680	58,7	51	60,8
Индекс осеменения	680	1,68+0,04*	51	1,45+0,09
Период осеменения, сут.	281	85,9+4,4***	19	46,8+8,4
Сервис-период, сут.	680	107,1+2,5***	51	204,8+5,8
Межотельный период, сут.	670	389,7+2,6***	51	485,1+5,8

*- $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

нии с коровами первой группы (189,1 суток против 71,4 суток; $P < 0,001$). Так как показатель отражает инволюционные процессы в послеродовом периоде, коровам второй группы требовалось больше времени для восстановления активности яичников после отела, чем коровам первой группы.

Поскольку продолжительность сервис-периода тесно взаимосвязана с индифференс-периодом, более продолжительный интервал от отела до плодотворного осеменения обнаружен у коров с более поздним первым осеменением – в среднем 204,8 суток против 107,1 суток у коров с более ранним оплодотворением ($P < 0,001$).

При более продолжительном сервис-периоде у коров второй группы был увеличен и межотельный период по сравнению с особями первой группы (485,1 против 389,7 суток; $P < 0,001$).

Обнаружено, что при удлинённых индифференс-, сервис- и межотельном периодах у коров второй группы индекс осеменения и период осеменения были достоверно меньше, чем у коров первой группы.

Так, при пролонгированном первом осеменении животным второй группы потребовалось

осеменений в 1,16 раз меньше для оплодотворения, и индекс осеменения у них составил 1,45 против 1,68 в первой группе ($P < 0,05$).

Время первого после отела осеменения оказало существенное влияние на интервал времени от первого осеменения до плодотворного. Так, у коров первой группы период осеменения был 85,9 суток, а у коров второй группы – 46,8 суток ($P < 0,001$). Вероятно, у животных первой группы были более удлинённые интервалы между смежными осеменениями в связи с возможной ранней гибелью эмбрионов и задержкой желтого тела в яичниках. Несмотря на то, что первая охота наступила у большинства животных этой группы в течение 70 суток после родов, инволюция, вероятно, не была окончательно завершена, что отразилось на индексе осеменения и периоде осеменения.

У коров обеих групп была определена оплодотворяемость после первого осеменения. Средние значения в разных группах были приблизительно одинаковы, составив в первой группе 58,7%, во второй – 60,8%. Первое осеменение у коров второй группы наступило более чем через 6 месяцев после отела, но оплодотворяемость

Таблица 2

Показатели воспроизводства и молочной продуктивности
у здоровых и больных коров

Показатели	Здоровые по маститу и акушерско-гинекологическим заболеваниям				Больные акушерско-гинекологическими заболеваниями и маститом			
	период от отела до первого осеменения							
	< 150 суток		> 150 суток		< 150 суток		> 150 суток	
	n	$\bar{X} + m$	n	$\bar{X} + m$	n	$\bar{X} + m$	n	$\bar{X} + m$
Индифференс-период, сут.	247	67,9+1,9***	16	171,0+5,5	455	73,4+1,4***	39	196,4+4,6
Индекс осеменения	245	1,50+0,05	16	1,31+0,12	435	1,78+0,05*	35	1,51+0,11
Оплодотв. после первого осеменения, %	245	66,1	16	68,8	435	54,0	35	57,1
Период осеменения, сут.	83	69,2+6,4	5	48,0+22,5	198	93,0+5,6***	14	46,4+8,9
Сервис-период, сут.	245	91,4+3,5***	16	186,0+9,5	435	115,9+3,4***	35	213,4+6,8
Межотельный период, сут.	243	374,7+3,7***	16	468,8+9,8	427	398,1+3,5***	35	492,6+6,9

*- $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

после первого осеменения у них была в пределах нормы. У коров первой группы, напротив, первая охота наступала в период активного лактогенеза и, возможно, поэтому более 40% коров после первого осеменения оказались нестельными.

Также изучены показатели плодovitости у коров с учетом времени первого после отела осеменения и состояния здоровья репродуктивной сферы и молочной железы (табл. 2).

Обнаружено, что у больных коров с удлиненным индифференс-периодом индекс осеменения и период осеменения были достоверно меньше, чем у больных коров с более коротким временем первого осеменения. Так, индекс осеменения у больных животных с пролонгированным индифференс-периодом был 1,51, период осеменения – 46,4 суток против 1,78 ($P < 0,05$) и 93,0 суток ($P < 0,001$) – у больных коров первой группы.

Анализ показал также, что ухудшающий эффект на показатели воспроизводства из-за влияния акушерско-гинекологических заболеваний и мастита зависит в определенной степени от времени первого после отела осеменения. В группе с индифференс-периодом более 150 дней этот эффект по основным показателям воспроизводства был заметно меньше, чем у особей, которые

осеменялись ранее 150 дней после отела, на 5,01 – 17,0% против 6,2 – 34,4%.

Таким образом, мы обнаружили, что первое осеменение коров, проведенное в течение первых двух-трех месяцев после отела, не всегда является физиологически оправданным. Некоторым животным требуется больше времени для восстановления активности яичников после отела. Особенно это касается высокопродуктивных коров и животных с патологиями репродуктивной системы и молочной железы. Следует также учитывать, что в течение 4-5 месяцев после отела лактационная доминанта подавляет половые функции у коров. В этом случае наступает удлинение индифференс-, сервис- и межотельного периодов, удлиняется лактация у коров, но сокращается количество безрезультатных осеменений и укорачивается период осеменения.

Следовательно, существует связь между показателями воспроизводства и временем первого осеменения коров после отела, и результат осеменения не всегда будет однозначен. Для повышения эффективности воспроизводства стада необходимо дифференцированно подходить к вопросу первого осеменения коров после отела, учитывая физиологические особенности и состояние здоровья животных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Seifi H. A., Farzaneh N., Mohri M. The relationships between blood profile and infertility in dairy cattle//14 International Congress on Animal Reproduction: Abstracts. Stockholm, 2000. Vol. 1. P. 189.
2. Sretenovic L., Jovanovic R., Stoicevic L., Perkovic S. The influence of glycogene matters in the prevention of ketosis and improvement of reproductive performance in high yielding dairy cows// 14 International Congress on Animal Reproduction: Abstracts. Stockholm, 2000. Vol. 1. P. 259.
3. Zhang W. C., Nakao T., Kida K., Moriyoshi M., Nakada K. Effect of nutrition on fetoplacental development in cattle// 14 International Congress on Animal Reproduction: Abstracts. Stockholm, 2000. Vol. 1. P. 153.
4. Ильинский Е. В. Иммунобиологические аспекты воспроизведения животных // Совершенствование племенных и продуктивных качеств животных и птицы: Материалы конференции. М. 1999. С. 114–115.
5. Протасов Б. И., Коммисарова И. М. Повышение реализации генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных при применении элеутерококка // Сб. науч. тр. ВНИИГРЖ. СПб., 1999. С. 101–104.
6. Ахмадеев А. Н. Биогенетические основы повышения эффективности воспроизводства высокопродуктивных коров. Казань, 1986. 85 с.

УДК 630

ОЛЬГА ИВАНОВНА ГАВРИЛОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства лесоинженерного факультета ПетрГУ
ogavril@psu.karelia.ru

ВИТАЛИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ХЛЮСТОВ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства Российского государственного аграрного университета РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева
khlustov@timacad.ru

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ПО ВЫРАЩИВАНИЮ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД

В работе приведена классификация лесных питомников республики Карелия, которая позволяет проанализировать выращивание сеянцев сосны и ели и наметить пути решения закупки посадочного материала.

Ключевые слова: слова: сеянцы сосны и ели, питомники, классификация

За последние 10 лет Республика Карелия стабильно выращивает достаточное количество посадочного материала и обеспечивает потребности в нем; объем выращивания при этом и сосны и ели примерно равен по 15–20 млн. шт. сеянцев в год, достигая в сумме величины 32–40 млн. шт. Следует отметить появление в республике селекционно-улучшенного посадочного материала, выращиваемого в основном в тепличных условиях (до 10 млн. шт. в отдельные годы), и появление нового вида посадочного материала – контейнеризированных сеянцев (ПМЗКС). Больше количество сеянцев сосны ПМЗКС отнесительно ели обусловлено годичным сроком выращивания его в контролируемых условиях, в то время как сеянцы ели требуют двух лет до достижения ими стандартных размеров.

Качество выращиваемого посадочного материала в последние годы повысилось благодаря обучению кадров и проведению работы по расширению семенной базы. На сегодняшний день на территории республики насчитывается 6 лесосеменных плантаций (ЛСП), в том числе 2 – карельской березы (в Заонежском и Петрозаводском лесхозах). На 4 плантациях (Заонежский,

Лахденпохский, Олонецкий, Петрозаводский лесхозы) выращивается потомство плюсовых деревьев ели, на 6 – сосны (Заонежский, Ладвинский, Лахденпохский, Олонецкий, Питкярантский, Петрозаводский лесхозы). Общая площадь ЛСП составляет 496,4 га.

На территории 26,9 га двух лесхозов Карелии (Олонецкий и Петрозаводский) заложены испытательные культуры, на площади 47 га (Медвежьегорский и Пряжинский лесхозы) соответственно географические культуры сосны и ели.

В Карелии на сегодняшний день выделено и аттестовано 1926 плюсовых деревьев, в том числе сосны обыкновенной – 1360 шт., сосны скрученной – 14, ели европейской – 444, березы карельской – 85, лиственницы сибирской – 20, 3 плюсовых дерева пихты сибирской.

Кроме того, на площади 562 га выделены плюсовые насаждения, в том числе оформлено в семенные заказники 384 га. На достаточно большой площади республики выделены и аттестованы генетические резерваты – 11486,2 га.

Следует отметить, что относительно общего количества выращиваемого посадочного материала по республике доля сеянцев ЗКС постоян-

но увеличивается. Так, по выращиванию сосны она составляет от 25 до 34%, для ели эта величина несколько меньше и равна 5–10%.

На территории Республики Карелия имеется 34 федеральных лесохозяйственных предприятия, 25 из которых имеют постоянные или временные лесные питомники. Их деятельность различна по количеству выращиваемого посадочного материала, площади, интенсивности, затратам и другим показателям. Классификация лесхозов по количеству посадочного материала и площади посевов могла бы дать информацию о том, как питомники лесхозов справляются с возложенной на них задачей, оценить их в географическом пространстве и сделать соответствующие коррективы на будущее.

Относительно количества посадочного материала сосны и ели, выращенных в 2003 году, а также площади под посевами разных лет питомники соответствующих лесхозов делились на классы.

ПРОИЗВОДСТВО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОСНЫ

Для разделения питомников на классы по выходу посадочного материала разного возраста был проведен анализ методом дивизивной стратегии, предприятия предварительно разделены на классы. Разделение проводили по двум факторам: площадь выращивания и выход посадочного материала для двух летних сеянцев. При этом отмечено, что некоторые сгруппированные вместе объекты расположены на достаточно большом расстоянии друг от друга (рис. 1).

Для более достоверного объединения предприятий проведена кластеризация методом стратегии Уорда и было выяснено, как именно группируются объекты в многомерном пространстве переменных (рис. 2).

Используя стратегию Уорда, позволяющую минимизировать внутрикластерный разброс шести показателей, была получена дендрограмма с глубоко разделенными кластерами. На дендрограмме несложно различить 6 групп предприятий, позволяющих осуществить предварительное разделение питомников на классы (рис. 3.2).

По выходу выращиваемого посадочного материала с единицы площади однолетних и двухлетних сеянцев не стандартных и стандартных сосны обыкновенной для 2003 года все 16 питомников, выращивающих сосну, были разделены на шесть классов (табл. 1).

К первому из них были отнесены Лахденпохский, где имеется только комплекс по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой и нет площадей открытого грунта, где выращивались бы двухлетние сеянцы и старше. Ко второму классу по ранжиру отнесены Олонецкий и Костомукшский питомники, где имеются теплицы и выращивается в одинаковом количестве стандартный посадочный материал. Выход стандартного посадочного ма-

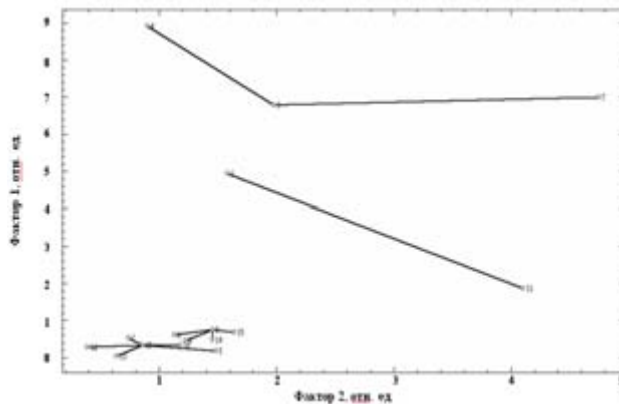


Рис. 1. Разделение лесхозов по классам по выходу посадочного материала сосны по дивизивной стратегии

териала в теплице больше и равен стандартному (5 млн. шт./га). Кроме того, эти предприятия имеют открытый грунт и проводят выращивание двухлетних сеянцев. Для старейшего карельского питомника Олонецкого лесхоза большое значение имело использование деревянной блочной теплицы, обеспечивающей выход большого количества посадочного материала с улучшенными наследственными свойствами с единицы площади, который выращивается для сосны в течение одного года.

К одному классу по ранжиру были отнесены Кондопожский, Пряжинский и Сортавальский лесхозы. Здесь выращиваются сеянцы только в открытом грунте и потому при выращивании однолетних сеянцев стандартных нет. Они не имеют тепличного хозяйства, однако достигли весьма неплохих результатов по выращиванию сеянцев сосны в условиях открытого грунта.

Питомник Кемского лесхоза, относящийся к временным, в 2003 году выпустил довольно большое количество посадочного материала при относительно малой площади посева. Выход продукции с единицы площади примерно в 2–3 раза выше нормативного. Это и позволило объединить постоянный питомник Калевальского

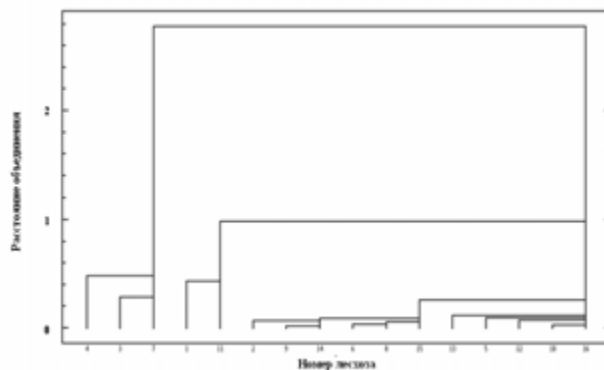


Рис. 2. Дендрограмма кластеризации лесхозов по выходу посадочного материала ели по стратегии Уорда

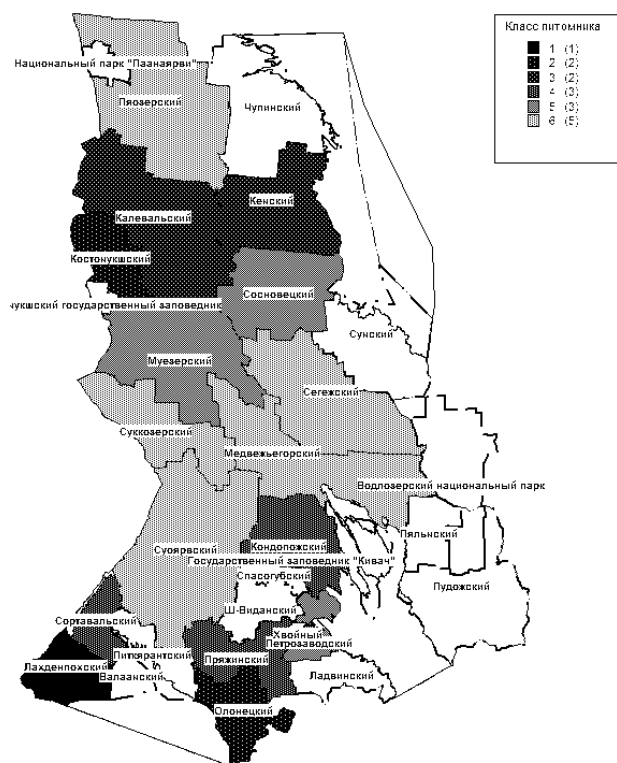


Рис. 3. Классификация лесхозов по выращиванию посадочного материала сосны.

Классы питомников лесхозов: 1 – Петрозаводский, Кемский; 2 – Калевальский, Кемский; 3 – Кондопожский, Суоярвский; 3 – Сосновецкий; 4 – Костомукшский; 5 – Лахденпохский; 6 – Пяозерский, Суккозерский; 7 – Медвежьегорский, Пряжинский; 8 – Сегежский, Сортавальский; 9 – Муезерский, Сумский

лесхоза, оборудованный тепличным комплексом, и временный питомник в один класс, несмотря на их различное географическое положение (рис. 3). Питомник Калевальского лесхоза, имеющий современный комплекс для выращивания ПМЗКС, имеет, кроме того, хорошие показатели по выходу посадочного материала с гектара полей.

Достаточно близкие показатели по выходу посадочного материала имеют Муезерский, Петрозаводский и Сосновецкий лесхозы. При этом ни один из них в целом не обеспечил плановый выход стандартного посадочного материала (1100 тыс. шт./га для средней тайги). Постоянный питомник Петрозаводского лесхоза стабильно в течение всего рассматриваемого периода (10 лет) выпускал в большом количестве посадочный материал, в том числе сеянцы, улучшенные по наследственным свойствам, и посадочный материал с закрытой корневой системой. Такие сеянцы, выращиваемые по современным технологиям, растут в течение всего вегетационного периода в теплице, а в конце его – на специальной площадке для доращивания.

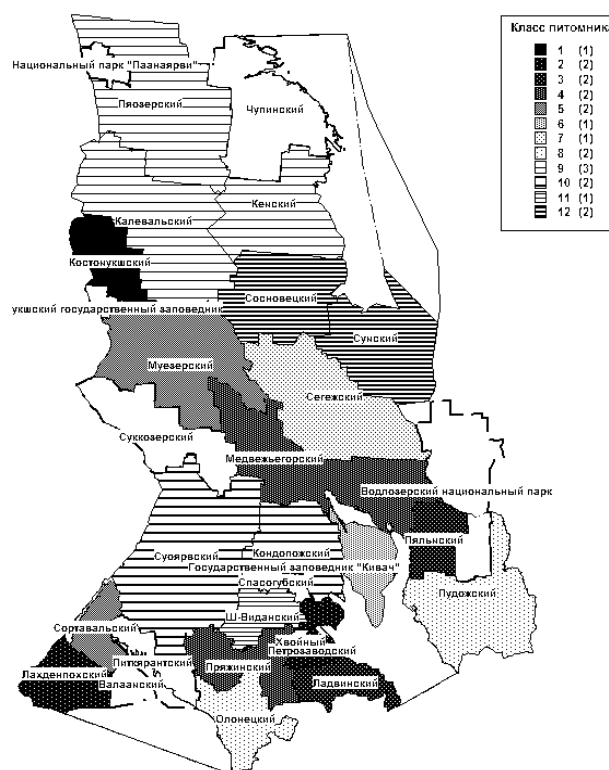


Рис. 5. Классификация питомников по выращиванию посадочного материала ели европейской.

Классы питомников: 1 – Пудожский; 2 – Медвежьегорский, Муезерский, Суоярвский; 3 – Кондопожский, Ладвинский; 4 – Лахденпохский, Петрозаводский, Пяльмский; 5 – Калевальский, Пряжинский, Сортавальский; 6 – Кемский, Сумский; 7 – Поросозерский, Пяозерский; 8 – Костомукшский, Заонежский; 9 – Сегежский, Сосновецкий, Шуишко-Виданский; 10 – Олонецкий

Применение новых технологий, большой объем выращиваемого посадочного материала отличают этот питомник.

Оставшиеся пять питомников объединены в один класс. Они расположены в основном в средней части Карелии, не имеют тепличных комплексов, выращивание посадочного материала в открытом грунте не обеспечивает рекомендуемого выхода посадочного материала с единицы площади (кроме Медвежьегорского лесхоза).

Максимальные затраты понесли лесхозы на выращивание сеянцев: Лахденпохский – 2 млн. 45 тыс. руб., Костомукшский – 1 млн. 497 тыс. руб., Петрозаводский – 1 млн. 340 тыс. руб., Олонецкий – 1 млн. 167 тыс. руб. и Калевальский – 460 тыс. руб., то есть те, которые занимаются выращиванием ПМЗКС.

В одном классе рангов оказались временные питомники Пяозерского и Суккозерского, Медвежьегорского и Сегежского лесхозов, которые в условиях северной тайги не успевают вырастить стандартный посадочный материал при отсутствии специальных уходов за сеянцами и применения удобрения. Эти питомники имеют очень

маленькие площади ежегодного посева сосны, что не позволяет им обеспечивать себя посадочным материалом этой породы. Для Сегежского лесхоза потребность в сеянцах сосны достаточно велика при необходимости закладывать культуры этой породы вблизи ЦБК, и, несмотря на это, они предпочитают закупать его в других хозяйствах.

Ряд хозяйств не занимается выращиванием посадочного материала сосны (например, Пудожский, Пяльмский, Ладвинский лесхозы), которые в силу географического положения в регионе с преобладанием еловых насаждений и суглинистых увлажненных почв не нуждаются в нем.

Для окончательного решения поставленной классификационной задачи был применен дискриминантный анализ, позволяющий статистически оценить вероятность отнесения каждого предприятия в конкретный класс по его расстоянию от центра d_2 , а также отдаленность классов друг от друга по суммарному межкластерному расстоянию Махаланобиса (D_2) (рис. 4).

В результате проведенного анализа все классифицируемые предприятия были достоверно разделены на шесть классов. Об этом свидетельствует значимость расстояний рядов распределения до центра класса, которые превышают критическое расстояние, равное 0,05. Главным классификационным критерием является суммарное межкластерное расстояние Махаланобиса, равное 1318, которое значительно превышает расстояния показателей от центра своего класса.

Судя по распределению вероятностных характеристик предприятий, следует отметить высокую степень надежности классификации. Большинство предприятий имеет вероятность попадания в однородный класс на уровне 80–100%, незначительное их количество – в диапазон вероятности от 60 до 80%.

Величина значимости расстояния каждого предприятия до центра класса более 5%-го уровня ($P > 0,05$) (см. рис. 3.4) свидетельствует о принадлежности предприятий к однородным классам. Все это позволяет судить о достоверности полученной классификации.

Таким образом, разделение питомников на классы учитывает не только объемы выращивания и площади посевов, но и потребности хозяйства, географическое положение территории лесхоза и близость к крупным базисным предприятиям, что дает возможность проводить закупки у соседних предприятий.

ПРОИЗВОДСТВО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ЕЛИ

Из 25 постоянных и временных питомников республики 22 выращивают посадочный материал ели. Проанализированы в процессе работы 4 разных показателя, показывающих выход посадочного материала однолетних и двухлетних сеянцев, в том числе стандартных.

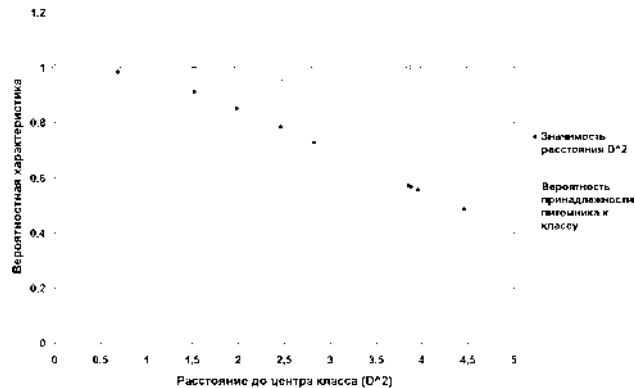


Рис. 4. Распределение вероятностных характеристик принадлежности питомника лесхоза к однородному классу по площади и количеству посадочного материала сосны обыкновенной (суммарное межкластерное расстояние $D_2 = 1318$ при $P < 0,05$).

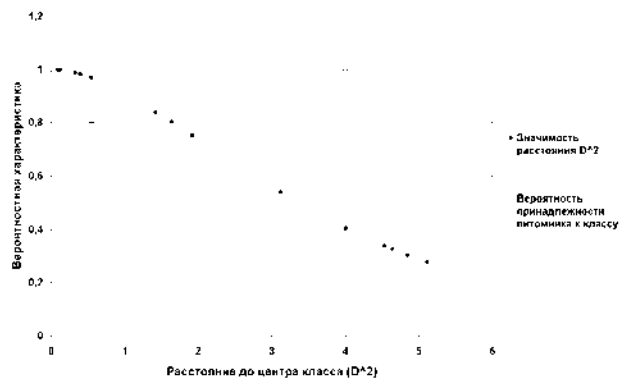


Рис. 6. Распределение вероятностных характеристик принадлежности питомника лесхоза к однородному классу по площади и количеству посадочного материала ели европейской и сибирской

Субъективно-интуитивный подход не позволяет статистически достоверно определить количество классов, кроме того, возникает вопрос о статистически достоверном разделении питомников по выделенным классам. Задача эта предварительно решается также с помощью дивизивной стратегии. После анализа предварительно выделенных групп предприятий был применен метод кластерного анализа. Как и при анализе классификации по сосне, здесь применили стратегию Уорда.

К первому классу по ранжиру отнесли Костомукшский лесхоз. Здесь посадочный материал ели выращивается только в теплице и в очень маленьком количестве, однако в целом показатели по выходу с единицы площади достаточно высокие, что и позволило выделить это северное предприятие в отдельный класс (табл. 2).

Южные питомники Петрозаводского и Лахденпохского лесхозов отнесены к одному классу. Эти предприятия выращивают ПМЗКС ели,

Таблица 1

Классификация питомников
по выходу выращиваемого посадочного материала сосны обыкновенной

Класс	№ п/п	Лесхоз	Сеянцы однолетние		Сеянцы двух лет и старше	
			всего, тыс. шт./га	из них стандартные, тыс. шт./га	всего, тыс. шт./га	Из них стандартные, тыс. шт./га
1	4	Лахденпохский	6650	6650	0	0
2	3	Костомукшский	5000	5000	996	996
	7	Олонецкий	5000	5000	3125	3125
3	1	Калевальский	935	5445	1176	935
	11	Кемский*	3013	0	3426	2330
4	2	Кондопожский	909	0	485	485
	9	Пряжинский	700	0	879	879
	14	Сортавальский*	700	0	1054	1054
5	6	Муезерский	1024	0	776	776
	8	Петрозаводский	743	333	1045	1045
	15	Сосновецкий*	1085	0	1085	1241
6	5	Медвежьегорский	155	0	1128	1128
	10	Суоярвский	525	0	595	624
	12	Пяозерский*	533	0	500	0
	13	Сегежский*	0	0	451	529
	16	Суккозерский*	500	0	860	860

Таблица 2

Распределение питомников
по выходу выращиваемого посадочного материала ели сибирской и европейской

Класс	№п/п	Лесхоз	Сеянцы однолетние		Сеянцы двух лет и старше	
			всего, тыс. шт./га	стандартные, тыс. шт./га	всего, тыс. шт./га	стандартные, тыс. шт./га
1	3	Костомукшский	9550,00	6805,00	0,00	0,00
2	4	Лахденпохский	1690,47	5115,38	852,79	891,30
	8	Петрозаводский	451,21	4642,85	451,57	1040,00
3	15	Ладвинский*	871,42	0,00	1324,11	838,09
	17	Пяльмский*	1087,8	0,0	1291,04	714,28
4	10	Пряжинский	410,00	0,00	955,55	1007,50
5	6	Муезерский	1066,66	0,00	1153	968,00
	20	Сортавальский*	697,50	0,00	1172,85	1192,00
6	13	Заонежский*	1800,00	0,00	2100,00	2100,00
7	19	Сегежский*	744,80	0,00	80,00	80,00
8	9	Питкярантский	0,00	0,00	0,00	0,00
	22	Суккозерский*	0,00	0,00	0,00	0,00
	24	Чупинский*	0,00	0,00	0,00	0,00
9	7	Олонецкий	500,00	0,00	504,22	689,57
	11	Пудоожский	618,20	0,00	372,38	582,10
10	1	Калевальский	290,00	0,00	379,50	458,00
	14	Кемский*	0,00	0,00	379,50	458,00
	18	Пяозерский*	275	0,00	318,18	375,00
11	2	Кондопожский	411,51	0,00	702,83	702,83
	12	Суоярвский	692,30	0,00	783,24	578,94
12	16	Поросозерский*	1000,00	0,00	766,66	666,66
	25	Шуйско-Виданский*	1140,00	0,00	710,00	710,00
13	21	Сосновецкий*	954,88	0,00	1147,39	1936,67
	23	Сумский*	880,00	0,00	1550,00	1755,00

имеют, кроме того, поля открытого грунта с небольшим количеством сенцев ели разных лет выращивания, что позволит им в будущем иметь стандартный посадочный материал для нужд своего хозяйства. К одному классу также отнесены питомники Пяльмского и Ладвинского лесхозов, также расположенные в южной части республики. Здесь при небольших объемах посадки получают достаточно большое количество посадочного материала. К одному из классов отнесли Олонецкий и Пудожский лесхозы, которые расположены в зоне преимущественного произрастания еловых насаждений и имеют максимальную потребность в нем относительно других хозяйств (рис. 5).

Здесь самая большая площадь посевов ели (около 5 га) и объем выращенного посадочного материала (более 3 млн. шт.). Однако, несмотря на это, выход посадочного материала с единицы площади меньше стандартного. Объем выращиваемого посадочного материала позволяет лесхозам реализовывать его в соседние хозяйства. Себестоимость выращивания посадочного материала достаточно низкая и составляет 164,8 тыс. руб.

К одному классу по ранжиру отнесли питомники Сосновецкого и Сумского лесхозов. Здесь достаточно большие площади посевов и выход посадочного материала с гектара близок к нормативным показателям для средней тайги.

В одну группу включены предприятия, которые в своих питомниках не выращивают посадочный материал ели: Чупинский, Суккозерский, Питкярантский. В первых двух потребность в сеянцах ели практически невелика, Питкярантский же лесхоз закупает сеянцы в других хозяйствах.

Для окончательного решения поставленной классификационной задачи был применен дискриминантный анализ, позволяющий статистически оценить вероятность отнесения каждого предприятия в конкретный класс по его расстоянию от центра d_2 , а также отдаленность классов друг от друга по суммарному межкластерному расстоянию Махаланобиса (D_2).

В результате проведенного анализа все классифицируемые предприятия были достоверно разделены на десять классов. Об этом свидетельствует значимость расстояний каждого предприятия до центра класса, которые превышают критическое расстояние, равное 0,05.

Главным классификационным критерием является суммарное межкластерное расстояние Махаланобиса, равное 298,6, которое значительно превышает расстояния рядов распределения от центра своего класса.

Таким образом, как и при выращивании сеянцев сосны питомниками Карелии, приведенная классификация лесхозов по выращиванию сеянцев ели показывает наличие связи выделенных закономерностей распределения питомников не только с географическим расположением предприятий, но и со степенью оснащенности их современными технологиями и площадями теплиц, наличием рядом крупных базисных питомников и, наконец, традиционно сложившимися отношениями с другими питомниками и поставщиками.

Таким образом, по объемам и площадям выращивания посадочного материала ели всего на территории Карелии было выделено 13 классов из 23 постоянных и временных питомников. Графическая интерпретация вероятностных характеристик по принадлежности предприятий к конкретному классу представлена на рисунке 6.

Суммарное межкластерное расстояние Махаланобиса составляет 295,4 при $P < 0,05$, значительно превышая внутрикластерные расстояния предприятий до центров кластеров, что указывает на достоверность выделения классов. Судя по распределению вероятностных характеристик отнесения предприятий к однородным классам, следует отметить высокую степень надежности классификации. Большинство предприятий имеет вероятность попадания в однородный класс на уровне 80–100% и незначительное их количество – в диапазон вероятности от 60 до 80%. Величина значимости расстояния каждого ряда до центра класса более 5%-го уровня ($P > 0,05$) свидетельствует о принадлежности рядов к однородным классам. Исключение составляет Пяльмский лесхоз со значимостью расстояния менее 5%-го уровня ($P < 0,05$), что свидетельствует о недостоверном его отнесении к выделенному классу. Однако стоит отметить очень высокую вероятность отнесения (100%) его к классу, к которому оно и было отнесено. Все это позволяет судить о достоверности полученной нами классификации при исследовании объемов выращивания сеянцев ели.

УДК 630.237.4

АННА ЛЕОНИДОВНА ЮРЬЕВА

кандидат биологических наук, преподаватель кафедры лесного хозяйства лесоинженерного факультета ПетрГУ
yureva@psu.karelia.ru

РОСТ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS*) В УСЛОВИЯХ ВЕЙНИКОВО-ЛУГОВИКОВЫХ ВЫРУБОК КАРЕЛИИ

Рассматривается влияние подготовки почвы и вида посадочного материала на рост лесных культур сосны обыкновенной в первые годы после создания.

Ключевые слова: слова: рост, сосна обыкновенная, сеянцы с закрытой корневой системой, сеянцы с открытой корневой системой, подготовка почвы

Целью работы являлось сравнение особенностей роста лесных культур сосны обыкновенной из различных видов посадочного материала и оценка влияния обработки почвы на их рост в условиях вейниково-луговиковых вырубок южной части Карелии.

Основная часть исследований проводилась на постоянных пробных площадях, заложенных на территории Пряжинского лесхоза в рамках проекта «Тайга – модельный лес» силами сотрудников Института леса КарНЦ РАН и Петрозаводского государственного университета на вейниково-луговиковой вырубке 1991 г. из-под сосняка брусничного III класса бонитета. Почва участка – подзол иллювиально-железистый песчаный на морене. Вырубка характеризовалась средней степенью задернения и неоднородным напочвенным покровом (состав: *Calamagrostis arundinacea* – 31 %, *Calamagrostis epigeios* – 23 %, *Deschampsia flexuosa* – 20 %, *Vaccinium vitis-idaea* – 19 %, *Chamaenerion angustifolium* – 7 %).

Естественное возобновление на вырубке было представлено в основном лиственными

породами. Береза являлась сильным конкурентом сосны и ели. Поэтому осенью 1998 г. была проведена реконструкция малоценных насаждений методом сплошной уборки лиственных пород на площади 1,3 га. Соседний участок площадью 0,7 га отличался большим количеством подростов ели и сосны. На этом участке заложены частичные культуры сосны биогруппами. Всего создано четыре варианта лесных культур в трех повторностях каждый (табл. 1), общей площадью 2 га.

Исследования также проводились на временных пробных площадях, заложенных в разновозрастных эксплуатационных культурах сосны (от 1 до 6, 10 и 15 лет), созданных посадкой сеянцев с открытой и закрытой корневой системой. Участки таких лесных культур были подобраны на территории Петрозаводского, Сортавальского, Суоярвского и Питкярантского лесхозов.

В целом, во время проведения работ, заложено 12 постоянных и 32 временных пробных площади. Объемы исследований представлены в таблице 2.

Таблица 1

Характеристика постоянных пробных площадей

Показатель	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
	посевы	открытая корневая система	закрытая корневая система	ЗКС без обработки почвы
Площадь участка, га	0,5	0,4	0,4	0,7
Обработка почвы	покровосдиратель ПДН-1: ширина полос 0,7 м, расстояние между рядами культур 3 м			-
Метод создания	ручной посев в площадки 20х20 см. по 20 шт. в площадку	рядовая посадка шаг посадки 1 м		посадка биогруппами
Посевной и посадочный материал	семена 1 класса качества происхождением из Прионежского района	2-летние сеянцы с открытой корневой системой (ОКС) из питомника Петрозаводского лесхоза, стандартного размера, выращены из семян известного происхождения	1-летние сеянцы с закрытой корневой системой (ЗКС) из питомника Петрозаводского лесхоза, выращены из семян известного происхождения, заготовленных на территории Прионежского района	
Густота, тыс. шт./га	3			1,5

Важнейшим показателем является приживаемость лесных культур. Она определялась в конце второго года выращивания (1999 г.) как отношение числа посадочных или посевных мест с сохранившимися растениями к фактически высаженному числу растений на площади, выраженное в процентах. Сохранность растений в лесных культурах рассчитывалась от числа прижившихся.

Полученные на постоянных пробных площадях данные (рис. 1, 2), свидетельствуют о влиянии метода создания, вида посадочного материала и обработки почвы на приживаемость и сохранность лесных культур сосны в первые годы после посадки. Приживаемость сеянцев с закрытой корневой системой выше, чем сеянцев открытого грунта, что сопоставимо с литературными данными и данными, полученными на временных пробных площадях, представленных в таблице 3.

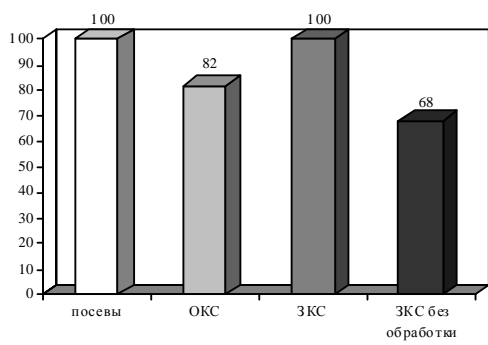


Рис. 1. Приживаемость лесных культур сосны на постоянных пробных площадях, %

По нашим наблюдениям [1], сохранность лесных культур из сеянцев с ЗКС на восьмой год составила 93 %, из сеянцев открытого грунта – 96 %. Однако в производственных условиях сохранность лесных культур из посадочного материала с закрытой корневой системой от 5 до 15 % выше на протяжении десяти лет после посадки. В 15 лет разница была не достоверна. Получается, что соблюдение агротехники посадки сеянцев открытого грунта обеспечивает высокую приживаемость лесных культур, как и при использовании сеянцев с закрытой корневой системой. Однако более значительно на приживаемости и сохранности сказалось отсутствие предварительной обработки почвы.

Из представленных на рисунках 3 и 4 графиков роста лесных культур сосны по основным показателям – высоте и диаметру видим, что интенсивный рост сосны начинается на четвертый год после посадки.

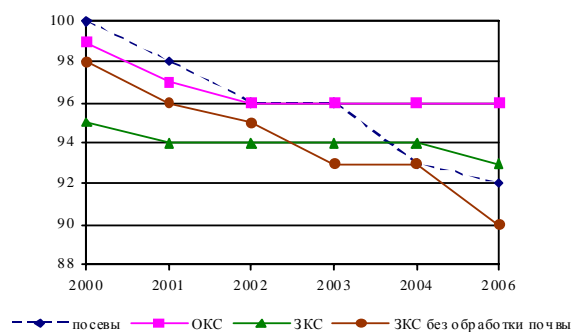


Рис. 2. Сохранность лесных культур сосны на постоянных пробных площадях, %

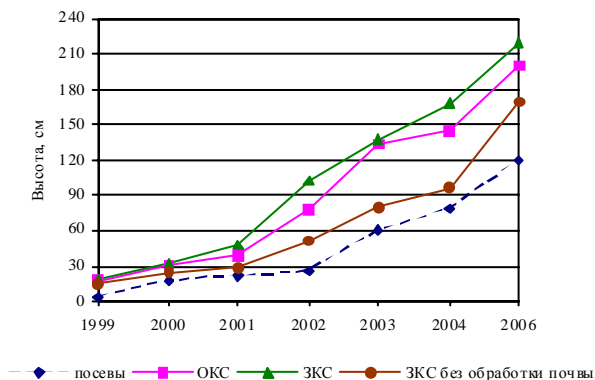


Рис. 3. Динамика роста лесных культур сосны в высоту

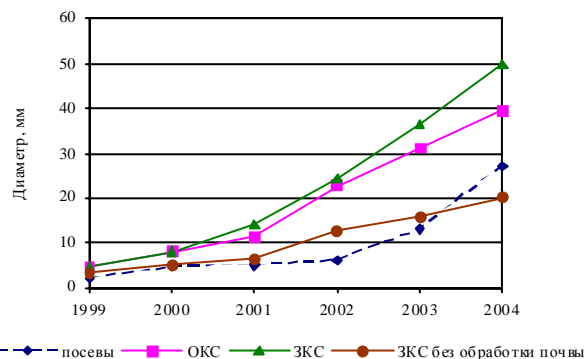


Рис. 4. Динамика роста лесных культур сосны по диаметру корневой шейки

В течение периода исследований преимущество в росте имели варианты, созданные посадкой по предварительно обработанной почве. К пятилетнему возрасту они достигли высоты, рекомендуемой для перевода лесных культур в лесопокрытые земли (120 см по 1 классу качества). При сравнении роста вариантов, высаженных по предварительно обработанной почве, выяснено, что максимальные достоверные различия по высоте они имели на третий и четвертый годы (около 30 %), на восьмой год различия составили 10 %.

Аналогичные данные получены на временных пробах [1]. Так, преимущество по высоте посадочного материала с закрытой корневой системой наблюдается в культурах в возрасте до 10 лет. В 15-летнем возрасте преимущество по высоте уже у культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой (18 %). Таким образом, преимущество по высоте посадочного материала с закрытой корневой системой с возрастом теряется.

Изначально двухлетние сеянцы открытого грунта имеют большие диаметры, чем тепличные однолетние. Начиная с третьего года лидируют сеянцы с ЗКС.

На временных пробных площадях первые три года после посадки различия по диаметру стволика недостоверны. Начиная с четырехлетнего возраста этот показатель выше у культур, созданных сеянцами с закрытой корневой системой. В 10 и 15 лет диаметр выше у культур, созданных сеянцами открытого грунта. Таким образом, преимущества посадочного материала с закрытой корневой системой по диаметру с возрастом нивелируются.

На второй год появилась разница в высоте между вариантами с ЗКС, выращиваемыми по обработанной и необработанной почве (30 %). В течение последующих лет эта разница увеличилась до 50 %, а на восьмой – составила 23 %. Таким образом, только в 7–8 лет сеянцы, выращиваемые без обработки почвы, выходят из-под влияния напочвенного покрова и увеличивают свои темпы роста.

Таблица 2

Объемы исследований

Направление	Показатель	Количество измерений, шт.	
		постоянные пробы	временные пробы
Динамика роста	высота	5325	4800
	прирост	-	9600
	диаметр	5325	4800
	число/длина/ширина хвои	639762/12000/12000	-
	диаметр кроны	8330	9600
	масса хвои	1120	-
	масса стволиков	1120	-
Строение корневых систем	длина главного корня	1160	-
	число/длина боковых корней	163546/163546	-
	масса	1120	-
Содержание элементов минерального питания	образцы растений	150	-
	почвенные образцы	18	-
Описание напочвенного покрова	площадки 1x1 м	120	320
Описание почвенных разрезов	почвенные разрезы	12	32

Обработка почвы повлияла на диаметр корневой шейки более существенно, чем вид посадочного материала. Отставание с третьего по шестой годы достигало 50 %.

С учетом биологического возраста посевы показали неплохие результаты: у них стопроцентная приживаемость, в первые годы роста они догоняли по некоторым показателям вариант посадкой без обработки почвы. К восьми годам посевы достигли высоты, рекомендуемой для перевода лесных культур в лесопокрытые земли (120 см по 1 классу качества). Но для успешного роста они требуют проведения агротехнических уходов. У восьмилетних лесных культур была проведена балльная (0–5 баллов) оценка общего состояния растений [2]. Методом двухфакторного дисперсионного анализа оценено влияние вида посадочного материала, метода создания лесных культур, обработки почвы и случайных влияний, связанных с повторностью, на рост и развитие растений всех балльных категорий. Затем, чтобы устранить влияние случайных факторов на результаты исследований, растения, отнесенные к категориям слабых и очень слабых (с баллами 3 и 4), были исключены, и двухфакторный дисперсионный анализ проведен повторно (табл. 4).

Как видим, на рост сосны по основным таксационным показателям существенно влияют два фактора – метод создания и обработка почвы ($F_{\text{расчетный}} \geq F_{\text{табличный}} (0,05)$). Влияние вида посадочного материала и случайных влияний, связанных с повторностью, дисперсионный анализ не выявил, также не выявлено влияния и случайных факторов ($F_{\text{расчетный}} < F_{\text{табличный}} (0,05)$).

На развитие корневой системы в значительной степени влияют несколько факторов: вид посадочного материала, обработка почвы и метод создания лесных культур. Несмотря на то, что экологические условия, т. е. тип вырубki, тип почвы, дренированность участков для всех вариантов были одинаковы, лучшее развитие корневых систем имели растения, выращиваемые на обработанной почве. У посевов и сеянцев с открытой корневой системой шло стабильное нарастание числа и общей длины боковых корней в течение периода исследований (рис. 5, 6).

У вариантов с закрытой корневой системой наблюдается значительное снижение числа боковых корней на третий год роста (рис. 6), что, скорее всего, связано с уменьшением числа тонких всасывающих корней высших порядков, которые больше всего повреждаются при выкопке растений. Эти корни после пересадки оставались в торфяном коме в течение первых двух лет (поэтому и не повреждались при выкопке), корневая система начала активно осваивать окружающее пространство только на третий год, тогда-то и наблюдается снижение числа боковых корней.

У посевов и культур, созданных сеянцами с открытой корневой системой, развивается пол-

Таблица 3

Сохранность разновозрастных лесных культур сосны на временных пробных площадях, %

Возраст культур (на разных участках), лет	Сохранность (на разных участках)	
	открытая корневая система	закрытая корневая система
1	95	100
2	91	96
3	85	98
4	86	93
5	94	100
6	70	84
10	72	81
15	56	55

Таблица 4

Расчетные и табличные значения критерия Фишера ($F_{0,05}$) при оценке влияния различных факторов на рост восьмилетних лесных культур сосны в высоту и по диаметру

Фактор	Все растения*		Растения основного полога**	
	$F_{\text{расчетный}}$	$F_{\text{табличный}}$	$F_{\text{расчетный}}$	$F_{\text{табличный}}$
Высота				
Вид посадочного материала	0,65	4,26	0,65	4,26
Повторность	0,17	3,40	0,17	3,40
Метод создания	10,3	4,26	10,87	4,26
Повторность	0,21	3,40	0,23	3,40
Обработка почвы	5,16	4,26	5,16	4,26
Повторность	0,06	3,40	0,06	3,40
Диаметр				
Вид посадочного материала	0,13	4,26	0,14	4,26
Повторность	0,93	3,40	0,98	3,40
Метод создания	10,71	4,26	8,3	4,26
Повторность	0,46	3,40	0,21	3,40
Обработка почвы	4,32	4,26	4,45	4,26
Повторность	0,12	3,40	0,13	3,40

* – растения, оцененные баллами от 0 до 4,

** – растения, оцененные баллами 0, 1 и 2 [2].

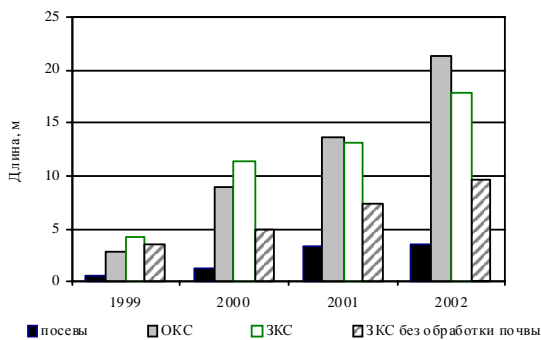


Рис. 5. Динамика роста боковых корней по длине у лесных культур сосны

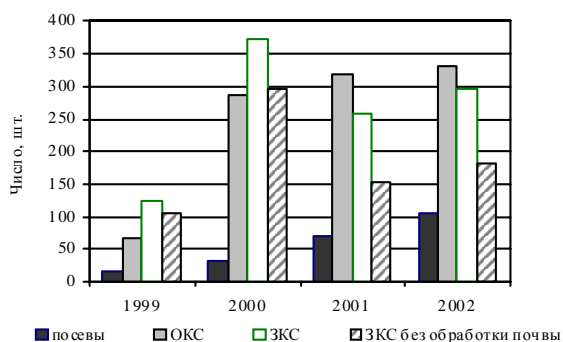


Рис. 6. Динамика числа боковых корней у лесных культур сосны

ноценная, хорошо разветвленная корневая система. Исследование двух вариантов лесных культур сосны, созданных сеянцами с закрытой корневой системой по обработанной и необработанной почве, показало, что их использование на вейниково-луговых вырубках желательнее с предварительной обработкой почвы. В противном случае развивается неполноценная корневая система, которая может привести к механической неустойчивости дерева, особенно в местах с избыточным увлажнением.

Что касается исследований по содержанию элементов минерального питания в органах сеянцев сосны, то выявленные нами закономерности согласуются с данным других авторов, работающих в этом направлении [3, 4, 5, 6].

Потребность растений в определенном количестве и сочетании питательных веществ определяется биологией породы. В тканях сеянцев больше всего содержится азота, значительно

меньше – калия, а самый низкий уровень содержания характерен для фосфора. Подобная зависимость сохраняется в течение всего вегетационного периода. Наибольшая скорость накопления азота, фосфора и калия наблюдается лишь с началом роста осевого побега, одновременно с усилением аккумуляции сухой массы всеми органами растения, а значительное накопление элементов минерального питания происходит в хвое. В конце сезона пластические вещества в вегетативных органах сеянцев перераспределяются, что обеспечивает повышение морозостойкости. При этом большая часть азота и фосфора мигрирует из хвои в корни. Устойчивость к обмерзанию побегов и хвои сеянцев обеспечивается за счет аккумуляции в их тканях ионов калия.

Таким образом, впервые на территории Карелии проведены сравнительные исследования роста лесных культур сосны обыкновенной, созданных различными видами посадочного материала, с предварительной обработкой почвы и без обработки почвы. Изучена динамика развития корневых систем у сосны обыкновенной в лесных культурах. Впервые в экспериментальных лесных культурах изучена динамика потребления минеральных элементов сеянцами сосны обыкновенной в течение вегетационного периода. Результаты исследований представляют научную базу для разработки рекомендаций по использованию сеянцев с закрытой корневой системой в условиях вейниково-луговых вырубок южной части Карелии

На основе проведенных исследований можно дать следующие рекомендации:

- при создании лесных культур сосны на вейниково-луговых вырубках предпочтение следует отдавать посадке;
- при соблюдении агротехники в этих условиях сеянцы с открытой корневой системой имеют показатели роста не хуже, чем с закрытой;
- перевод лесных культур, созданных посадкой по предварительно обработанной почве, в лесопокрываемые земли в условиях вейниково-луговых вырубок следует проводить с пятого года жизни;
- проведение лесоводственных уходов при использовании сеянцев с закрытой корневой системой надо планировать на 5–6 год после их создания;
- при применении сеянцев с закрытой корневой системой по обработанной почве необходимость в проведении агротехнических уходов отпадает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю р ь е в а А. Л. Рост и развитие лесных культур сосны в экосистеме вейниково-луговых вырубок Карелии: Дис...канд. биол. наук: 06.03.01, 03.00.16. Петрозаводск, 2007. 166 с.
2. Ц а р е в А. П. Методика сортоиспытания лесных пород. Воронеж, 1977. 39 с.
3. Биологические основы выращивания сеянцев сосны и ели в питомниках / Редько Г. И. и [др.]. М.: Лесная промышленность, 1983. 64 с.

4. Чернобровкина Н. П., Курец В. К., Таланов А. В. и др. Азотное обеспечение, CO₂ газообмен и рост сеянцев сосны / Н. П. Чернобровкина, // Вестник Башкирского университета. 2001. № 2 (1). С. 86–87.
5. Шуляковская Т. А., Канючкова Г. К., Шредерс С. М. Метаболизм сосны обыкновенной на разных этапах онтогенеза // Лесоведение. 1999. № 5. С. 63–69.
6. Шуляковская Т. А. Особенности основного метаболизма на ранних этапах онтогенеза сосны обыкновенной // Вестник Башкирского университета. 2001. № 2 (1). С. 180–183.

УДК 634.0.23 630.228

ВИТАЛИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ХЛЮСТОВ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства Российского государственного аграрного университета РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева
khlustov@timacad.ru

ОЛЬГА ИВАНОВНА ГАВРИЛОВА

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства лесинженерного факультета ПетрГУ
ogavril@psu.karelia.ru

ИННА ВЛАДИМИРОВНА МОРОЗОВА

преподаватель кафедры лесного хозяйства ПетрГУ
niv@psu.karelia.ru

**МОДЕЛИ ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ
CHAMAENERION ANGUSTIFOLIUM НА МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ПОЧВЕ ВЫРУБОК**

Приведены модели возрастной и сезонной динамики проективного покрытия, роста и продуктивности наземной и подземной частей представителя напочвенного покрова – иван-чая на минерализованной почве свежих вырубок при создании лесных культур хвойных пород.

Ключевые слова: лесовосстановление, лесные культуры, рубки, напочвенный покров

Интенсивная эксплуатация лесов на территории Республики Карелия зачастую приводит к нежелательной смене породного состава. Это вызывает необходимость создания лесных культур из хозяйственно ценных хвойных пород. Искусственным лесоразведением охвачена почти половина площадей вырубков. Ежегодно под посадку и посев леса примерно в равном соотношении вовлекается около 16 тыс. га.

Большая часть лесных культур Карелии (60-70%) создается в черничном типе леса. В соответствии с классификацией типов вырубков здесь могут формироваться вейниковые, луговиковые, вейниково-луговиковые и вейниково-широко-травные типы вырубков.

Рассматривая закономерности формирования в них напочвенного покрова, многие исследователи отмечают наличие пионерных видов растительности, к которым относятся: вейник лесной (*Calamagrostis arundinacea*), луговик извилистый (*Avenella flexuosa*), иван-чай (*Chamaenerion angustifolium*). Именно эти виды травянистой растительности в первую очередь захватывают площади вырубков и являются основными конку-

рентами культур хвойных пород в борьбе за свет и влагу на ранних стадиях роста.

При создании лесных культур в этих лесорастительных условиях подготовка почвы является обязательной. Ее проводят с помощью дисковых покровосдирателей, различных плугов и клина-толкателя. Рекомендуемые почвообрабатывающие орудия внедряются в первую очередь в связи с высокой каменистостью почв (Соколов, Харитонов, 2001).

На ранней стадии роста культур существенное место занимают конкурентные отношения древесных растений с живым напочвенным покровом. Поэтому особый интерес представляет рассмотрение процесса формирования травянистой растительности как основного фактора воздействия на приживаемость и сохранность культур.

Цель исследования заключалась в выявлении закономерностей динамики роста и развития напочвенного покрова по минерализованным почвам в течение всего вегетационного периода, а также по годам после подготовки почвы. В качестве показателей роста и развития растений были приняты: средняя высота, проективное

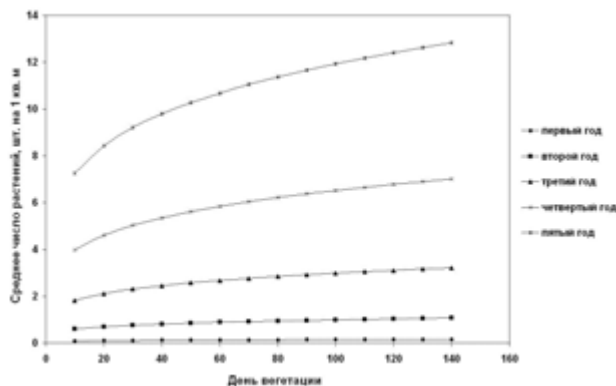


Рис. 1. Изменение среднего числа побегов иван-чая узколистного по годам после обработки почвы с удалением подстилки

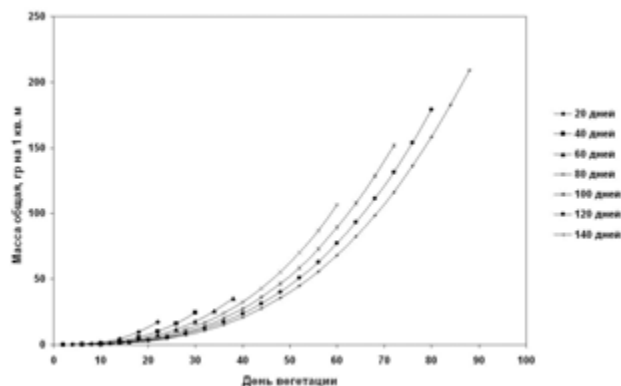


Рис. 2. Взаимосвязь общей биомассы иван-чая узколистного с высотой травостоя по дням вегетации

покрытие, наземная, подземная и общая масса растений.

Объектом исследования служила вырубка 1995 года соснового древостоя III класса бонитета в черничном типе леса на территории Магросского учебно-опытного лесничества Пряжинского лесхоза. Тип вырубки – вейниково-луговиковый, рельеф – ровный, степень задернения – средняя.

Методикой исследований предусматривалась ежегодная (в течение 5 лет) после подготовки почвы и посадки культур закладка на минерализованных полосах по 100 пробных площадок площадью 1 м². Общее количество пробных площадок составило 2500 шт.

В течение каждого из пяти вегетационных периодов, в последних числах каждого месяца с мая по сентябрь, проводились измерения и взвешивания перечисленных выше показателей.

Процент проективного покрытия пробной площадки каждым представителем травянистой растительности определяли глазомерно. На площадках скашивали все растения, разбирали по

видам, измеряли и взвешивали после сушки до воздушно-сухого состояния. Модельные растения выкапывали, проводили отмывку корневых систем, а после высушивания определяли соотношение массы наземной и подземной частей растений.

Иван-чай на вырубках распространяется в основном путем семенного размножения, в последующем проявляя вегетативное размножение, не требователен к почвенному питанию. Он обладает более высокой конкурентной способностью относительно злаков. Наряду с постоянным увеличением доли в проективном покрытии площадки параллельно идет процесс снижения долевого участия злаков.

Опытный материал был всесторонне проанализирован и систематизирован. В результате статистического моделирования возрастной по годам и дневной в течение вегетационного периода динамики изменения числа растений на учетных площадках получено уравнение регрессии вида:

$$N = \exp(-2,86999 + 0,2154 \ln D + 2,7071 \ln \Gamma); \quad (1)$$

$$R^2 = 0,972;$$

$$t = |8,1; 2,7; 2,5; 27,6| > t_{05 \approx 2,0},$$

где N – число растений на пробной площади, шт. на 1 м²; D – день от начала вегетации (среднесуточная температура более +5°C); Γ – год после подготовки почвы; R^2 – коэффициент детерминации; t – значимость численных коэффициентов.

Модель справедлива при значениях года после подготовки почвы от 1 до 5 лет и продолжительности вегетационного периода от 10 до 140 дней. В течение первого года после подготовки почвы среднее число растений было небольшим, на второй год, в среднем одно растение на учетной площадке, на третий – около двух экземпляров. Максимальное увеличение числа растений на пробах наблюдалось на четвертый и пятый

годы после рубки и составило в среднем 13 шт. На некоторых площадках максимальное число растений составляло 38 шт. Таким образом, при возрасте рубки до 5 лет иван-чай распространялся очень активно, постепенно доминируя в целом на вырубке (рис. 1).

Корневая система иван-чая более мощная, чем корневища вейника и луговика, располагается на большей глубине, и более высокой травостой позволяет ему не испытывать недостатка в почвенном питании, влаге и свете. До появления затенения со стороны древесных лиственных или хвойных пород иван-чай доминирует на подготовленных почвах вырубок.

Наряду с числом растений на единице площади, вторым важным показателем, характеризующим формирование напочвенного покрова, является его проективное покрытие. При исследовании динамики процента проективного покрытия (Π)

было выявлено, что он также тесно связан с временными характеристиками по годам после подготовки почвы и вегетационным периодом. Статистическая модель процента проективного покрытия иван-чаем представлена уравнением (2).

$$\Pi = \exp(-12,2956 + 4,99908 \ln D - 0,40216 \ln^2 D + 1,03696 \ln \Gamma - 0,34446 \ln^2 \Gamma);$$

$$R^2 = 0,980;$$

$$t = |7,1; 5,6; 3,5; 3,9; 2,1| > t_{05 \approx 2,0}.$$
(2)

В среднем процент проективного покрытия на первый год после подготовки почвы на начало вегетационного периода был незначительным, однако уже к концу сезона достигал в среднем 10% при единичных представителях покрова. На второй год показатель достигал в конце сезона в среднем 20%. На третий, четвертый и пятый годы показатель к концу вегетационного периода

возрастал примерно до 25–30% при увеличении количества растений на площадках. Следует учесть, что процент проективного покрытия зависит в большей степени от дня начала вегетации, чем от увеличения количества растений на пробе. Это определяется, главным образом, биологическими особенностями растений: их высотой, размерами листьев.

$$M_n = \exp(-7,04427 + 0,90337 \ln D + 5,83517 \ln \Gamma - 0,88929 \ln^2 \Gamma);$$

$$R^2 = 0,980;$$

$$t = |12,2; 6,9; 10,7; 2,6| > t_{05 \approx 2,0}.$$
(3)

При выявлении закономерностей динамики формирования наземной фитомассы иван-чая (M_n) было получено уравнение регрессии (3).

В течение первого и второго года после подготовки почвы на минерализованной полосе происходит незначительное увеличение наземной массы растения. В течение последующих лет жизни масса наземной части растения существенно увеличивается. Это связано в большой степени с увеличением среднего числа растений на площадках. Таким обра-

зом, средняя биомасса наземной части растения в два года составляет 13–14 г абсолютно сухого веса на квадратном метре, а к пятому году равна 90 г.

Изменение подземной массы растения (M_p) связано с развитием наземной массы. Масса корневищ к пятому году после начала роста растения превышает массу его наземной части. Модель временной динамики увеличения продуктивности подземной части иван-чая представлена регрессией вида:

$$M_p = \exp(-5,85451 + 0,09989 \ln^2 D + 4,75599 \ln \Gamma);$$

$$R^2 = 0,980;$$

$$t = |16,2; 5,8; 32,5| > t_{05 \approx 2,0}.$$
(4)

При этом проявляются закономерности более быстрого увеличения темпов роста растений с возрастом, чем у наземной части. Так, если в течение 1-го и 2-го года роста средняя масса корней в абсолютно сухом весе была незначительной, около 2 г/м², то к концу третьего года жизни она

составляла в среднем 5 г/м², к концу четвертого года увеличилась в среднем до 23 г/м², а к концу пятого года составляла более 70 г/м².

На основании исследования роста биомассы наземной и подземной части иван-чая для общей биомассы растения ($M_{общ}$) была получена модель вида:

$$M_{общ} = \exp(-4,64561 + 0,0968 \ln^2 D + 5,71905 \ln \Gamma - 0,71612 \ln^2 \Gamma);$$

$$R^2 = 0,990;$$

$$t = |14,6; 6,5; 11,7; 2,4| > t_{05 \approx 2,0}.$$
(5)

Графическое изображение модели представлено на рисунке 2. Развитие общей биомассы растения, выраженное в граммах абсолютно сухого вещества на квадратном метре площади вырубки, соответствует основным закономерностям развития наземной и подземной частей растения. Общая биомасса растений на 1 м² к концу

пятого года жизни растения составляла в среднем около 160 г абсолютно сухого веса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов А. И., Харитонов В. А. Создание культур ели на вырубках с каменистыми почвами. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. 80 с.
2. Хлюстов В. К., Гаврилова О. И., Морозова И. В. Лесные культуры в Карелии. Этапы раннего возраста. М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2007. 286 с.

УДК 621.001

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ПИТУХИН

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
технологии металлов и ремонта, декан лесинженерного фа-
культета ПетрГУ
pitukhin@psu.karelia.ru

ОЦЕНКА ПЕРИОДА ЗАРОЖДЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ ОТ РИСОК ПОСЛЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Приведены зависимости для определения числа циклов, после которого усталостная трещина начнет свое развитие из микродефекта при воздействии циклических напряжений, заданных в виде блока и в виде плотности распределения размахов. Рассмотрен случай наличия на поверхности детали рисков после механической обработки и предложены зависимости для определения периода зарождения усталостной трещины в зависимости от параметров шероховатости поверхности.

Ключевые слова: период зарождения усталостной трещины, риски от механической обработки, параметр шероховатости поверхности

Под действием переменных напряжений в материалах происходит процесс постепенного накопления повреждений, приводящий к образованию трещин, их развитию и разрушению. Различают малоцикловое и многоцикловое разрушения. При малоцикловой усталости имеет место образование петель гистерезиса, поскольку циклическое деформирование происходит в упруго-пластической области. Число циклов до разрушения обычно не превосходит 10^5 . Элементы конструкций во многих областях машиностроения проектируются на значительно большую циклическую долговечность. Это изделия станкостроительной и автотракторной промышленности, нефтехимического и бумагоделательного машиностроения, подъемно-транспортного и лесного машиностроения, судостроения и многих других отраслей. В связи с вышесказанным мы в дальнейшем будем рассматривать только многоцикловую усталость.

Процесс накопления повреждений делят на несколько стадий: создание характерной микро-

структуры и изменение механических свойств, зарождение микротрещин в пределах устойчивых полос скольжения, распространение микротрещин и развитие их в макротрещины, образование магистральной трещины, окончательное разрушение. В расчетной практике обычно ограничиваются двумя укрупненными стадиями: стадией рассеянных повреждений и стадией развития усталостной трещины.

Продолжительность стадий зависит от материала, наличия концентраторов напряжений, размеров дефектов, степени стеснения деформаций, уровня нагруженности. В зонах местных напряжений в условиях стеснения пластических деформаций продолжительность стадии роста магистральной трещины может существенно превышать продолжительность стадии рассеянных повреждений. Так, по данным В. С. Ивановой с соавт. [1], микроскопические трещины наблюдаются уже после 0,1 числа циклов нагружения до разрушения. Относительное время развития микротрещины для образцов с

концентраторами достигает 0,2...0,5 и более от общей долговечности.

В настоящее время предложено достаточно много как структурных, так и феноменологических моделей первой и второй стадии усталостного разрушения. Феноменологические (полуэмпирические) модели основаны на обобщении результатов наблюдений и не ставят целью объяснение или полное описание существа явлений. Структурные модели позволяют описать и объяснить явления исходя из внутренней структуры рассматриваемых объектов. Используются энергетический, деформационный и силовой подходы. Силовые модели нашли наиболее широкое распространение. Заслуживают внимания кинетические уравнения повреждений силового типа и расчеты на их основе, предложенные П. А. Павловым в работе [2]. В. В. Болотиным [3] рекомендуется определять число циклов зарождения N_3 , после которого трещина начнет свое развитие при воздействии циклических напряжений постоянного размаха по формуле:

$$N_3 = \frac{N_C}{[(\chi\Delta\sigma - \sigma_{th})/\sigma_\psi]^{m_3}}, \quad \chi\Delta\sigma \geq \sigma_{th}, \quad (1)$$

где N_C - постоянная времени;

χ - коэффициент концентрации напряжений от микродефектов;

$\sigma_\psi, \sigma_{th}, m_3$ - константы материала (при заданных условиях внешней среды). Константа σ_ψ характеризует сопротивление материала накоплению микроповреждений;

σ_{th} - порог этого сопротивления;

$\Delta\sigma$ - размах напряжений в цикле;

$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$;

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min}$ - максимальное и минимальное напряжения в цикле нагружения.

Определение периода зарождения усталостной трещины из различных концентраторов напряжений для получения расчетных оценок показателей надежности является важной задачей, так как в большинстве случаев трещина образуется именно на дефектах, являющихся концентраторами напряжений.

Формула (1) определяет число циклов, после которого трещина начнет свое развитие из микродефекта при воздействии циклических напряжений постоянного размаха $\Delta\sigma$. При задании нагрузки в виде блока при предположении о справедливости гипотезы линейного суммирования усталостных повреждений и условия начала роста трещины

$$\sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_{3i}} = 1,$$

используя зависимость (1), получим

$$N_3 = n_0 \frac{N_C \sigma_\psi^{m_3}}{\sum_{i=1}^m n_i (\chi\Delta\sigma_i - \sigma_{th})^{m_3}}. \quad (2)$$

Инкубационный период, выраженный в единицах наработки, определится по аналогии с (2) как

$$T_3 = T_0 \frac{N_C \sigma_\psi^{m_3}}{\sum_{i=1}^m n_i (\chi\Delta\sigma_i - \sigma_{th})^{m_3}}. \quad (3)$$

Наработка до отказа с учетом двух стадий развития усталостной трещины запишется в виде:

$$T = T_3 + T_p; \quad N = N_3 + N_p. \quad (4)$$

Число циклов N_p , называемое остаточным ресурсом, определяет период распространения усталостной трещины, или живучесть.

В случае задания нагруженности в виде плотности распределения размахов действующих напряжений не представляет трудности на основе формулы (2) получить зависимость:

$$N_3 = \frac{N_C \sigma_\psi^{m_3}}{\int_{\sigma_{th}}^{\sigma_B} f(\Delta\sigma) (\chi\Delta\sigma - \sigma_{th})^{m_3} d\Delta\sigma}. \quad (5)$$

Определим период зарождения трещины от риска после механической обработки. Для этого необходимо найти выражение для коэффициента концентрации напряжений χ , вызванных этими рисками. В работе В. А. Пальмова с соавторами [4] решена задача теории упругости о напряженном состоянии тела со случайной шероховатой поверхностью. Решение для коэффициента концентрации при растяжении полуплоскости с синусоидальной границей, образованной системой периодически повторяющихся выступов и впадин, получено в виде:

$$\chi = 1 + 4\pi \frac{A}{T},$$

где A - высота выступов;

T - шаг.

В той же работе [4] рекомендуется для практических расчетов более грубая оценка коэффициента концентрации, которая хорошо согласуется с экспериментальными данными по усталости стальных образцов:

$$\chi = 1 + 4\pi\sqrt{2} \frac{A}{T}. \quad (6)$$

В рабочих чертежах на детали и элементы конструкций оговариваются параметры шероховатости поверхности и проставляется предельно допустимая высота неровностей профиля по десяти точкам R_z или среднеарифметическое значение отклонения профиля от средней линии R_a . Поэтому выразим коэффициент концентрации через R_z . R_z определяется как среднее расстояние между пятью высшими и пятью низшими точками профиля в пределах базовой длины l_0 [5]. ГОСТ 2789-73 распространяется на шероховатость поверхностей с интервалами $R_z = 1600-0,025$ мкм; $R_a = 100...0,008$ мкм; $l_0 = 25...0,01$ мм. Причем для точения, строгания и фрезерования можно принять $R_{\max} = 6 R_a$;

Таблица 1
Расчетные коэффициенты
концентрации напряжений
для обработанных поверхностей

Класс шероховатости	R_z , мкм	χ
4	от 40 до 20	от 3,22 до 2,11
5	от 20 до 10	от 2,11 до 1,56
6	от 10 до 6,3	от 1,56 до 1,35
7	от 6,3 до 3,2	от 1,35 до 1,18
8	от 3,2 до 1,6	от 1,18 до 1,09

$R_z = 5 R_a$ [6]. Здесь R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля. Полагая профиль шероховатостей синусоидальным со случайным значением амплитуды $R_z/2$ и постоянным шагом $l_\sigma/5$, получим

$$\chi = 1 + 44,4 \frac{R_z}{l_\sigma}. \quad (7)$$

Здесь R_z входит в мм.

В таблице 1 приведены значения коэффициентов концентрации напряжений, подсчитанные по зависимости (7) при $l_\sigma = 0,8$ мм. Они достаточно хорошо совпадают с результатами, приведенными в работе [4, с. 292, 293], где рекомендуется для 5-го класса шероховатости при обработке шлифованием коэффициент концентрации 2,44, а для восьмого класса – 1,44.

Используя (3) с учетом (7), получим зависимость для определения периода зарождения трещины от рисков механической обработки:

$$T_3 = T_\sigma \cdot \frac{N_c \sigma_\Psi^m}{\sum_{i=1}^m n_i \left[\left(1 + 44,4 \frac{R_z}{l_\sigma} \right) \Delta \sigma_i - \sigma_{th} \right]^m}. \quad (8)$$

Оценивание статистических характеристик наработки до отказа в этом случае осуществляем в следующем порядке.

1. Задаем число испытаний N_1 , внешнюю нагрузку и другие необходимые данные.

2. Моделируем на ЭВМ по соответствующим законам распределения случайную реализацию вектора начальных параметров. Полагаем $l_0 = R_{max}/2 \cong R_z/2$.
3. Располагаем уровни нагрузки в блоке нагружения в случайном порядке.
4. Подсчитываем период зарождения T_K по зависимости (8).
5. Подсчитываем по рекуррентным формулам (4.47) и (4.50), полученным в работе [7], текущие значения длины трещины и коэффициента интенсивности напряжений (КИН), сравнивая его с предельным значением K_{fc} (или K_{IC}).
6. Вычисления на 5-м шаге осуществляем до выполнения условия $\Delta K_I \geq \Delta K_{fc} \vee l \geq l_c$, после чего определяем остаточный ресурс T_p .
7. Определяем наработку до отказа $T = T_3 + T_p$.
8. Повторяем вычисления по пунктам 2-6 N_1 раз для получения последовательности (выборки) $\{T\}$ объемом N_1 .
9. Обработка выборки с использованием программ статистической обработки из математического обеспечения ЭВМ для оценивания средней наработки до отказа \bar{T} , среднего квадратического отклонения σ_T , вероятности безотказной работы.

При использовании аналитических зависимостей (4.40), (4.41), (4.44) и (4.45) из работы [7] для оценки длительности периода распространения усталостной трещины вместо пунктов 5 и 6 приведенного алгоритма следует применить какую-либо из вышеуказанных аналитических зависимостей.

Предложенной моделью можно пользоваться и при наличии других микродефектов. В этом случае необходимо в зависимости от них определять коэффициент концентрации χ и использовать формулу (2).

Разработанные методы рекомендуется использовать при оптимальном проектировании, для задач технической диагностики, а также непосредственно в расчетах. Кроме того, они могут входить как составная часть в пакеты САПР, в экспертные системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова В. С., Терентьев В. Ф. Природа усталости металлов. М.: Металлургия, 1975. 455 с.
2. Павлов П. А. Основы инженерных расчетов элементов машин на усталость и длительную прочность. Л.: Машиностроение, 1988. 252 с.
3. Болотин В. В. Механика зарождения и начального развития усталостных трещин // Физико-химическая механика материалов. 1986. № 1. С. 18–23.
4. Хусу А. П., Витемберг Ю. Р., Пальмов В. А. Шероховатость поверхностей. Теоретико-вероятностный подход / М.: Наука, 1975. 344 с.
5. Комболов В. С. Оценка триботехнических свойств контактирующих поверхностей. М.: Наука, 1983. 136 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1986. Т.1. 655 с.
7. Питухин А. В. Вероятностно-статистические методы механики разрушения и теории катастроф в инженерном проектировании. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1998. 304 с.

УДК 630.36.004

БЕНИАМИН НИКОЛАЕВИЧ ШИЛОВСКИЙ

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета ПетрГУ

tmir@psu.karelia.ru

ГРИГОРИЙ ЮРЬЕВИЧ ГОЛЬШТЕЙН

аспирант кафедры технологии металлов и ремонта лесоинженерного факультета ПетрГУ

tmir@psu.karelia.ru

АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ САЛИВОНИК

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры целлюлозно-бумажных и деревообрабатывающих производств лесоинженерного факультета ПетрГУ

tmir@psu.karelia.ru

**К ВОПРОСУ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

В статье представлена концепция АРМ механика, обеспечивающая обоснованность принимаемых решений при организации технического обслуживания и ремонта лесозаготовительных машин и повышения уровня их технической эффективности.

Ключевые слова: концепция, АРМ механика, техническое обслуживание, ремонт, эффективность, алгоритм

Разработка и использование адаптивных стратегий организации и ремонта лесозаготовительных машин (ЛЗМ) предполагает широкое применение средств вычислительной техники и создание автоматизированной системы управления техническим обслуживанием (ТО) и ремонтом ЛЗМ на предприятии.

Основной целью автоматизации управления ремонтом ЛЗМ является совершенствование организации ремонтной службы предприятия, и управлению реализации мероприятий, направленных на повышение эффективности производства. Совершенствование ремонтного производства должно основываться на современной научной методологии управления и использования технических средств. Как известно, приближение ПЭВМ к непосредственным рабочим местам пользователей является одной из наиболее эффективных организационных форм их использования для автоматизации интеллектуального труда специалистов.

На автоматизированном рабочем месте (АРМ) механика предпочтительнее решать локальные в информационном отношении задачи, к которым

относятся: регистрация первичной информации о простоях, отказах, заменах отдельных частей; оценка уровня надежности машин и их составных частей на основе статистической обработки информации об отказах; построение графика ТО и ремонта; оценка технического состояния машин узлов на основе данных диагностики и расчетов остаточного ресурса; корректирование графика ТО и ремонта по результатам оценки технического состояния; формирование заявок на запасные части (ЗПЧ) и эксплуатационные материалы (ЭМ); расчет трудозатрат ТО и ремонта; ведение делопроизводства.

Для решения перечисленных задач предлагается вариант структуры функционального программного обеспечения АРМ, представленный на рисунке 1.

Основу для решения задач в АРМ составляет информационное обеспечение. Оно строится на основе системного подхода, отражая иерархический характер структуры процесса эксплуатации и комплексный характер анализа его эффективности, и базируется на учетно-отчетной, эксплуатационной и ремонтной документации [1].

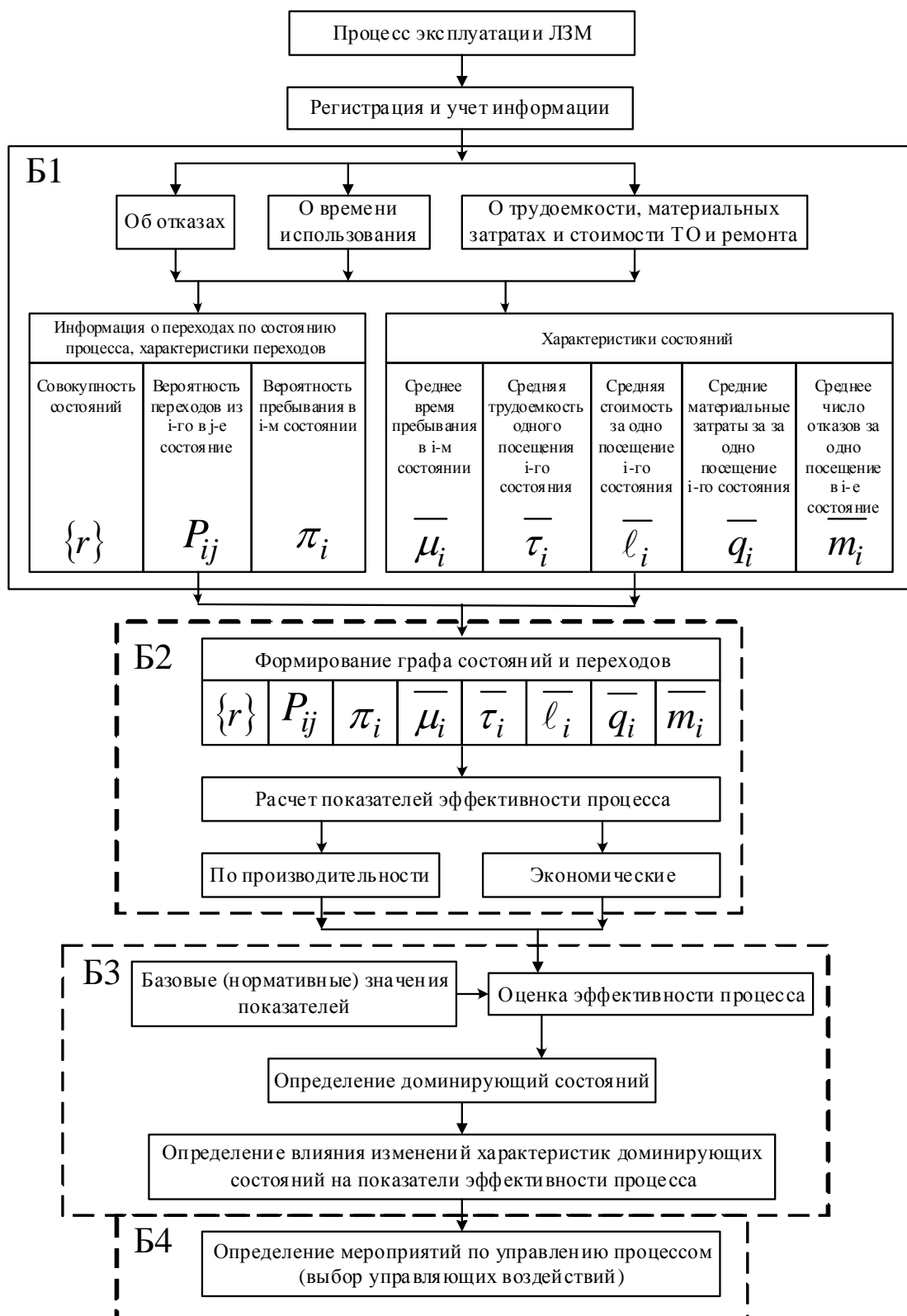


Рис. 1. Схема алгоритма управления эксплуатационной эффективностью ЛЗМ

Б1 – блок информационного обеспечения; *Б2* – блок расчета показателей эффективности; *Б3* – блок оценки и анализа эффективности; *Б4* – блок принятия решений по выбору управляющих воздействий.

Перечень основных состояний ЛЗМ может быть разделен на две группы, характеризующие работоспособное и неработоспособное состояние. Работоспособное состояние делится на рабочее и нерабочее, причинами его могут быть отсутствие сырья или межоперационного запаса продукта труда, распутица, технологическая перебазировка, использование ЛЗМ не по назначению. Неработоспособное состояние может быть в виде простоя (например, по организационным причинам или из-за ожидания ЗПЧ и ЭМ) и по причине технического воздействия (ТО или ремонта).

Одной из задач обеспечения работоспособности системы является определение пути происхождения информации, начиная от заполнения первичных форм учета эксплуатационной и ремонтной информации до ее систематизации в формах-накопителях. Основные требования к информации – полнота, достоверность, однородность, своевременность, непрерывность.

Вывод: реализация предложенной АРМ механика обеспечивает обоснованность принимаемых решений при организации технического обслуживания и ремонта ЛЗМ и повышения уровня их технической эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов И. В., Турыгин Ю. В. Эксплуатационная эффективность и стратегии технического обслуживания и ремонта бумагоделательных машин // Проблемы системного обеспечения качества продукции промышленности: Материалы конференции. Ижевск, 1997. С. 3–6.

УДК 674:519

АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВИЧ ВАСИЛЬЕВ

кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и оборудования лесного комплекса лесоинженерного факультета ПетрГУ
alvas@psu.karelia.ru

ЮЛИЯ ВАСИЛЬЕВНА НИКОНОВА

инженер-программист учебно-методического комплекса САПР строительного факультета ПетрГУ
stc@petrsu.ru

МАРИНА ИВАНОВНА РАКОВСКАЯ

кандидат технических наук, доцент кафедры механики строительного факультета ПетрГУ
stc@petrsu.ru

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ОЧИСТКИ ДРЕВЕСИНЫ В КОРООБДИРОЧНОМ БАРАБАНЕ**

В статье рассмотрена теория процесса групповой окорки древесного сырья в корообдирочных барабанах. Для построения математической модели процесса отделения коры от древесины использованы современные методы численного математического моделирования, в частности метод дискретных элементов.

Ключевые слова: окорка, корообдирочный барабан, численное моделирование

Очистка от коры является важным этапом подготовки древесного сырья к его дальнейшей переработке. В зависимости от условий производства окорка может осуществляться различными способами [1-8 и др.].

В целлюлозно-бумажном и ряде других производств широкое распространение получил способ групповой очистки древесного сырья с использованием корообдирочных барабанов. Такой способ окорки является весьма энергоемким, что предопределяет как существование проблемы совершенствования этого технологического процесса, так и актуальность решения данной проблемы с учетом современных требований. В целом проблема совершенствования рассматриваемого технологического процесса очистки древесины является достаточно сложной, включающей в себя ряд задач, которые требуют для своего решения проведения комплексных исследований.

Исследование очистки древесины в корообдирочных барабанах, проводимое в данной работе, направлено на поиск путей снижения энергоемкости окорки и решение проблемы совершенствования этого процесса.

Исследованию различных аспектов данной проблемы посвящен ряд работ, обзор которых приведен, например, в [9]. Очистка древесины в корообдирочном барабане осуществляется за счет механического взаимодействия бревен друг с другом и с элементами корпуса барабана в процессе его вращения вокруг продольной оси. При вращении барабана бревна, опирающиеся друг на друга и на поверхность барабана, поднимаются вверх, затем, достигнув некоторой высоты, перемещаются вниз, соударяясь друг с другом и с корпусом барабана. В результате происходящего динамического взаимодействия происходит отделение коры. При этом эффективность процесса окорки зависит от соотношения размеров барабана и обрабатываемого сырья, влажности и температуры, от скорости вращения, степени заполнения барабана и других факторов. Очевидно, учет этих факторов необходим при разработке рекомендаций по совершенствованию технологии окорки. Изучение степени влияния этих факторов на характеристики технологического процесса, безусловно, требует проведения натурных испытаний. Однако по техническим и экономическим

условиям проведение таких испытаний возможно в ограниченном диапазоне конструктивных и технологических характеристик. В этой связи становится не только целесообразным, но и необходимым применение соответствующих математических моделей и современной вычислительной техники. Анализ многочисленных публикаций по проблеме окорки [1, 2, 5, 7 и др.] показал, что известные математические модели применимы к задачам узкого класса и недостаточно эффективны, в связи с чем все более актуальными становятся их совершенствование и разработка новых моделей.

В то же время недостаточно изучены перспективы применения современных численных методов при математическом моделировании динамического взаимодействия подвергаемых очистке балансов друг с другом и с корпусом корообдирочного барабана. Вследствие своей относительной новизны эти методы еще не нашли широкого применения в тех областях, где они могли бы оказаться достаточно эффективными.

К таким методам относится метод дискретных элементов, первоначально предложенный как инструмент решения задач механики горных пород [10]. В простейших моделях дискретные элементы рассматривались как абсолютно жесткие тела, связанные в точках контакта воображаемыми бесконечно малыми деформируемыми элементами. В современных подходах материал контактирующих тел считается деформируемым, что предполагает использование метода конечных элементов. Появляющаяся в этой связи задача эквивалентна задаче динамики системы деформируемых тел с односторонними контактами, при ее решении на каждом шаге по времени могут быть использованы различные подходы [11].

В данной работе при построении математической модели динамического взаимодействия балансов использованы уравнения движения, записанные в форме уравнений статического равновесия, в которых силы динамического взаимодействия определены согласно принципу Даламбера. Используется также гипотеза Фойгта о пропорциональности силы сопротивления скорости деформирования. В рассматриваемой физической модели с механическими соударениями необходимо учитывать условия отсутствия взаимопроникновения в области контакта тел друг с другом и с корпусом корообдирочного барабана, для чего применен изложенный в работе [12] подход.

Теоретические аспекты моделирования систем с механическими соударениями и решения ряда задач с применением аналитических и численных методов рассмотрены, например, в работе [11]. Как известно, аналитические решения могут быть получены для ограниченного класса задач. Применительно к моделированию рассматриваемого технологического процесса целесообразно применение численных методов, что объясняется сложностью объекта исследования.

С учетом особенностей прикладной задачи при построении математической модели целесообразно использование названного выше метода дискретных элементов и метода конечных разностей в сочетании с методом конечных элементов. Необходимость учета условий контактного взаимодействия деформируемых тел при соударениях существенно усложняет задачу в вычислительном отношении. Изучение данного вопроса показало, что достаточно эффективная математическая модель для решения задач рассматриваемого класса может быть построена с использованием и адаптацией алгоритмов, в которых исходная проблема формулируется как линейная задача дополнителности [12]. В этом случае модель позволяет прогнозировать траекторию, скорость и ускорение движения каждого отдельно взятого бревна, число соударений, величину и продолжительность действия сил динамического взаимодействия бревен друг с другом и с корпусом барабана [13].

Рассмотрим модельный пример. Тело массой $m = 50$ кг соударяется с девятью такими же телами (рис. 1). В начальный момент времени зазоры z_i между телами $i = 1, 2, \dots, 9$ и корпусом барабана равны нулю. Зазор $z_{10} = 2$ м. Коэффициент жесткости, определяющий деформируемость контактирующих тел, может быть определен экспериментально и в данной работе принят равным 20000 кН/м. Сила сопротивления движению при соударении и деформировании тел, как отмечено выше, пропорциональна скорости, причем коэффициент пропорциональности k , определяющий рассеяние энергии, принят равным для двух вариантов расчета: 5000 кг/с и 10000 кг/с. Требуется определить величину и продолжительность действия сил в контактах z_{10}, z_9, \dots, z_1 .

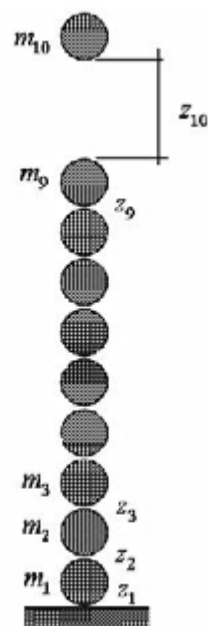


Рис. 1. Система десяти тел с зазорами

Результаты расчета по представленной методике приведены на рисунках 2 и 3. Отсчет времени начинается от момента соударения тел 10 и 9. Принято следующее правило знаков: сила контактного взаимодействия положительна, если вызывает сжатие тел.

Согласно результатам расчета с увеличением коэффициента k максимум силы при соударении тел 10 и 9 уменьшается от 87 кН до 82 кН.

С развитием процесса соударения максимумы сил контактного взаимодействия тел 10 и 9, 9 и 8 и т. д. также уменьшаются, однако увеличивается продолжительность этого взаимодействия. Продолжительность процесса соударения не зависит от k .

Технологический результат действия силы контактного взаимодействия в данном случае зависит не только от величины силы, но и от продолжительности ее действия. Однако если величина силы достаточно мала, отделение коры не будет иметь места.

Предлагаемая модель, построенная с использованием метода дискретных элементов в сочетании с методом конечных элементов и методом конечных разностей, позволяет находить решения достаточно широкого класса задач, связанных с формированием технологических процессов и обоснованием параметров оборудования для очистки древесины от коры.

Результаты расчета по представленной методике могут быть использованы при обосновании рациональной степени загрузки корообдирочного барабана, скорости вращения и его диаметра.

Для уточнения практических рекомендаций необходим учет не только нормальных, но и касательных сил контактного взаимодействия. Соответствующие расчеты также могут быть выполнены по представленной методике

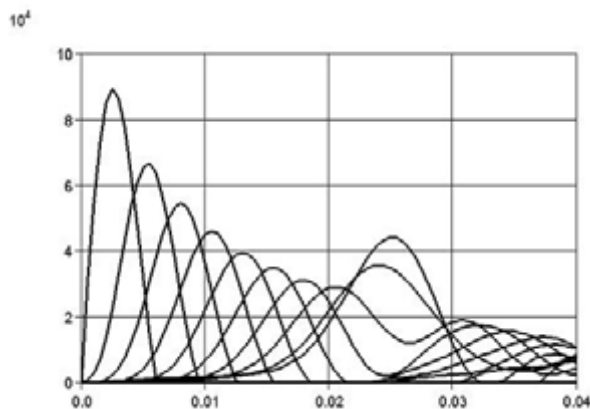


Рис. 2. Зависимость сил в контактах Z_{10}, Z_9, \dots, Z_1 (указаны в ньютонах, по оси ординат) от времени (в секундах, по оси абсцисс), $k = 5000$ кг/с

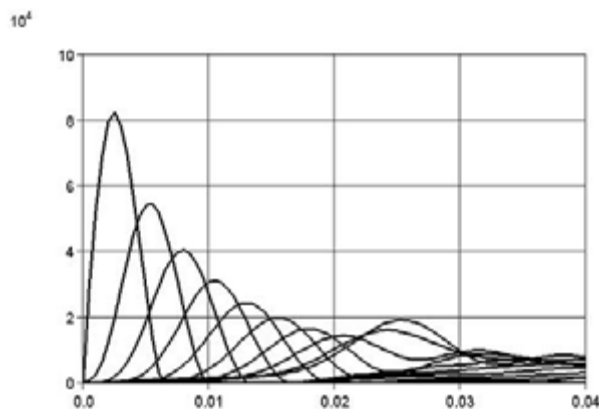


Рис. 3. Зависимость сил в контактах Z_{10}, Z_9, \dots, Z_1 (указаны в ньютонах, по оси ординат) от времени (в секундах, по оси абсцисс), $k = 10000$ кг/с

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойков С. П. Теория процессов очистки древесины от коры. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 152 с.
2. Васильев С. Б., Шегельман И. Р. Формирование технологических процессов и обоснование параметров оборудования для производства технологической щепы / Карельская инженерная академия. Петрозаводск, 2000. 52 с.
3. Оскерко В. Е. Новый принцип окорки лесоматериалов // Строительные и дорожные машины. 2007. № 3. С. 13–16
4. Добрачев А. А. Технология и оборудование окорки лесоматериалов // Екатеринбург, 2001. 121 с.
5. Иванов В. А., Нежевец Г. П. Окорка лесоматериалов: Учеб. пособие // Братск: БрГУ, 2005. 162 с.
6. Матюнин В. Я. Повышение эффективности производства щепы из низкокачественной древесины и древесных отходов: Обзорная информация / ВНИПИЭИлеспром. М., 1985. 40 с. (Лесоэксплуатация и лесосплав).
7. Матюнин В. Я., Коперин Ф. И. Некоторые вопросы теории окорки древесины в корообдирочных барабанах // Известия вузов. Лесной журнал. 1972. № 2. С. 64–69.
8. Крылов Г. А. Механика процесса сухой барабанной окорки древесины // Труды ЦНИИМЭ. Сб. 124. 1972. С. 118–122.
9. Васильев А. С. Обоснование технических решений, повышающих эффективность режимов групповой окорки древесного сырья: Дис. ... канд. техн. наук. Петрозаводск, 2004. 148 с.
10. Cundall P.A., Strack O. D. L. A discrete numerical model for granular assemblies // Geotechnique. 1979. Vol. 29(1). P. 47–65.
11. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. М.: Высш. школа, 1980. 408 с.
12. Колесников Г. Н., Раковская М. И. Анализ систем упругих и абсолютно жестких тел с односторонними связями как смешанная линейная задача дополнителности // Вычислительная механика деформируемого твердого тела: Труды междунар. конф. (Москва, 31 янв. – 2 февр. 2006 г.). Т. 1. М., 2006. С. 223–226.
13. Никанова Ю. В. О численном моделировании технологического процесса очистки древесины в корообдирочном барабане // Современные проблемы информатизации в проектировании и информационных системах: Сб. трудов. Вып. 13 / под ред. д. т. н., проф. О. Я. Кравца. Воронеж: Научная книга, 2008. С. 423–426.

УДК 630.308

ЛЮДМИЛА ВЛАДИМИРОВНА ЩЕГОЛЕВА

кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и кибернетики математического факультета ПетрГУ

*Schegoleva@psu.karelia.ru***ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ ЛУКАШЕВИЧ**

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий и оборудования лесного комплекса лесоинженерного факультета ПетрГУ

*lvm-dov@mail.ru***ПАВЕЛ ОЛЕГОВИЧ ЩУКИН**

аспирант ПетрГУ, сотрудник Карельского научно-исследовательского института лесопромышленного комплекса ПетрГУ (КАРНИИЛПК ПетрГУ)

*Shukin2@sampo.ru***КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ КОРНИЛОВ**

соискатель кафедры технологий и оборудования лесного комплекса ПетрГУ, главный специалист отдела государственного лесного контроля и надзора Министерства лесного комплекса Республики Карелия

karniip@onego.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Разработана геоинформационная система, включающая в себя районирование территории Республики Карелия по природно-производственным условиям, базы данных, дорожно-климатические графики районов, периоды возможной вывозки по зимним лесовозным дорогам в разрезе районов, динамику лесонарушений по лесничествам. Полученная ГИС может быть использована для принятия решений в организации и оценке качества проведения работ на лесозаготовках.

Ключевые слова: организация лесозаготовительного производства; подготовительные работы; зоны летнего и зимнего освоения; геоинформационные системы (ГИС-технологии), оценка качества мест рубок, лесонарушения

Лесозаготовительным работам предшествует стадия *организации производства*, включающая проектирование работы предприятия и объединение людей с целью производства лесоматериалов и осуществления технологий, координирующих свои совместные действия [1]. Одной из составляющих плана организации лесозаготовок являются *подготовительные работы* – подготовка территории, создание безопасных условий и лучшей организации труда на основных лесосечных работах [2]. Подготовка лесосек к разработке обязательна и должна проводиться до ее начала в соответствии с планом подготовительных работ, который составляется производственным отделом леспромхоза с привлечением техноруков лесопунктов и утверждается директором леспромхоза одновременно с планом организации производства [3].

Исследования в области подготовки лесозаготовительного производства и оценки качества

проведения работ выполнялись такими ведущими организациями лесной промышленности, как ЦНИИМЭ, КарНИИЛПК, Марийский политехнический институт, Воронежский институт, СПб ЛТА. Большой вклад в описание подготовительных работ внесли В. Г. Кочегаров [4], Г. К. Виногоров [2, 3], С. М. Гугелев [5], А. П. Матвейко [6], Б. А. Иевинь [7] и другие. В плане подготовительных работ выделены *лесосырьевая и технологическая подготовки* [2, 3]. К лесосырьевой подготовке относятся приемка лесосечного фонда, определение рациональной очередности разработки лесосек с использованием существующей дорожной сети и зон зимнего и летнего освоения. Состав работ по технологической подготовке включает в себя изучение лесоэксплуатационных условий (рельефа местности, грунтов, степени захламленности и др.); изыскание трассы лесовозного уса и выбор мест под погрузочные пункты; разработку технологического про-

цесса лесозаготовок и составление технологической карты по типовому образцу.

Затраты на подготовительные и основные лесозаготовительные работы зависят в первую очередь от *природно-производственных факторов* (рельеф местности; климатические и почвенно-грунтовые условия; эксплуатационные характеристики лесных массивов; развитость транспортной и производственной инфраструктуры предприятия и др.). Качество проведения лесозаготовительных работ связано с *оценкой мест рубок* (освидетельствование), в результате которой лесопользователю назначаются штрафы за нарушения лесохозяйственных требований.

Для анализа природно-производственных факторов, влияющих на лесозаготовку, были изучены работы по климату А. П. Калашникова [8], А. А. Романова [9], Н. Н. Филатова [10] и др.; по почвенным условиям – Б. Д. Зайцева [11], Р. М. Морозовой [12] и др.; по грунтам – Б. И. Сербы [13], В. Г. Симагина [14]; по типам леса – С. П. Ускова [15], Ф. С. Яковлева [16]; по заболоченности – Е. А. Галкина [17], Н. И. Пьявченко [18], Т. К. Юрковской [19], по другим критериям – А. Д. Волков [20], В. А. Коломыцева [21], М. Л. Раменской [22]. Также о подготовительных работах и о влиянии природно-производственных условий на проведение лесозаготовительных работ изучены труды научных работников леса Ю. А. Бит [23], Г. К. Виногорова [2, 3], А. В. Жукова [7], И. К. Иевинь [7], Б. А. Ильина [24], В. Г. Кочегарова [4], А. П. Матвейко [6], В. С. Сюнёва [25], И. Р. Шегельмана [26].

В этих работах подробно рассматриваются все основные факторы, участвующие в формировании природно-производственных условий Карелии, такие как многолетние показатели среднегодовой, среднемесячной и среднесуточной температуры воздуха, высота снежного покрова, глубина промерзания, геологическое строение, характер растительного покрова, количество осадков, количество дней солнечного сияния, сроки наступления заморозков, преобладающие ветры, заболоченность местности, состав древостоя и многое другое. Учет и анализ всех возможных факторов позволяет оперативно и своевременно проводить подготовку лесосек для разработки. Например, одной из составляющих плана лесосырьевой подготовки является пункт разделения территории лесосечного фонда на *зоны летнего и зимнего освоения*. В зимний период необходимо разрабатывать лесосеки со слабыми и заболоченными грунтами, где летом работа трелевочных и транспортных средств затрудняется. Строительство дорог в лесосеках со слабыми и заболоченными грунтами экономически невыгодно. Поэтому целесообразнее разработку таких лесосек оставить на зиму, используя преимущества зимнего периода. Обработанный соответствующим образом информация о суточной температуре района, почвенно-грунтовых условиях и др. позволяет определить

зоны зимней и летней заготовки и сроки вывозки. В свою очередь анализ природно-производственных условий и качественно проведенные подготовительные работы способствуют снижению затрат, связанных с лесонарушениями. Тематика лесонарушений была проанализирована в разрезе всех лесничеств и лесозаготовительных предприятий Республики Карелия по существующим технологиям лесозаготовок и в зависимости от сезона заготовки (зима-лето).

Основные виды нарушений лесохозяйственных требований:

- оставление не вывезенной в срок древесины;
- оставление в лесу на лето не окоренной древесины;
- оставление пней выше нормы;
- оставление недорубов;
- неудовлетворительная очистка мест рубок от порубочных остатков.

Многообразие природно-производственных характеристик, а также географическое положение Республики Карелия обусловили зональность территории, что ведет к многовариантности в принятии решений по организации производства. Анализ природно-производственных факторов, влияющих на лесозаготовительные работы, связан с обработкой большого объема информации, требующего использования современных компьютерных методов. Очень популярным и удобным в настоящее время является применение геоинформационных технологий (ГИС) при решении вопросов организации и оценки качества проведения лесозаготовительных работ.

Географические информационные системы – это современная компьютерная технология, которая позволяет тесно связать графические объекты с некоторой описательной, атрибутивной информацией (алфавитно-цифровой, графической, видео, звуковой и т. д.) и поэтому пользователю легко манипулировать этими связанными данными, а также анализировать и обрабатывать их.

Одна из главных областей приложений ГИС – это управление природными ресурсами, включающее управление лесами. В лесном комплексе использование ГИС находит следующее применение [27]:

- составление прогнозов того, какой будет лесная отрасль в результате тех или иных способов управления. Возможность данного анализа особенно важна для долгосрочных оценок лесопродукции, состояния лесного фонда и экологических последствий деятельности;
- планирование лесозаготовок – составление графиков текущих и будущих лесозаготовок и получение необходимого картографического материала. Относительная географическая привязка дает возможность учесть экономические и естественно-природные особенности;

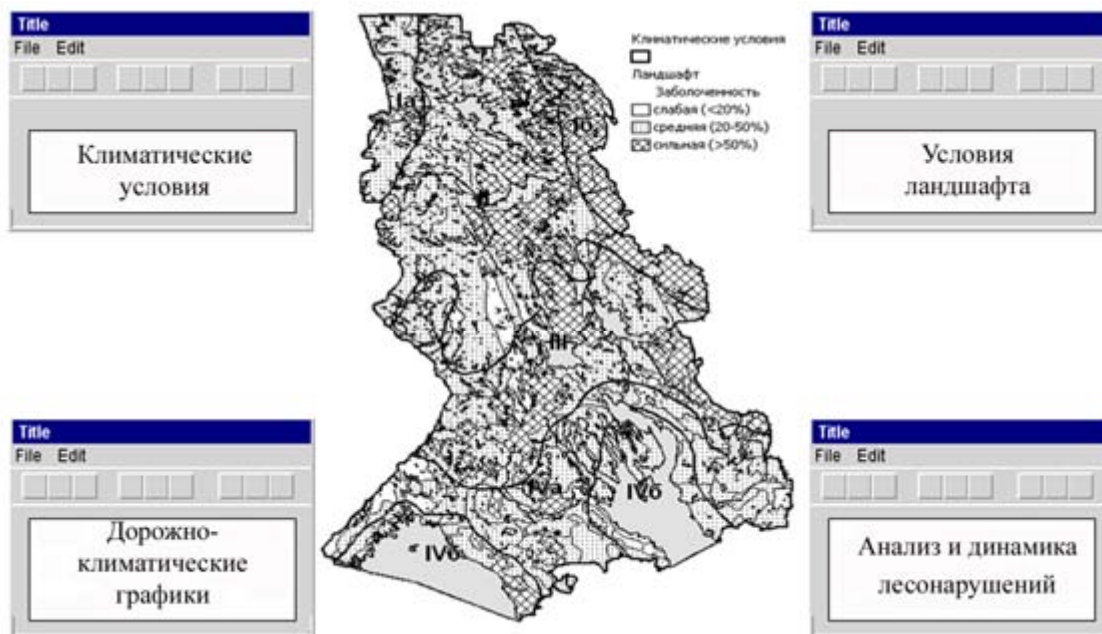


Рис. 1. Геоинформационная система Республики Карелия с природно-производственными характеристиками.

- планирование инфраструктуры лесозаготовок – учет местоположения, времени строительства дорожной сети, что сказывается на объемах лесозаготовок. Возможность в динамическом режиме изменять сроки и расходы на транспортировку древесины во взаимосвязи с запасом и породным составом позволяет провести анализ проекта дорожной сети с экономической точки зрения; обновление лесных кадастров на основе цифровой информации дистанционного зондирования (аэрокосмические снимки) и средств обработки изображений, статистической обработки.

Применение ГИС-технологий позволяет автоматизировать работу с картами, оперативно обновлять данные, соединять картографическую и любую справочную информацию об объектах, представленных на карте, а также проводить сложную обработку и анализ данных.

С применением ГИС-технологий получена новая геоинформационная система Республики Карелия, связывающая множество природно-производственных факторов, влияющих на проведение лесозаготовительных работ.

Из анализа работ предшественников за основу выбраны карты:

- климатическая карта А. А. Романова [28],
- ландшафтная карта А. Д. Волкова [20],
- карта лесничеств.

Критерием выбора были информативность и достоверность, наглядность и легкочитаемость и соответствие настоящему времени.

Дополнительно по всем районам Республики Карелия:

- построены дорожно-климатические графики;
- сформированы базы данных по природно-производственным условиям;
- определены вероятные сроки вывозки по зимним лесовозным дорогам;
- представлена динамика лесонарушений.

Итоговая карта, полученная посредством ГИС-технологий, представлена на рисунке 1.

Данная программная система позволяет получить информацию о природно-производственных условиях любого района Республики Карелия; оптимально выбрать план подготовительных работ организации производства, проследить и проанализировать динамику лесонарушений. Специфика разработанной системы позволяет обновлять и пополнять данные по Республике Карелия, что делает ее универсальной. Разработанная методика может быть использована в других регионах Российской Федерации.

Использование современных компьютерных технологий в лесной промышленности (например, ГИС-технологий) дает возможность:

- находить оптимальные решения для организации лесозаготовок;
- уменьшить экономические потери лесопромышленного комплекса;
- определять направления дорожно-строительных мероприятий;
- анализировать динамику природно-производственных показателей;
- соблюдать экологические нормы природопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотогоров В. Г. и др. Организация, планирование и управление предприятиями лесной промышленности. М.: Лесная промышленность, 1979. 328 с.
2. Виногородов Г. К., Гугелев С. М. Подготовительные и вспомогательные работы на лесосеке. Библиотечка рабочего-лесозаготовителя. М.: Лесная промышленность, 1974. 48 с.
3. Виногородов Г. К. Технология лесозаготовок: учебник для техникумов. М.: Лесная промышленность, 1984. 296 с.
4. Кочегаров В. Г., Бит Ю. А., Меньшиков В. И. Технология и машины лесосечных работ. М.; Л.: Лесная промышленность, 1990. 390 с.
5. Гугелев С. М. Подготовительно-вспомогательные работы на лесосеке. М.: Лесная промышленность, 1980. 83 с.
6. Матвейко А. П., Федоренчик А. С. Технология и машины лесозаготовительных работ. Минск.: Технопринт, 2002. 480 с.
7. Жуков А. В., Иевинь И. К., Федоренчик А. С. Заготовка сортиментов на лесосеке. Технология и машины. М.: Экология, 1993. 312 с.
8. Калашников А. П. Дороги в лесу: опыт круглогодичного дорожного строительства в леспрохозах Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1985. 80 с.
9. Романов А. А. О климате Карелии. Петрозаводск: Гос. изд-во Карельской АССР, 1961. 142 с.
10. Климат Карелии: Изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск, 2004. 224 с.
11. Зайцев Б. Д. Вопросы взаимоотношения между лесом и почвой в условиях Карелии // Лесные почвы Карелии и изменение их под влиянием лесохозяйственных мероприятий / КарНЦ РАН. Петрозаводск, 1962. С. 5–22.
12. Почвы Карелии: справ. пособие / Р. М. Морозова, А. М. Володин, М. В. Федорченко. Петрозаводск: Карелия, 1981. 192 с.
13. Серба Б. И., Левкин Ю. М., Самохвалов В. А. Грунты Карелии. Петрозаводск: Карелия, 1989. 164 с.
14. Симагин В. Г. Основания и фундаменты в условиях Северо-Запада: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. 343 с.
15. Усков С. П. Типы лесов Карелии. Петрозаводск.: Гос. изд-во Карельской АССР, 1930. 88 с.
16. Яковлев Ф. С., Воронова В. С. Типы лесов Карелии и их природное районирование. Петрозаводск: Гос. изд-во Карельской АССР, 1959. 194 с.
17. Галкина Е. А. Болотные ландшафты Карелии и принципы их классификации // Торфяные болота Карелии / КарНЦ РАН. Петрозаводск: Гос. изд-во Карельской АССР, 1959. С. 3–48.
18. Пьявченко Н. И., Коломыцев В. А. Влияние осушительных мелиораций на лесные ландшафты Карелии // Болотно-лесные системы Карелии и их динамика / КарНЦ АН. Л.: Наука, 1980. С. 52–77.
19. Юрковская Т. К. Схема болотного районирования Северной Карелии // Очерки по растительному покрову Карельской АССР / КарНЦ АН СССР. Петрозаводск: Карелия, 1971. С. 176–193.
20. Волков А. Д., Лак Г. Ц., Еруков Г. В. Типы ландшафтов Карельской АССР // Структура и динамика лесных ландшафтов Карелии / КарНЦ АН СССР. Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1985. С. 4–16.
21. Коломыцев В. А. Географические особенности структуры и динамики заболоченности Восточной Фенноскандии. Петрозаводск, 2001. 184 с.
22. Раменская М. Л. Физико-географические особенности и лесные ландшафты // Лесовосстановление в Карельской АССР и Мурманской области / КарНЦ АН СССР. Петрозаводск, 1975. С. 4–35.
23. Бит Ю. А. Технология лесосечных работ. Л.: ЛТА, 1978. 69 с.
24. Ильин Б. А. Проектирование и организация лесозаготовительных предприятий. М.: Лесная промышленность, 1955. 430 с.
25. Ананьев В. А. и др. Промежуточное пользование лесом на Северо-Западе России. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2005. 150 с.
26. Шегельман И. Р. Технология заготовки сортиментов на лесосеке: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. 63 с.
27. Кильпелайнен А. С., Давыдков Г. А., Герасимов Ю. Ю. Геоинформационные системы: Теория и применение в лесном комплексе. Йоенсуу: Изд-во университета Йоенсуу, 2000. 201 с.
28. Агроклиматические ресурсы Карельской АССР: справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 118 с.

УДК 630*621:658.512.23

ЮРИЙ ЮРЬЕВИЧ ГЕРАСИМОВ

доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник НИИ леса Финляндии, доцент кафедры тяговых машин лесоинженерного факультета ПетрГУ
yuri.gerasimov@metla.fi

ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ СЮНЁВ

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тяговых машин лесоинженерного факультета ПетрГУ, заместитель проректора по учебной работе ПетрГУ
siounev@metla.fi

АНТОН ПАВЛОВИЧ СОКОЛОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры тяговых машин лесоинженерного факультета ПетрГУ
a_sokolov@psu.karelia.ru

**СРАВНЕНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ (ВАЛОЧНЫХ) МАШИН
ПО ЭРГОНОМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ**

Представлены результаты исследований эргономики различных моделей харвестеров и валочно-пакетирующих машин. Сравнение этих машин позволяет оценить техническое совершенство каждой модели с точки зрения эргономичности и безопасности работы.

Ключевые слова: лесозаготовительные машины, эргономичность, рабочее место, тяжесть труда, безопасность труда

В настоящее время на рынке присутствует большое число моделей лесозаготовительных машин различных производителей и перед лесозаготовительными предприятиями стоит достаточно сложная задача выбора наиболее рационального варианта. Основными критериями для сравнения лесозаготовительных машин, безусловно, являются экономичность, производительность, надежность, сервисное обслуживание, качество выполнения операций, диапазон подходящих природно-производственных условий, уровень негативного воздействия на лесную среду и т. д. В этот список, несомненно, следует включить и эргономический критерий, связанный с условиями и тяжестью труда операторов. Это очень важно особенно с точки зрения кадровой проблемы в отрасли и в связи с нежеланием молодого поколения работать в тяжелых условиях лесосеки на морально устаревших машинах.

Кроме того, дальнейшее эргономическое совершенствование лесозаготовительных машин важно для производителей с точки зрения поддержания конкурентоспособности на рынке.

Оценке тяжести труда при использовании различных технологий и машин было посвящено исследование, выполненное авторами в рамках международных проектов TACIS и TEKES. Результаты этого исследования, касающиеся лесозаготовительных машин, выполняющих валку деревьев (харвестеров и валочно-пакетирующих машин (ВПМ)), отражены в настоящей статье.

МЕТОДИКА

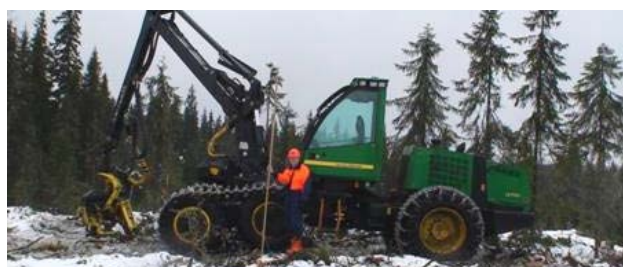
Выбор и совершенствование лесозаготовительных машин или систем с целью наиболее полного учета возможностей и особенностей оператора предполагает, во-первых, точное знание причин неудовлетворенности существующими моделями машин с точки зрения эргономики, во-вторых, ясное представление о том, в каком направлении следует их модифицировать. Ответы на эти вопросы можно получить, если в ходе анализа производственной деятельности вскрыты недостатки в организации взаимодействия оператора и машины и определены требования, которые данный вид деятельности предъ-



John Deere 1070D



Valmet 901.3



John Deere 1270D



Valmet 911.3



Volvo EC210BLC



Валочно-пакетирующая машина Timberjack 850

Рис. 1. Исследованные модели лесозаготовительных машин

являет к реализующим ее психофизическим свойствам человека и техническим средствам.

В эргономике широкое распространение получили эмпирические способы получения данных [2, 5, 14]: наблюдение и самонаблюдение; эксперименты (лабораторный, производственный); диагностика (различного рода тесты, анкеты, социометрия, интервью и беседы); анализ процессов; моделирование (предметное, математическое). В настоящем исследовании была применена комбинация двух способов: экспериментального в производственных условиях пяти лесозаготовительных предприятий Республики Карелия и диагностического путем анкетирования полусотни операторов лесозаготовительных машин.

В качестве основного обобщенного критерия, по которому в проведенном исследовании сравнивались различные модели машин, использовалась интегральная тяжесть труда. Причем ее определение выполнялось по двум направлениям, первое из которых базируется на проведении непосредственных измерений различных параметров рабочих мест машин, оказывающих влияние на условия труда с последующим сравнением их значений с принятыми нормами стандартов и рекомендаций (нормативный метод). Второе направление основывается на результатах анкетирования и опросов операторов, работающих на исследуемых машинах.

Нормативный метод заключается в том, что сначала экспериментальным путем в производ-

ственных условиях выполняются измерения различных параметров, оказывающих влияние на эргономичность и условия труда. Измерения выполняются непосредственно на рабочих местах в производственных условиях. Затем результаты измерений сравниваются с действующими в отрасли нормами и стандартами [3, 5, 6-13], определяется степень соответствия реальных измеренных показателей нормативам. На последнем этапе полученные оценки степени соответствия нормам по разным параметрам сводятся к единому показателю – к так называемой интегральной тяжести труда. Благодаря этому становится возможным непосредственно сравнивать условия работы на разных рабочих местах. Чем выше значение интегральной тяжести труда, тем тяжелее условия. В зависимости от ее значения условия труда ранжированы следующим образом: комфортные, относительно дискомфортные, экстремальные или сверхэкстремальные.

В проведенном авторами исследовании измерялись различные размеры, определяющие удобство кабины, сидения, расположения органов управления, позы тела и т. п.; параметры шума и вибрации в кабинах машин; усилия на органах управления. Всего измерялось более 150 различных параметров на 28 машинах.

Измеряемые параметры группируются в зависимости от того, какой из факторов условий труда оценивается с их помощью.

Группа «Органы управления»:

- расположение и ход органов управления;
- усилия на органах управления;
- органы, управляемые руками;
- органы, управляемые ногами (педали);
- органы управления в целом.

Группа «Рабочее место»:

- поза тела;
- сиденье;
- кабина и расположение в ней сиденья;
- рабочее место в целом.

Группа «Алгоритм»:

- нормированный показатель стереотипности;
- нормированный показатель логической сложности;
- алгоритм в целом.

Группа «Обзорность»:

- углы обзора;
- обзорность в рабочем направлении;
- обзорность в направлении движения;
- степень очистки лобового стекла;
- обзорность в целом.

Группа «Обитаемость»:

- шум;
- вибрация;
- обитаемость в целом.

- Для каждого фактора определяется интегральный показатель, по величине которого можно судить об удобстве сиденья или органов управления в целом, степени вибрации и т. д.

Измерения позволяют оценить многие факторы условий труда, но далеко не все. Некоторые условия не могут быть измерены непосредственно ввиду отсутствия надежных методик измерения и соответствующих измерительных инструментов. Например, трудно измерить эстетическое совершенство машины или ее отдельных элементов. С другой стороны, не стоит забывать, что на рабочих местах трудятся люди, каждый из которых обладает своими собственными особенностями восприятия и оценки окружающих условий. Одному человеку нравится один вид деятельности и одни условия, другому – иное. Это в числе прочего оказывает влияние на выбор профессии и специальности, а также может привести к тому, что объективные измеренные оценки условий труда могут достаточно отличаться от субъективных оценок, даваемых самими работающими.

Поэтому, наряду с экспериментами, в ходе полевых исследований проводились также диагностика путем анкетирования и опроса операторов, в ходе которых они давали оценку условиям своей работы. Каждый респондент из опрошенных 51 оценивал 46 условий работы по шестибалльной шкале. Как и при измерениях, факторы объединялись в группы. Для всех групп факторов определялись интегральные показатели. Итогом анализа данных, полученных путем опросов, также стало определение интегральной тяжести труда на каждом из рассмотренных рабочих мест.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе полевых работ были исследованы пять моделей харвестеров и одна модель валочно-пакетирующей машины (ВПМ) (рис. 1).

Наблюдения за рабочими циклами машин, их видеосъемка и последующий хронометраж показал, что рабочее время харвестера распределено по основным операциям так, как представлено на рисунке 2. Распределение времени по операциям для ВПМ показано на рисунке 3.

Определение доли времени, приходящегося на каждую операцию, необходимо, т. к. некоторые факторы, определяющие условия работы, изменяются от операции к операции. Например, при работе харвестера наибольшая вибрационная нагрузка, действующая на оператора, приходится на движение машины, а шумовая – на движение и обрезку сучьев с раскряжкой. Это необходимо учитывать при определении интегральной тяжести труда.

Другим немаловажным фактором, определяющим удобство работы на машине, является средняя доля времени рабочего цикла, в течение

которого оператор вынужден принимать какую-либо неудобную позу.

Надо сказать, что харвестеры и ВПМ в этом смысле являются очень удобными машинами. Операторы ВПМ и харвестеров Valmet и Volvo практически полностью избавлены от необходимости принимать неудобные позы при работе в штатных условиях. Это связано с тем, что машины этих моделей оснащены полноповоротной кабиной и оператор всегда может наблюдать за рабочим процессом, смотря прямо перед собой, без поворота головы на большие углы.

Кабины харвестеров John Deere не поворачиваются, поэтому доля времени нахождения операторов этих машин в неудобных позах составляет около 8%. Неудобная поза в основном характеризуется поворотом головы на достаточно большие углы для наблюдения за процессом раскряжевки и обрезки сучьев (рис. 4).

На рисунках 5, 7 – 10 приведены сравнительные диаграммы по основным группам интегральных показателей условий работы на рассмотренных моделях машин. Интегральные показатели принимают значения от 0 до 1. Чем выше значение показателя, тем лучше соответствующие условия работы.

Как можно видеть из рисунка 5, харвестеры Valmet показывают меньшее значение интегрального показателя «Расположение и ход органов управления», которое в свою очередь влияет на три последних показателя. Это в основном вызвано тем, что органы управления харвестеров Valmet не отвечают трем требованиям норм и стандартов, а именно: диаметр рукояток рычагов выходит за пределы рекомендованного диапазона (49 мм, при норме 20...40 мм, рис. 6); слишком маленькое расстояние между педалями, управляемыми одной ногой (40 мм, при норме >50 мм), и ход педалей (50 мм, при норме 70...100 мм).

С другой стороны, операторы, работавшие в разное время и на харвестерах John Deere, и на харвестерах Valmet, находят, что органы управления (рукоятки) Valmet в целом более удобны благодаря компактному размещению всех кнопок и джойстиков непосредственно на них (см. рис. 6). Как раз это и увеличивает их диаметр.

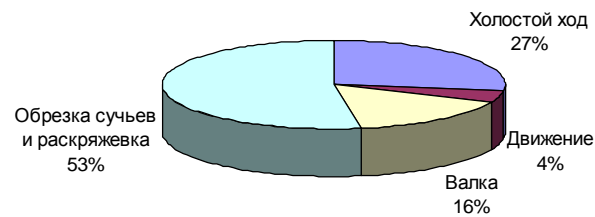


Рис. 2. Распределение времени внутри рабочего цикла харвестера

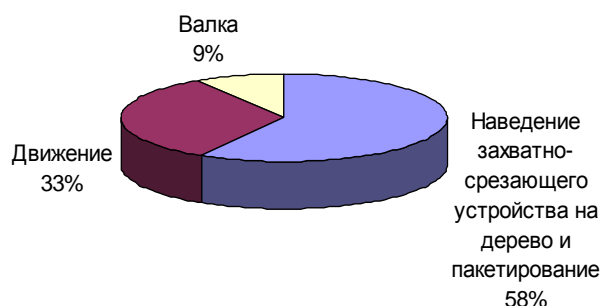


Рис. 3. Распределение времени внутри рабочего цикла валочно-пакетирующей машины

Высокая оценка органов управления ВПМ Timberjack 850 обусловлена очень удобными педалями и в целом неплохими рукоятками (см. рис. 6).

Меньшие значения показателей «Поза тела» и «Сиденье» машин Valmet (рис. 7) связаны с тем, что их кабины могут быть признаны относительно более тесными в сравнении с кабинами John Deere. Это приводит к тому, что не выполняются нормы на диапазоны продольной и вертикальной регулировки сиденья что приводит к менее удобной позе тела (значениям углов в суставах).

Недостатками сидений Volvo и Timberjack 850 являются слишком узкие подлокотники и отсутствие регулируемого упора в спинке. Кроме того, у сиденья машины Timberjack 850 отсутствует регулировка по высоте.



Рис. 4. Неудобные позы при работе на харвестерах без поворотной кабины

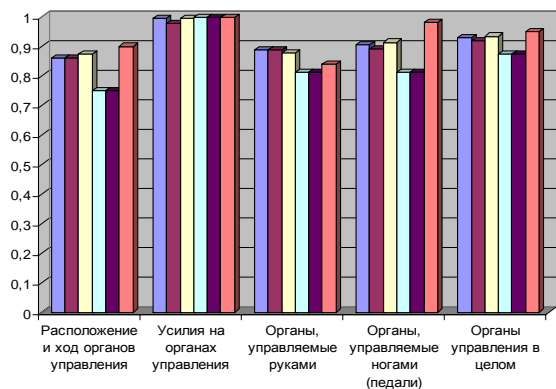


Рис. 5. Интегральные показатели группы «Органы управления»

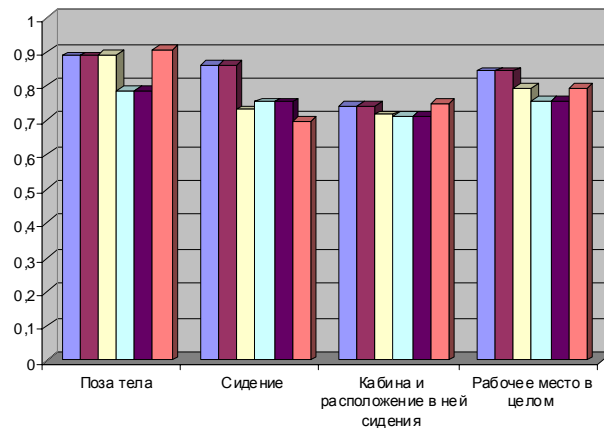


Рис. 7. Интегральные показатели группы «Рабочее место»



John Deere



Valmet



Volvo



Timberjack 850

Рис. 6. Основные органы управления харвестеров

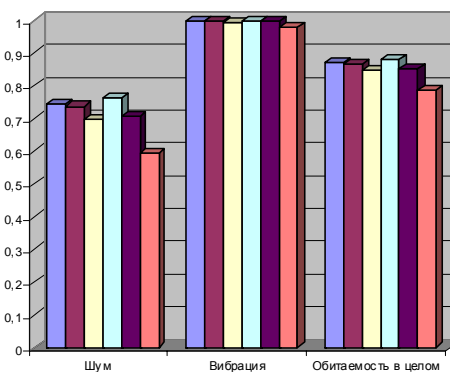


Рис. 8. Интегральные показатели группы «Обитаемость»

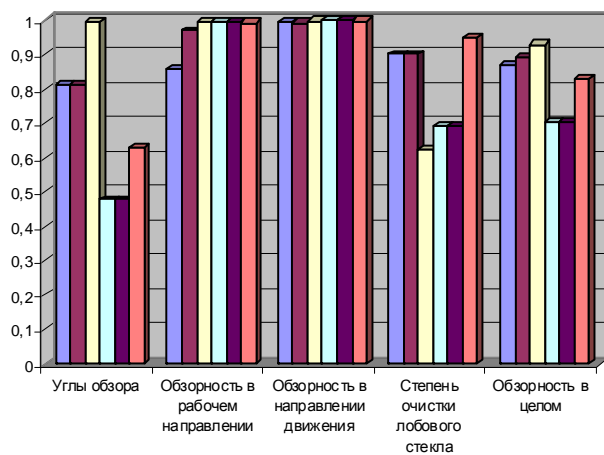
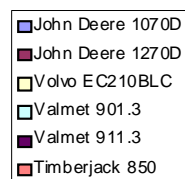


Рис. 9. Интегральные показатели группы «Обзорность»



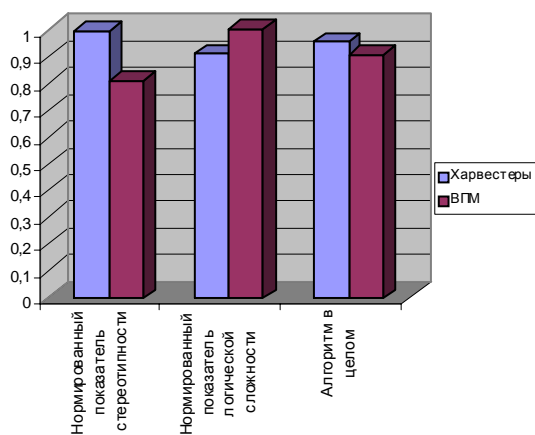


Рис. 10. Интегральные показатели группы «Алгоритм»

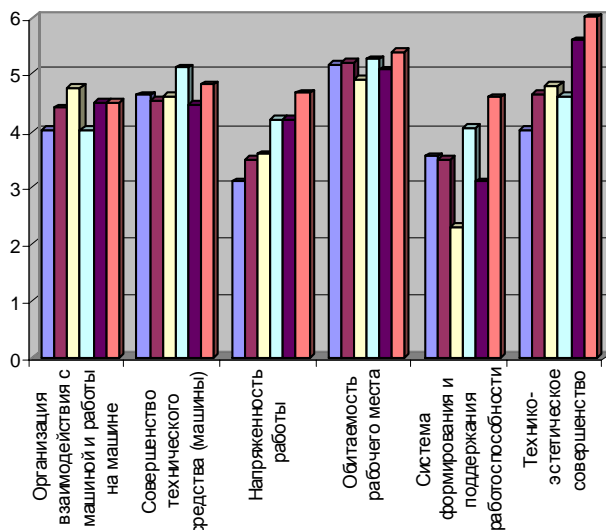


Рис. 11. Интегральные показатели по данным опросов

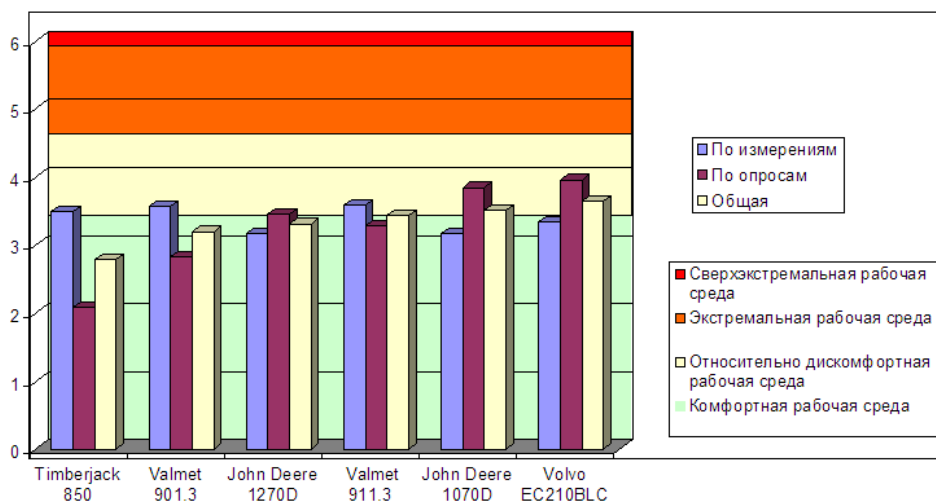


Рис. 12. Интегральная тяжесть труда операторов харвестеров

Параметры шума и вибрации рассмотренных моделей харвестеров отличаются незначительно (рис. 8). Шумовая нагрузка в кабине ВПМ несколько выше, чем у харвестеров, т. к. здесь сравнительно более мощный двигатель установлен на общей с кабиной поворотной платформе, тогда как у большинства харвестеров двигатель располагается на отдельной полураме машины (см. рис. 1).

Сравнительно низкие показатели углов обзора у машин Valmet и Timberjack 850 (рис. 9) связаны с тем, что здесь значение очень важного именно для валочных машин угла обзора в вертикальной плоскости существенно ниже, чем у машин Volvo и харвестеров John Deere.

Алгоритмы управления харвестерами и ВПМ достаточно сильно отличаются друг от друга. Алгоритм харвестера более сложен, зато алго-

ритм ВПМ гораздо более монотонен, что и получило свое отражение в значениях соответствующих показателей (рис. 10).

На рисунке 11 отражены значения интегральных показателей по результатам анкетирования и опросов операторов рассматриваемых машин. Операторы оценивали совершенство машин и рабочих мест по шестибальной шкале. Чем выше значение показателя, тем лучше условия.

На рисунке 12 показаны значения интегральной тяжести труда для всех машин по данным измерений, опросов и средние значения.

ВЫВОДЫ

Таким образом, условия труда операторов ВПМ Timberjack 850, а также харвестеров Valmet 901.3 и John Deere 1270D могут быть

признаны комфортными. Условия труда операторов остальных харвестеров – относительно дискомфортными, хотя разница в значениях интегральной тяжести труда для всех рассмотренных машин по сути своей незначительна. Машины оказались в целом очень удобными с точки зрения эргономичности рабочих мест.

Следует отметить, что лидер данного рейтинга занял первое место только за счет высокой оценки со стороны операторов. По данным из-

мерений он отнюдь не на первом месте. Вообще по данным измерений рабочие места рассмотренных машин отличаются совсем незначительно в сравнении с результатами опроса.

В целом производителям харвестеров и ВПМ можно рекомендовать уделить особое внимание следующим показателям:

- углы обзорности в вертикальной плоскости,
- расположение и ход органов управления,
- шум в кабине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование обзорности лесозаготовительного трактора / Е. А. Васекин, И. М. Илиннич, В. Е. Синяков // Межотраслевой научн.-техн. сб. Серия «Эргономика». Вып. 3. 1991. С. 69–76.
2. Львов В. М. Математические методы обработки экспериментальных исследований в эргономике, инженерной психологии и психологии труда: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Эргономика» / В. М. Львов; Образоват. науч. центр «Ин-т эргономики и соц.-экон. технологий» (ИЭСЭТ). Тверь: Триада, 2004. 83 с.
3. Песков В. И. Основы эргономики и дизайна автомобиля: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» направления подготовки дипломированных специалистов «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы». Нижний Новгород, 2004. 223 с.
4. Сенькин А. Ю. Техническая эстетика и эргономика: Словарь. М.: Изд-во МГУЛ, 1999. 64 с.
5. Фрумкин А. А., Зинченко Т. П., Винокуров Л. В. Методы и средства эргономического обеспечения проектирования. СПб.: ПГУПС, 1999. 178 с.
6. Эргономика: Принципы и рекомендации: Методическое руководство. М.: ВНИИТЭ, 1983. 184 с.
7. ГОСТ Р 51863-2002. Машины лесозаготовительные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности.
8. ГОСТ 12.2.102-89. Машины и оборудование лесозаготовительные и лесосплавные, тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности, методы контроля требований безопасности и оценки безопасности труда.
9. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования.
10. ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности.
11. ГОСТ 12.2.120-88. Кабины и рабочие места операторов тракторов, самоходных строительно-дорожных машин, одноосных тягачей, карьерных самосвалов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности.
12. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
13. Ergonomic guidelines for forest machines. Uppsala: SkogForsk, the Forestry Research Institute of Sweden, 1999. 88 p.
14. Ergonomics guidelines and problem solving / Ed. by Anil Mital et al. Amsterdam etc.: Elsevier, 2000. IX, 479 p. (Elsevier ergonomics book ser.; Vol. 1).

УДК 630.383

ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ ГАЛАКТИОНОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и оборудования лесного комплекса лесоинженерного факультета ПетрГУ, Карельский НИИ лесопромышленного комплекса

galakt@psu.karelia.ru

КОНЦЕНТРАЦИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК НА ЛЕСОСЕКАХ

Статья посвящена исследованию концентрации отходов лесозаготовок на лесосеках. Рассмотрены ранее не подвигавшиеся исследованию сортиментные технологии лесозаготовок. В статье приведены результаты обработки экспериментальных данных. Установлены области наиболее высокой концентрации отходов лесозаготовок.

Ключевые слова: технология лесозаготовок, отходы лесозаготовок, концентрация, измерение

Отходы переработки древесины в лесной и лесоперерабатывающей промышленности составляют значительную долю от готовой продукции – до 30 % [1]. Отходы лесозаготовок представляют собой наиболее сложную для утилизации часть. Основная сложность состоит в их низкой концентрированности, что приводит к снижению производительности перерабатывающего оборудования. Для повышения производительности необходимо определить размещение и величину их концентрации в зависимости от технологического процесса.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА И ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Методика базируется на методе линейных пересечений, описанном в работах [1, 4, 7].

Измерения проводятся для отходов лесозаготовок, расположенных в любом виде:

- равномерное распределение,
- сгруппированные в большие и малые кучи (охапки),

- расположенные толстым слоем на значительной площади.

Также метод хорошо показал себя при проведении измерений малых концентраций отходов лесозаготовок.

Производим сбор данных о лесосеке: площадь, размеры, запас, породный состав, технологический процесс, способ уборки, длина и ширина волоков, технологическая карта на лесосеку.

Выбираем места для проведения измерений. Необходимо придерживаться типичных для данной лесосеки областей. Наиболее значимые места для проведения измерений характеристик отходов лесозаготовок – пасеки, волока, погрузочные площадки.

Определяем границы областей измерения – элементы транспортной сети лесосеки, границу лесосеки, края волоков и лесовозных усов, границы выделов, охраняемые территории. Предпочтительная форма областей измерений – прямоугольник.

Производим обмер области измерений – измеряем длину, ширину, пересчитываем число деревьев (пней) в границах выбранной области.

ИЗМЕРЕНИЯ

В выбранной области намечаются и закрепляются на местности линии отбора проб. Минимальная длина линии составит:

$$L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k x_i^2}{\frac{3\sigma_k}{h_i} - \sum_{i=1}^k \bar{x}_{Li} + 2\bar{x}_L \sum_{i=1}^k x_{Li}}}, \quad (1)$$

где x_i – величина признака в k -й линии; k – количество пробных линий; σ_k – дисперсия, вычисленная для k -й линии; h_k – относительная частота появления средней величины признака для k -й пробной линии; \bar{x}_{Li} – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии; $\bar{x}_{Li} = x_{cp.k} / l_k$; \bar{x}_L – среднее значение признака, приходящееся на единицу длины суммарной пробной линии для всех линий; $\bar{x}_L = x_{cp.\Sigma} / \Sigma l_k$; x_{Lki} – значение признака, приходящееся на единицу длины пробной линии для k -й линии, $\bar{x}_{Lk} = x_{ki} / l_k$; l_k – длина k -й линии, м.

Участки сложной формы предварительно оконтуривают. На выбранном участке протягивается размеченный трос.

Измерения выполняются в два этапа.

1 этап. Предварительные измерения. Определение содержания мелкой фракции (до 5 мм) отходов лесозаготовок при прохождении первых линий (одной-двух) – измеряют все элементы, пересекающие ее. Измерения ведут с точностью до 1 мм.

2 этап. Основные измерения. Основные измерения проводим в вариантах: с определением массы, объема или толщины слоя.

- *Объемный вариант.* Цель измерений – определить объем отходов лесозаготовок. Измеряется диаметр отходов лесозаготовок величиной свыше 5 мм, измерения ведутся с точностью до 1 мм.

Объемный вариант применим при обследовании лесосек после их очистки лесосек, при этом фиксируют протяженность кучи в направлении линии отбора проб и ее высоту.

- *Весовой вариант.* Цель измерений – определить массу отходов лесозаготовок. Если отходы сосредоточены в группы (кучи, пачки), то они обмеряются геометрически либо взвешиваются и относятся к соответствующей метке троса. Объем обмеренных пачек определяется перемножением размеров и учетом коэффициента – 0,12 [1].

Исследование распределения отходов лесозаготовок на волоках

Выделяем часть волока, прилежащую к обследуемой пасеке. Определяем длину и ширину участка. Затем проводим измерение толщины

слоя отходов лесозаготовок с точностью до 5 см. На волоке слой отходов лесозаготовок подвергается воздействию лесных машин, поэтому обмер необходимо вести по уплотненным и свободным отходам лесозаготовок.

Обработка собранных данных. По результатам предварительных измерений определяют минимальную длину пробной линии, на которой должны быть проведены измерения отходов лесозаготовок.

Определяют среднюю длину ветвей по данным [5].

Средний объем элемента отходов лесозаготовок составит:

$$\bar{X} = \frac{\pi S_W}{G} \bar{x} \sum_{i=0}^n \frac{1}{l_i},$$

где S_W – площадь исследуемой области, м²; G – коэффициент, характеризующий форму и размеры исследуемой области; x – средняя величина признака, м; l_i – длина пересеченных элементов, определяем по данным работы [5], м.

Коэффициент, формы и размеры исследуемой области определим по формуле:

$$G = \frac{1}{S_W} \left(\frac{S_{WA}}{A} + \frac{S_{WB}}{B} \right),$$

где S_{WA} , S_{WB} – площадь исследуемых подобластей, м²; A , B – расстояние между линией отбора проб и максимально удаленной точкой области, м.

Для определения средней концентрации используем формулу:

$$\rho = \frac{\pi}{G} \sum_{i=0}^n \frac{x_i}{l_i}.$$

Определение локальной концентрации отходов лесозаготовок. Для определения локальной концентрации отходов лесозаготовок необходимо выяснить их расположение по линии отбора проб, а затем определить ее уровень по формуле:

$$\rho = \frac{\pi \sum_{i=0}^n d_i^2}{l_{eo} \sqrt{2^3}}.$$

Пример изменения локальной концентрации на пасеке после работы харвестера представлен на рисунке 1.

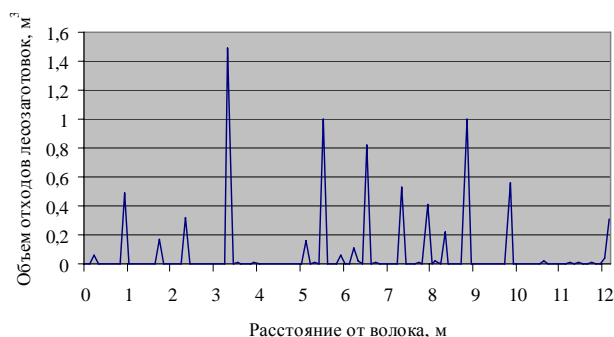


Рис. 1. Концентрация отходов лесозаготовок на пасеке

Определение концентрации отходов лесозаготовок на волокнах

На волокнах объем отходов лесозаготовок определяем с учетом коэффициента полнодревесности их слоя.

Измерялась толщина слоя отходов лесозаготовок по осям колеи и центра волокна. Направления измерений выбраны исходя из следующих соображений: по колеям после прохода харвестера и неоднократных проходов форвардера лесосечные отходы спрессованы до состояния постоянного контакта, а по центральной оси волокна остались практически в исходном свободном состоянии. На основании предложенной методики проведения измерений мы получаем данные как об объеме лесосечных отходов, так и о степени сжатия лесосечных отходов (коэффициент полнодревесности) по окончании трелевки.

Характеристики выборок, полученные для колеи и центральной оси, представлены в таблице 1. Видна значимая разница средних значений толщины слоя, вместе с тем стандартные отклонения отличаются несущественно.

Видна существенная разница между колеями и серединой волокна в высоте слоя отходов лесозаготовок, на этом основании можно определить величину уплотнения лесосечных отходов. Коэффициент полнодревесности для свободных отходов лесозаготовок принимают равным $k_{св} = 0,12$ [1]. Отношение средних величин толщины слоя хворостяной подушки составляет 2,07. Таким образом, коэффициент полнодревесности для сжатых отходов лесозаготовок $k_{сж} = 0,248$.

Так как выделено три зоны расположения отходов лесозаготовок при их равной ширине, то средневзвешенный коэффициент полнодревесности составит:

$$k_{\text{с}} = \frac{2k_{\text{сж}} + 3k_{\text{св}}}{5}.$$

Расчет объема отходов лесозаготовок на волокнах

Расчет ведем для средней ширины волокна 5 м. Суммарный объем на исследуемой площади:

$$V_{\text{отх}} = h_{\text{ср}} \cdot b_{\text{с}} \cdot L \cdot k_{\text{с}},$$

где $h_{\text{ср}}$ – средняя толщина слоя, м; $b_{\text{с}}$ – средняя ширина размещения отходов на волокне, м; L – длина исследуемой области, м.

Локальная концентрация:

$$\rho = \frac{k_{\text{с}}(h_{i\text{сж}} + h_{i\text{св}})}{2},$$

где $h_{i\text{сж}}$, $h_{i\text{св}}$ – толщина слоя сжатых и свободных отходов лесозаготовок в i -й точке, м; $b_{\text{с}}$ – средняя ширина размещения отходов на волокне, м; $S_{\text{ед}}$ – единичная площадь, м²; $l_{\text{ед}}$ – расстояние между точками измерения, м.

Пример изменения лесозаготовок концентрации отходов на волокне показан на рисунке 2.

Таблица 1

Параметры выборок толщины слоя отходов лесозаготовок на волокнах

Параметр выборки	Исследуемая область	
	зона свободных отходов лесозаготовок	зона сжатых отходов лесозаготовок
Величина выборки	49	98
Среднее, см	33,776	16,276
Дисперсия	162,011	147,068
Ст. отклонение	12,728	12,127
Минимальное значение	10,0	0,0
Максимальное значение	60,0	45,0

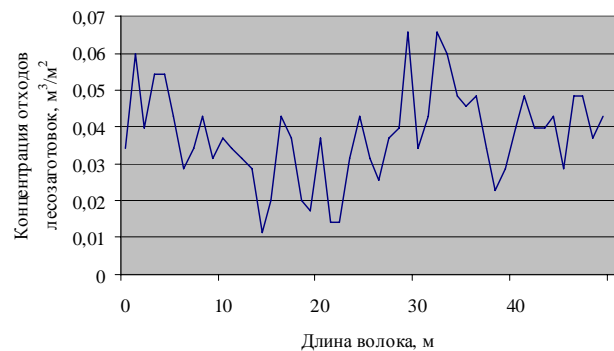


Рис. 2. Концентрации отходов лесозаготовок на волокне

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Исследование концентрации лесосечных отходов проводилось на лесосеках Республики Карелия на предприятиях: Пудожский ЛПХ, Юшкозерский ЛПХ, ООО Олонелес, КСК «Строитель» (Петрозаводск), ЗАО «Шуялес», ЗАО Воломский ЛПХ «Лескарел», опытный лесхоз ПетрГУ (п. Магросы), ОАО «Запкареллес», лесхоз Лисино (Ленобласть).

Сплошные рубки. Хлыстовая технология. Трелевка в хлыстах

Исследования проводились в условиях ЗАО «Шуялес». Дрестовой с преобладанием ели, запас – 145 м³, рубки проводились в зимний период, трелевка трактором ТДТ-55 за вершины, очистка лесосек не производилась.

Суммарная длина линий отбора проб – 30 м, расстояние между линиями определенное на основании данных [6] о ширине кроны – 10 м.

Собранные данные подвергались стандартной обработке для проверки качества исследования. Гистограмма собранных данных и кривая логнормального закона распределения приведены на рисунке 3. Результаты статистической проверки – вероятность совпадения 99 %.

Уровень концентрации элементов ОЛ уменьшается по мере приближения к волоку. Прослеживаются два локальных максимума. Их наличие может быть объяснено тем, что вдали от волока располагаются нижние ветви елей (ель преобладает), а вблизи волока валка деревьев производится под небольшими углами к нему, что вызывает увеличение числа элементов отходов лесозаготовок.

При анализе объемной концентрации (рис. 4) картина несколько меняется. Объемная концен-

трация повышается по направлению к волоку. Однако области повышенной концентрации остаются в тех же местах, что и скопления элементов.

Результаты обработки данных по формулам (1)-(3): средняя концентрация на пасеке составляет $0,027 \text{ м}^3/\text{м}^2$, максимум локальной концентрации – $0,081 \text{ м}^3/\text{м}^2$, расстояние до точки максимума концентрации – $7,8 \text{ м}$.

Модель изменения концентрации (R -квадрат = $78,1142$) имеет вид:

$$\rho = 0.021113 - 0.0110482l + 0.274513l^2 - 0.0144399l^3 + \dots \\ + 0.00303357l^4 - 0.000278885l^5 + 0.00000936591l^6, \text{ м}^3/\text{м}^2.$$

Максимальный уровень концентрации по сглаженным данным составляет $0,04 \text{ м}^3/\text{м}^2$ и достигается на расстоянии 8 м от волока, что отличается от экспериментальных данных на 50 и 20% .

Хлыстовая технология лесозаготовок. Трелевка в деревьях

Исследования проводились в условиях КСК «Строитель», состав древостоя смешанный – сосна, ель, береза; запас – 120 м^3 , базовая машина ТБ-1, трелевка производилась по породам, за комли к разделочным площадкам, после обрезки сучьев и раскряжевки сортименты помещались в штабеля, вершины и удаленная крона манипулятором укладывались в кучи.

Длина линии отбора проб – 50 м . Изменение концентрации отходов лесозаготовок вдоль линии отбора проб показано на рисунке 5. На график наложена прямая линейной аппроксимации, видно устойчивое увеличение концентрации отходов лесозаготовок к краю лесосеки. Так как технология разработки лесосеки машиной ТБ-1 отличается от технологических процессов на базе других машин и не имеет ярко выраженного волока, то речь может идти только об исследовании концентрации отходов на лесосеке в целом

В процессе исследования отмечено наличие явления «угона» отходов лесозаготовок, т. е. перемещение трелеваемой пачкой деревьев ранее образовавшихся отходов лесозаготовок. Сразу после валки обломившиеся ветви располагаются

равномерно, но после нескольких проходов пакета деревьев они формируются в валики высотой $10\text{--}15 \text{ см}$ и длиной в $1\text{--}1,5 \text{ м}$. (рис. 6), которые в дальнейшем перекачиванием перемещаются в направлении грузового хода. Именно этим явлением объясняется малый уровень их концентрации в правой части графика, приведенного на рисунке 11. Аналогичное явление отмечено при работе других трелевочных машин (чокерных и бесчокерных).

Распределение диаметров отходов лесозаготовок описывается логнормальным законом (соответствие 99%).

Проверка соответствия логнормальному закону приведена по критерию χ^2 , критическое значение – $126,283$, максимальное для интервала – $88,59$.

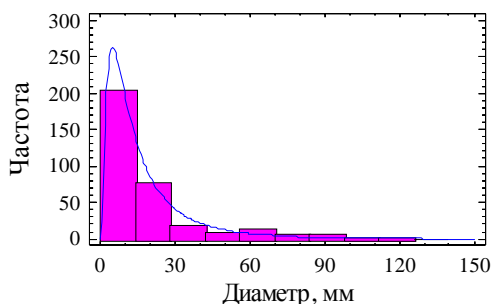


Рис. 3. Распределение элементов отходов лесозаготовок по диаметрам при использовании хлыстовой технологии лесозаготовок

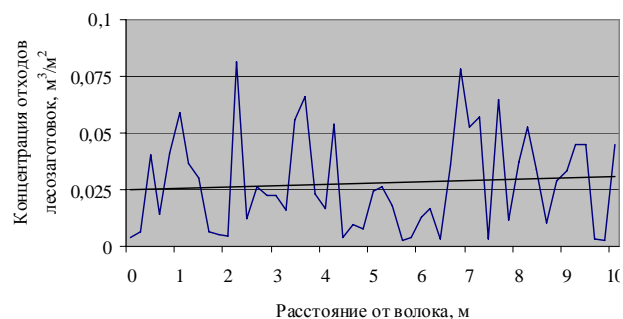


Рис. 4. Концентрация отходов лесозаготовок на пасеке при хлыстовой технологии лесозаготовок

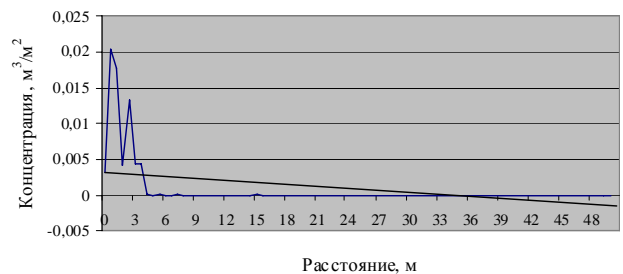


Рис. 5. Концентрация отходов лесозаготовок при разработке лесосек машинами типа ТБ-1



Рис. 6. Явление «угона» отходов лесозаготовок: слева – вид пасаки после валки; справа – сформировавшийся валик

Модель изменения концентрации (R-квадрат = 70,71) имеет вид:

$$\rho(l) = e^{(-7.85054 - 0.165621l)}, \quad (6)$$

где l – расстояние от края волока, м.

Локальная концентрация растет по направлению к стене леса, достигая максимального значения у стены леса со значением $\rho_{\max} = 0,003 \text{ м}^3/\text{м}^2$, в среднем по ширине лесосеки $\rho_{\text{ср}} = 0,0008 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Остальная часть кроны, удаляемая при обрезке-раскряжевке, собирается в большие кучи (рис. 7) со средним значением концентрации $0,24 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Для всех измеренных куч значение концентрации было одинаковым.

Таким образом, отходы лесозаготовок на пасаке не представляют практической ценности из-за низкой концентрации, мероприятия по утилизации отходов следует проводить ориентируясь на сформированные кучи отходов лесозаготовок.

Сортиментная технология с разделкой на пасаке. Технологический процесс на базе харвестера Исследования проводились на базе ЗАО «Шуялес» в условиях сплошной рубки, древостой с преобладанием ели, присутствовали сосна и береза, запас – $140 \text{ м}^3/\text{га}$, ширина волоков – 5 м.



Рис. 7. Кучи отходов лесозаготовок после обрезки сучьев

Общая длина линий отбора проб 120 м. Изменение концентрации на пасаке представлено на рисунке 8. Распределение диаметров отходов лесозаготовок соответствует логнормальному закону распределения с уровнем доверия 99 %.

Модель концентрации имеет (R-квадрат = 99,79) следующий вид:

$$\rho = (0,00119781 + 0,00728884l)^2, \quad (4)$$

где l – расстояние от волока, м.

Ввиду хороших статистических показателей и большого массива данных, лежащих в основе формулы (4), ее можно использовать для описания распределения отходов по любым пасакам с учетом величин отпада, сезона, характеристик пород.

Максимальный уровень концентрации отходов лесозаготовок наблюдается в непосредственной близости от волока.

Исследование концентрации отходов лесозаготовок на волоке

Не обнаружено каких либо корреляций между длиной волока и уровнем концентрации отходов лесозаготовок. Для моделирования расположения отходов на волоке следует руководствоваться средним значением, определенным по экспериментальным данным. Величина соответствия логнормальному закону составляет 99 %.

Средняя толщина слоя отходов лесозаготовок на волоке составляет $0,23 \text{ м}$, концентрация – $0,04 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Сортиментная с разделкой на промплощадке. Исследования проводились в условиях ЗАО «Запкареллес», сплошная рубка, преобладание сосны, запас $180 \text{ м}^3/\text{га}$, технологический процесс на базе машин Тj-850, Тj-460 и харвестера на базе экскаватора Хитачи (харвестерная головка Warattah) работающего в режиме процессора (рис. 9).

Суммарная длина линий отбора проб 90 м, расстояние между линиями 10 м.

Характеристики выборки соответствуют логнормальному закону распределения с доверием 95 %. Средняя величина концентрации отходов лесозаготовок составила $0,0052 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

$$\rho = 0.0102143 - 0.00289426 l + 0.000460332 l^2 - 0.0000224254 l^3.$$

Уровень концентрации растет по направлению к волоку, достигая максимальной величины непосредственно вблизи него.

Резкий рост концентрации отходов лесозаготовок у волока вызван рядом причин, связанных с особенностями реализации технологического процесса лесозаготовок на базе ВПМ и пачкоподборщика: во-первых, на стадии разработки волоков срезанные деревья укладываются в сто-

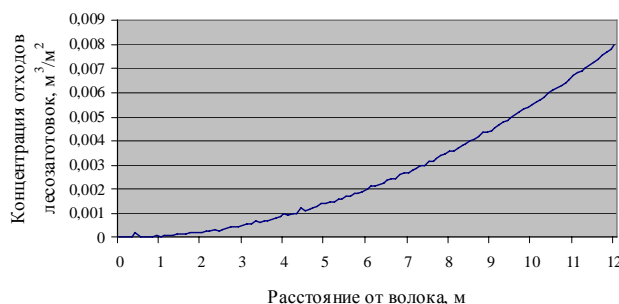


Рис. 8. График изменения концентрации отходов лесозаготовок при сортиментной технологии на базе харвестера

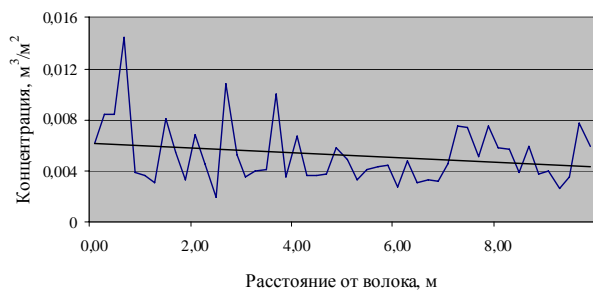


Рис. 9. Концентрация отходов лесозаготовок на пасеке при работе валочно-пакетирующей машины



Рис. 10. Пачки деревьев, подготовленные к трелевке, уложенные в древостой

Обработка данных, собранных на лесозаготовках, методом полиномиальной регрессии позволила получить формулу (R -квадрат = 55,63) для определения концентрации отходов лесозаготовок на лесосеках по ширине пасеки:

ящий лес (рис. 10), что вызывает интенсивное отламывание сучьев; во-вторых, вторично интенсивное образование отходов лесозаготовок возникает, когда пачкоподборщик начинает вытаскивать пачку для трелевки из древостоя с одновременным ее изгибом и, следовательно, интенсивным взаимодействием кроны со стволами; в-третьих, присутствует явление угона, вызывающее перемещение отходов лесозаготовок к краю пасеки.

В связи с отмеченным расположением отходов лесозаготовок на пасеках не является «естественным», чем и можно объяснить довольно низкую достоверность полученных данных и построенных зависимостей.

На волоке отходы практически отсутствуют. В процессе трелевки они либо угоняются по направлению к промплощадке, либо смещаются к краям волока.

Основная масса отходов лесозаготовок находится на промплощадке возле места обрезки сучьев и раскряжевки. Для расчета концентрации следует пользоваться данными для куч технологического процесса на базе ТБ-1.

Выборочные рубки. Сортиментная технология лесозаготовок

Исследования проводились в условиях ЗАО «Лесма». Запас древостоя составлял 120 м^3 , преобладание ели, выборка по запасу составляла 30 %, валка бензопилой, трелевка форвардером.

Общая длина линий отбора проб – 175 м, расстояние между линиями – 10 м.

Отходы лесозаготовок группировались вдоль стволов сваленных и вывезенных деревьев (какого-либо перемещения отходов лесозаготовок не производилось), а так как объем выборки с лесосеки невелик, то в данном случае плотность отходов лесозаготовок была очень низкой – примерно в три раза ниже, чем для лесосек со сплошной рубкой. Поэтому методика измерений была несколько изменена: между пробными точками было установлено большее расстояние – 5 м и вокруг пробной точки собирались отходы с площади 1 м^2 , которые взвешивались, а затем через известную плотность свежесрубленной древесины ($700 \text{ кг}/\text{м}^3$) [6] переводились в объем.

Полученная выборка подчиняется логнормальному закону распределения со средним значением $0,008 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

На рисунке 11 приведен график, показывающий изменение концентрации отходов лесозаготовок с линией ее роста по направлению к волоку. Тенденция к росту выражена неярко, но устойчиво.

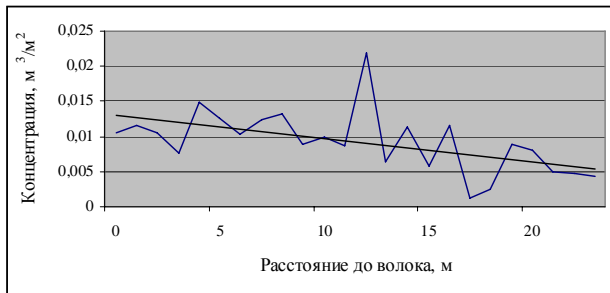


Рис. 11. Концентрация отходов лесозаготовок при выборочных рубках.

С достаточной степенью приближения уровень концентрации в произвольной точке пасеки при выборочных рубках можно описать регрессионной моделью (R -квадрат = 32,16) вида:

$$\rho = (0.107993 - 0.00181582l)^2, \quad (5)$$

где l – расстояние от волока, м.

Уровень концентрации растет по направлению к волоку, достигая максимума в его непосредственной близости.

Определение фоновых значений концентрации отходов лесозаготовок. Для уменьшения трудозатрат при проведении исследований элементы отходов лесозаготовок диаметрами менее 5 мм учитывались только в части пробных линий, а затем должны быть добавлены к концентрации, полученной для отходов лесозаготовок больших размеров.

Определение фона проведем на основании сравнения выборок, полученных для полных данных, и частичных выборок, при измерениях проведенных в условиях сортиментной заготовки на базе харвестера.

В таблице 2 приведены данные для следующих выборок из элементов отходов лесозаготовок:

- полной, включающей все элементы;
- полной, очищенной от мелких элементов (фона)
- частичной, включающей крупные (> 5 мм) элементы;

- частичной, включающей мелкие (< 5 мм) элементы (фон).

По результатам анализа выборок видно, что их различия незначительны. Средние значения необработанной выборки и очищенной (см. табл. 2, колонки 3 и 4) отличаются незначительно, закон распределения предполагается нормальный.

Наличие мелкой фракции увеличивает коэффициент вариации (см. табл. 10, 2-ю колонку), что приводит к увеличению необходимого числа измерений (со 168 до 1188), а также занижает среднее значение диаметра элементов отходов лесозаготовок, что в дальнейшем сказывается на оценке концентрации отходов лесозаготовок.

Еще одним доводом для отдельного учета мелкой фракции служит ее представительство в объеме отходов лесозаготовок – в штучном выражении представляет значительную долю – 46,245 %, тогда как по объему всего – 0,365 %.

Фоновое значение концентрации на лесосеке по приведенным данным составляет $7,87188 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{м}^2$.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НА УБРАННЫХ ЛЕСОСЕКАХ

Предыдущие исследования были посвящены перемещаемым отходам лесозаготовок. В процессе реальных лесозаготовок образующиеся отходы могут менять свое расположение в силу нескольких причин.

1. Перемещение отходов лесозаготовок вальщиками на волок

В этом случае на пасеке остается небольшая доля мелких отходов – размерами до 3 см в диаметре и менее 0,5 м длиной. С точки зрения утилизации данные отходы лесозаготовок не представляют ценности ни по размерным, ни по объемным показателям (концентрация составляет менее $0,00001 \text{ м}^3/\text{м}^2$), и исследования не проводились. Объемы и концентрация отходов лесозаготовок на волоке определяются с учетом перемещения их части, расположенной на пасеке.

Таблица 2

Характеристики выборок и соответствие закону распределения

Параметр	Величина для выборки			
	полной	частичной крупной (без обработки)	очищенной полной	частичной мелкой (фон)
1	2	3	4	5
Объем выборки	309	49	43	266
Среднее	4,904	22,674	22,814	1,511
Дисперсия	159,988	639,516	506,346	0,677
Ст. отклонение	12,649	25,289	22,502	0,823
Ст. ошибка	0,719	3,613	3,432	0,0496
Коэффициент вариации	257,897	111,534	98,633	54,453
Необходимое число измерений	1188	191	168	1058



Рис. 12. Кучи отходов лесозаготовок оставленные на пасеках.



Рис. 13. Кучи отходов лесозаготовок сформированные после уборки лесосек.

2. Оставление на пасеке и складывание в кучи на пасеке

Другой вариант размещения отходов лесозаготовок возникает при оставлении некоторой их части на пасеках в кучах (рис. 12).

Средняя концентрация отходов лесозаготовок в кучах составляет $0,06 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

Среднее расстояние между кучами отходов лесозаготовок – 8,7 м, расположение куч тяготеет к границе пасек и основная их масса расположена в полосе шириной 4,8 м.

3. Перемещение грейферными захватами в кучи

В настоящее время встречается довольно редко. В ходе исследований найдено два варианта таких технологических процессов с вывозкой сортиментов:

- на базе ТБ-1;
- на базе ВПМ и харвестера в режиме процессора.

Оба варианта подробно рассмотрены выше при исследовании соответствующих технологических процессов.

4. Сбор отходов после окончания разработки лесосек

Наиболее распространенный способ повышения концентрации отходов лесозаготовок, обусловленный обязательностью уборки лесосек. В подавляющем числе случаев уборка лесосек производится вручную бригадами вальщиков.

В ходе исследования были измерены отходы лесозаготовок в условиях сплошной рубки, в древостое с преобладанием ели запас составлял $142 \text{ м}^3/\text{га}$, сезон проведения рубки – зима, валка бензопилами, трелевка форвардером (рис. 13).

Средний объем кучи составил $1,04 \text{ м}^3$, концентрация – $0,401 \text{ м}^3/\text{м}^2$, среднее расстояние между кучами отходов лесозаготовок составило 12,3 м.

Таким образом, проведено исследование концентрации отходов лесозаготовок на лесосеках в различных природно-производственных условиях.

СВОДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНЦЕНТРАЦИИ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Полученные в результате проведенных исследований данные в своей совокупности не противоречат данным, приведенным в отчетах и обзорах предшествующих работ [2, 1, 5]. Следовательно, мы можем использовать полученные результаты для проектирования технологических процессов, а также для определения уровня локальной концентрации отходов лесозаготовок в технологических процессах с вывозкой хлыстов и деревьев.

Необходимо отметить, что произошло некоторое повышение объема отходов лесозаготовок, связанное с ужесточением требований потребителей к сырью, к тому же результату при-

водит более широкое распространение сортиментной технологии лесозаготовок, при которой вальщики, стремясь повысить производительность труда, связанную с их заработной платой, оставляют более длинную вершину, соответственно, с большим диаметром в нижнем отрезе. Указанное увеличение составляет примерно – 1,2 раза.

Полученные результаты описывают величину концентрации в диапазоне запасов древостоев с запасом 120-150 м³/га. Для увеличения предсказательной способности представленной схемы описания распределения отходов лесозаготовок следует применять пересчетные коэффициенты, полученные с использованием данных [1].

Базовые значения концентраций отходов лесозаготовок в различных технологических процессах приведены в таблице 3. Таблица содержит величины локальной концентрации. В при-

ближенных расчетах их можно использовать как нижнюю границу концентрации. Отметим что средняя концентрация по лесосеке даже с учетом увеличивающего коэффициента для древостоя с запасом 120 м³/га составит 0,003 м³/м².

ВЫВОДЫ

- Разработана методика определения концентрации отходов лесозаготовок в произвольной точке лесосеки.
- Получены описание распределения отходов лесозаготовок по площади лесосеки, размерные параметры отходов лесозаготовок.
- Создана основа для определения производительности и обоснования параметров технологических процессов, направленных на переработку отходов лесозаготовок.

Таблица 3

Концентрация отходов лесозаготовок, м³/м²

Тип процесса	Базовая машина	Пасека	Волок	Погрузочный пункт	Примечания
Сортиментный	бензопила	0,0027	0,032	0,002	без уборки
		0,06	0,04	0,002	с уборкой
		0,008	0,008	–	выборочные, 30 %
	харвестер ВПМ	0,0027	0,04	0,002	процессор
		0,0052	0,0052	0,24	
	ТБ-1	0,003	0,003	0,24	
Хлыстовой	ТДТ	0,031	0,031	0,002	
		0,027	0,027	0,002	
Деревья	ВПМ	0,0052	0,0052	0,24	
Уборка	Ручная		0,4		по окончании
		0,06	0,04	0,002	при разработке
Фон	–	7,8·10 ⁻⁶	7,8·10 ⁻⁶	–	элементы < 5 мм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности (Образование и использование): Справочник. М.: Экономика, 1983. 224 с.
2. Выявление ресурсов низкокачественной и некондиционной древесины и определение направлений их использования. Отчет по теме № 12-1-232-77. Рук. Васюков В. А. КАРНИИЛП. Петрозаводск, 1977. 118 с.
3. Галактионов О. Н. Обоснование рациональных технологических процессов с минимальными потерями древесной зелени: Дис. на соиск. уч. ст. к. т. н. СПб., 2001. 240 с.
4. Татаринов В. П. Пути рационального использования лесных ресурсов. М.: ВНИПИЭЛеспром, 1986. 256 с.
5. Галактионов О. Н. Формирование теоретической базы данных для натуральных и модельных исследований по проблеме освоения лесосечных отходов //Экономические, экологические и технологические проблемы региона: Научные труды № 12 (Серия «Лесопромышленный комплекс»). Петрозаводск, 2004. С. 62-68.
6. Полищук А. П. Валка леса. М.: Лесная промышленность, 1964. 231 с.
7. Naturjungung durch mechanshe Bodenverwundung?/Proll Willfrid, Ruhm Werner//Osterr. Forstztg. 1995. Vol. 106. N 7. С. 34–35.

УДК 630.3:338.9

АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ РОДИОНОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры механизации сельскохозяйственного производства агротехнического факультета ПетрГУ
rodionov@psu.karelia.ru

АЛЕКСАНДР МАКСИМОВИЧ ЦЫПУК

доктор технических наук, профессор кафедры технологий и оборудования лесного комплекса лесоинженерного факультета ПетрГУ
tsy pouk@psu.karelia.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕНСИВНОГО НЕИСТОЩИТЕЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)

Представлены результаты теоретических и практических исследований экономической эффективности интенсивного неистощительного лесопользования (на примере Республики Карелия). Обоснованы рекомендации по выбору древесных пород, экономических условий и лесных технологий для такого лесопользования.

Ключевые слова: лесопользование, моделирование, экономичность

Особенностью лесопользования, по сравнению с другими видами пользования природными ресурсами, является то, что лесные ресурсы могут возобновляться. Если интенсивность использования этих ресурсов территории не превышает темпа их прироста, то лесопользование на ней может осуществляться сколь угодно долго, т. е. неистощительно [1].

Неотъемлемой частью неистощительного лесопользования является процесс реновации, т. е. полного восстановления леса после проведения лесозаготовок на лесных участках осваиваемой территории. При этом под реновацией подразумевается выполнение взаимоувязанного комплекса лесохозяйственных работ (от создания лесных культур или содействия возобновлению до проведения серии рубок ухода), подчиненного общей цели [2].

Согласно Лесному кодексу, выполнение лесозаготовок и лесохозяйственных работ вменяется в обязанность лесопользователю – гражданину или юридическому лицу, получившему лесные участки для заготовки древесины. Такой лесопользователь, в отличие от государства,

имеет ограниченные средства для приобретения ресурсов (машин, материалов, рабочей силы и т. п.), используемых при выполнении указанных работ на лесном участке.

В настоящее время в России широко обсуждается проблема перехода от «собираательства» (экстенсивное лесопользование) к «производству» древесины на лесных землях (интенсивное лесопользование).

Очевидно, что интенсивное лесопользование на лесном участке целесообразно, если прибыль лесопользователя от выращивания древесины превысит прибыль от экстенсивного лесопользования, что выражается неравенством [3]:

$$E = G_t^{им} - G_t^{эм} \geq 0; G_t^{им} \geq 0; G_t^{эм} \geq 0, \quad (1)$$

где $G_t^{им}$ – прибыль от древесины при интенсивном лесопользовании с учетом фактора времени, руб.; $G_t^{эм}$ – прибыль от древесины при экстенсивном лесопользовании, также с учетом фактора времени, руб.

Под интенсивной моделью понимается такая модель, при которой лесозаготовки проводятся

на лесном участке как при рубках ухода, так и при рубках главного пользования. Под экстенсивной моделью лесопользования понимается такая модель, при которой лесозаготовки проводятся на лесном участке только при рубках главного пользования [4].

$$G_{um} = \frac{D \cdot L}{10000} \cdot \left[1 - \frac{T}{2 \cdot z} \right] \cdot \left[\sum_{f=1}^l \sum_{k=1}^y (c_{kf} \cdot d_{kf}) \cdot q_f \cdot Q_f^{um} + \dots \rightarrow \right. \\ \rightarrow \dots + \sum_{j=1}^m (c_j \cdot d_j) \cdot V^{um} - U_{no} - U_{лк} - \sum_{d=1}^w U_d^{лх} - \sum_{f=1}^l U_f^{py} \cdot q_f \cdot Q_f^{um} - \dots \rightarrow \\ \left. \rightarrow \dots - U^{um} \cdot V^{um} \right], \quad (2)$$

где D – длина участка, м; L – ширина участка, м; z – вылет манипулятора, м; c_k – цена продажи k -го типа сортимента, заготавливаемого при рубках ухода, руб./м³; d_k – доля выхода k -го типа сортимента из заготавливаемой при рубках ухода древесины; q_f – доля выборки запаса растущей древесины с 1 га при f -й рубке ухода, м³/га; Q_f^{um} – запас древесины на 1 га при f -й рубке ухода, м³/га; c_j – цена продажи j -го типа сортимента, руб./м³; d_j – доля выхода j -го типа сортимента из древесины, заготавливаемой при рубках главного пользования; V^{um} – объем заготавливаемой при рубках главного пользования древесины, м³/га; U_{no} – затраты на расчистку участка от порубочных остатков, руб./га; $U_{лк}$ – затраты на создание лесных культур (сохранение подроста), руб./га; $U_d^{лх}$ – затраты на проведение d -го лесохозяйственного мероприятия в период роста леса, руб./га; U_f^{py} – затраты на лесосечные работы при f -ой рубке ухода, руб./м³; U^{um} – затраты на лесосечные работы при рубках главного пользования, руб./м³.

При определении прибыли $G_{эм}$ при экстенсивном лесопользовании в формуле (2) исключаются рубки ухода и учитывается вся площадь участка.

При этом следует принимать во внимание, что при интенсивном лесопользовании часть лесного участка неизбежно выводится из процесса продуцирования древесины из-за прокладки сети постоянно действующих технологических коридоров (волоков) для передвижения по участку машин при проведении работ в период роста леса (в т. ч. повторяющихся приемов рубок ухода) [3, 4].

Фактор времени учитывается по известной формуле для расчета чистой приведенной стоимости NPV [5]:

$$NPV = \sum_{t=1}^M \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}, \quad (3)$$

где B_t – доход в году t , руб.; C_t – затраты в году t , руб.; r – ставка дисконтирования; M – продолжительность лесовыращивания, лет.

Прибыль – это разница между полученными доходами от продажи древесины и расходами на ее заготовку и выращивание (лесовосстановление и др. лесохозяйственные работы).

Прибыль G_{um} от древесины, полученной при интенсивном лесопользовании, определяется так:

Формула (2) позволяет оценить величину ожидаемых доходов и затрат на лесопользование в зависимости от ожидаемого уровня инфляции на весь период лесовыращивания, который в таежной зоне РФ составляет 80–120 лет.

Эффект от эксплуатации лесного участка по интенсивной модели лесопользования будет максимальным (см. формулу (1)), если площадь $F_{пдтк}$, занимаемая волоками, будет минимальна:

$$F_{пдтк} \rightarrow \min, \quad (4)$$

а системой ограничений являются выражения:

$$P_{min} \leq P \leq P_{max}; i_{min} \leq i \leq i_{max}; k_{min} \leq k \leq k_{max}, \quad (5)$$

где P_{min} , P_{max} – соответственно минимальная и максимальная ширина пазеки, м, зависит от средней высоты древостоя и параметров применяемых машин [3]; i_{min} , i_{max} – соответственно минимальная и максимальная ожидаемая величина инфляции; k_{min} , k_{max} – соответственно минимальная и максимальная реальная норма прибыли.

Расчеты по разработанной методике определения эффективности интенсивного лесопользования (см. формулы (1) и (2)) были выполнены на примере чистых сосновых, еловых и березовых насаждений в условиях средней таежной зоны Республики Карелия (южная часть региона) [3].

Для расчета доли выхода различных сортиментов и объема лесозаготовок по различным моделям лесопользования для типичных условий лесовыращивания была использована специальная компьютерная программа «Motti», позволяющая моделировать развитие древостоев в условиях южной Карелии. Были рассмотрены два варианта: оптимальный с точки зрения лесоводственных требований режим выращивания 20-летних насаждений естественного происхождения до возраста рубки главного пользования с применением рубок ухода и режим выращивания насаждений до того же самого возраста рубки главного пользования, но без применения рубок ухода.

Основные результаты расчетов эффективности интенсивных моделей лесопользования представлены на рисунках 1 и 2. Установлено, что интенсивные модели лесопользования обеспечивают больший, чем экстенсивные модели, чистый денежный доход и съем древесины с 1 га.

Выявлено, что получение максимума прибыли от интенсивного лесопользования достигается при выращивании сосны, если уровень ожидаемой инфляции в стране не превышает 10%, и выращиванием ели, если инфляция превышает эту величину. В случае ориентации на максимизацию съема древесины с 1 га, даже в ущерб получаемым денежным доходам (что актуально для лесодефицитных районов), необходимо выращивать сосновые древостои по интенсивным моделям, если уровень инфляции не превышает 10%, и по экстенсивным моделям – если этот уровень выше 10%.

Рекомендации по выбору древесных пород и моделей лесопользования в условиях рыночной экономики в различных природных условиях Республики Карелия, разработанные на основе проведенных исследований, представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что при низких ставках дисконтирования ожидаемых доходов (т. е. низкой ожидаемой инфляции) максимизация доходов обеспечивается при выращивании еловых насаждений во II и IV классах бонитета по интенсивной модели, в условиях III класса бонитета – по экстенсивной модели лесопользования.

При высоких ставках дисконтирования ожидаемых доходов максимизация доходов (т. е. высокой ожидаемой инфляции) обеспечивается при выращивании еловых насаждений по интенсивной модели во всех природных условиях. При этом выращивание еловых насаждений во II классе бонитета по интенсивной модели обеспечивает также максимизацию съема древесины с 1 га по всей группе рассматриваемых пород.

В случае ориентации на максимизацию съема древесины с 1 га, даже в ущерб получаемым денежным доходам (что актуально для лесоде-

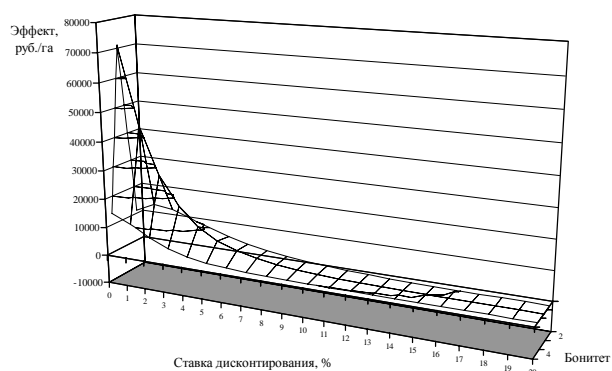
Таблица 1

Условия эффективного применения интенсивного лесопользования

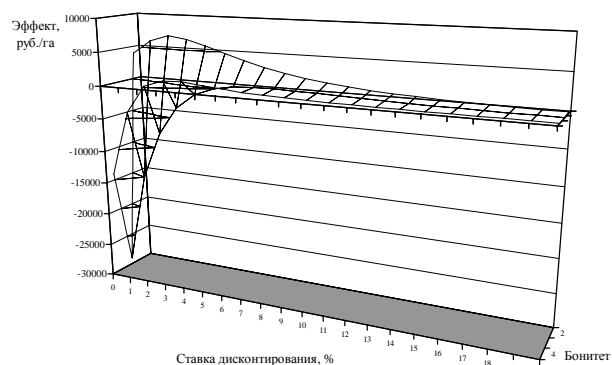
Ставка дисконтирования, %	Ранг	Бонитет		
		II (I)	III	IV (V)
0–10	1	Е, ИМ	Е, ЭМ	Е, ИМ
	2	С, ИМ	С, ИМ	С, ИМ
	3	Б, ИМ	Б, ИМ	Б, ИМ
10–20	1	Е, ИМ	Е, ИМ	Е, ИМ
	2	С, ЭМ	С, ЭМ	С, ЭМ
	3	Б, ИМ	Б, ИМ	Б, ИМ

Е – еловые насаждения, С – сосновые насаждения, Б – березовые насаждения, ИМ – интенсивная модель, ЭМ – экстенсивная модель.

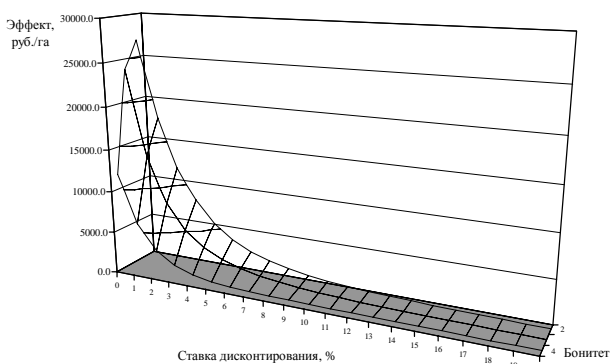
Данные в скобках – ожидаемые.



сосна



ель



береза

Рис. 1. Зависимость эффективности интенсивного лесопользования от ставки дисконтирования и бонитета насаждения

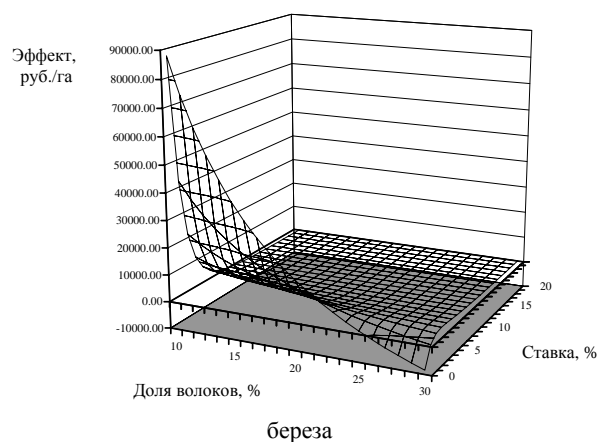
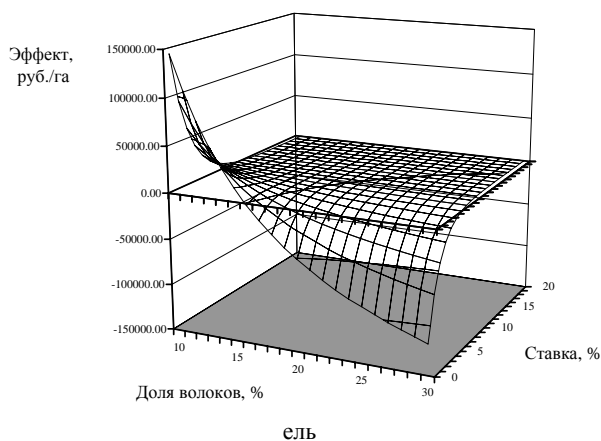
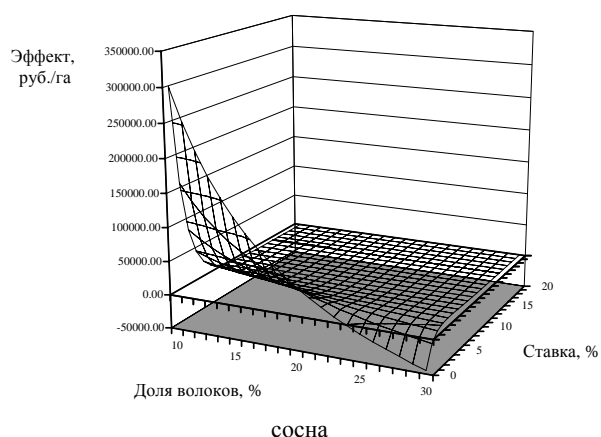


Рис. 2. Зависимость эффективности интенсивного лесопользования от ставки дисконтирования и площади волоков (на примере III класса бонитета)

Таблица 2

Рекомендуемая площадь волоков на лесном участке, %

Ширина волоков, м	Ширина пазек, м		
	20	25	30
4,0	20	16	13
4,5	23	18	15
5,0	25	20	17

фицитных районов), необходимо выращивать сосновые древостои по интенсивным моделям – при низких ставках и по экстенсивным моделям – при высоких ставках дисконтирования ожидаемых денежных доходов.

Изучение влияния площади, занимаемой волоками, на показатели эффективности интенсивной модели лесопользования позволило теоретически подтвердить известное мнение, что увеличение этой площади нежелательно, поскольку резко снижает доходность во всех природных условиях.

Следует заметить, что ширина волоков для движения современных и перспективных наземных манипуляторных лесосечных машин в благоприятных почвенных условиях находится в пределах 4,0–4,5 м, при этом ширина пазеки составляет 20–30 м [6].

Рекомендуемые параметры сети волоков для различных природно-производственных условий представлены в таблице 2.

С учетом данных таблицы 2 для наземных манипуляторных лесосечных машин следует рекомендовать на дренированных и с временным избыточным увлажнением почвах ширину постоянно действующих технологических коридоров (волоков) 4 м, а расстояние между ними по осям – 25–30 м. На почвах с постоянным увлажнением – 4,5 и 25–30 м соответственно.

Известно, что вылет манипуляторов современных и перспективных лесосечных машин для рубки леса (валочно-пакетирующих машин и т. п.) не превышает 11,0 м, и его дальнейшее увеличение нецелесообразно по показателям повреждаемости растущего древостоя при рубках ухода и показателям точности и производительности работы оператора [6]. Следовательно, валку рекомендуется производить с применением бензопил. При этом ближние к волокам деревья (вплоть до величины вылета) могут рубиться с применением машин, а деревья в центре пазеки – вальщиком (либо оператором машины) с использованием бензопилы с повалом вершиной на волок. Обработка всех поваленных деревьев может производиться машиной, находящейся на волоке, – процессором или харвестером, работающим в режиме процессора.

Трелевка леса может производиться как в хлыстах, так и в сортиментах с применением существующих лесосечных машин (в т. ч. мани-

пуляторных) без схода с волока. При использовании на трелевке леса сортиментами манипуляторных машин величины вылета манипулятора 8–10 м достаточно для подтаскивания и последующей погрузки древесины, при условии обеспечения направленного повала деревьев вручную на волок. При трелевке леса сортиментами манипуляторными машинами после работы машин для валки и обработки леса величина вылета манипулятора 8–10 м также будет достаточной.

ВЫВОДЫ

- Интенсивные модели лесопользования, предполагающие проведение в период роста леса серии повторяющихся рубок ухода, способны компенсировать изъятие части площади лесного участка из процесса продуцирования древесины и обеспечить больший по сравнению с экстенсивными моделями (не предусматривающими рубки ухода) чистый доход и съем древесины с 1 га площади.
- Получение максимума объема древесины и прибыли достигается при выращивании сосны в пригодных для этого условиях, если уровень ожидаемой инфляции не превышает 10 % (экономика страны в устойчивом состоянии).
- Получение максимума прибыли достигается при выращивании ели в пригодных для этого условиях, если уровень ожидаемой инфляции превышает 10 % (экономика страны в неустойчивом положении).
- При необходимости лесосечные работы следует производить на участке с применением машин с вылетом манипулятора 8–10 м, а также бензопил там, где машинная валка невозможна.
- На почвах дренированных и с временным избыточным увлажнением рекомендуется ширина постоянно действующих технологических коридоров (волоков) 4 м, а расстояние между ними по осям – 25–30 м. На почвах с постоянным увлажнением – 4,5 и 25–30 м соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пирс П. Х. Введение в лесную экономику. М.: Экология, 1992. 224 с.
2. Родин С. А. Научные основы устойчивого управления лесами России // Из-вестия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. СПб: СПбГЛТА, 2003. Вып. 169. С. 64–80.
3. Родионов А. В. Рубка и восстановление леса на основе ресурсосберегающей технологии. М.: Флинта; Наука, 2006. 276 с.
4. Меньшиков В. Н. Основы рационального освоения лесного массива в условиях интенсивного лесопользования // Комплексная механизация лесозаготовок и транспорт леса : межвуз. сб. науч. тр. Л. : Изд-во ЛТА, 1986. С. 3–8.
5. Экономика: учебник / под ред. А. С. Булатова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юристъ, 2002. 896 с.
6. Промежуточное пользование лесом на Северо-Западе России / В. А. Ананьев, А. Асикайнен, Э. Вяльккю и др. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2005. 150 с.

ЮБИЛЕЙНАЯ 60-я НАУЧНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**21–25 апреля 2008 года
в Петрозаводском государственном университете
состоится Юбилейная 60-я научная студенческая конференция.**

Работа конференции пройдет по 79 секциям на 13 факультетах университета.
Рабочие языки конференции: русский, английский

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ:

Агротехнический факультет:

1. Агрономии
2. Зоотехнии
3. Механизации сельскохозяйственного производства

Исторический факультет:

4. Карелия в годы второй мировой войны
5. Истории и культур стран северной Европы
6. Историко-архивоведение
7. Музееведения
8. Иностранных языков «History in english»

Лесонинженерный факультет:

9. Технологии и оборудования лесного комплекса
10. Промышленного транспорта и геодезии
11. Технологии металлов и ремонта Тяговых машин

Математический факультет:

12. Алгебры и теории вероятностей
13. Геометрии и топологии
14. Математического анализа
15. Прикладной математики
16. Информатики
17. Математического моделирования систем управления
18. Информационные системы и технологии

Медицинский факультет:

19. Акушерства и гинекологии
20. Гигиены, экологии и санитарной микробиологии
21. Теоретической медицины
22. Невропатологии и психиатрии
23. Педиатрии
24. Современных проблем медицины (на иностранных языках)
25. Терапии №1
26. Терапии №2

27. Хирургии №1

28. Хирургии №2

29. Общественного Здоровья и здравоохранения

30. Физиологии

Строительный факультет:

31. Системы автоматизированного проектирования
32. Материаловедение и архитектура
33. Водоснабжение и водоотведение
34. Начертательная геометрия и инженерная графика
35. Строительных конструкций
36. Строительных конструкций
37. Технология, организация и экономика строительства
38. Реконструкции и реставрации зданий и сооружений
39. Механики

Факультет политических и социальных наук:

40. «Европейские исследования» (на англ. яз.)
41. Современные проблемы международных отношений
42. Истории и теории политической науки
43. Прикладной политологии
44. Отраслевые социологические дисциплины
45. Социология культуры
46. Теории и практики социальной работы
47. Технологии социальной работы

Физико-технический факультет:

48. Геологии и геофизики
49. Горное дело
50. Информационно-измерительных систем и физической электроники
51. Физики твердого тела
52. Энергетики и электроники

Филологический факультет:

53. Германской филологии
54. Классической филологии
55. журналистики
56. Русского языка
57. Скандинавской филологии и культуры
58. Русской литературы

Эколого-биологический факультет:

59. Ботаники
60. Физиологии растений
61. Гидробиологии и ихтиологии
62. Зоологии
63. Молекулярной биологии, биологической и органической химии
64. Экологии
65. Экологии растений

Экономический факультет:

66. Экономический анализ
67. Проблемы теории и практики современного менеджмента
68. Экономической теории
69. Деньги, кредит и банки
70. Бухгалтерский учет и аудит

Юридический факультет:

71. Международного и конституционного права
72. Теории и истории государства и права
73. Гражданско-правовых дисциплин
74. Уголовно-правовых дисциплин
75. Права на английском языке

Кафедра культурологи

76. История культуры
77. Философия культуры

Кафедра педагогики и психологии

78. Педагогики и психологии

Кафедра философии

79. Философии

28 апреля 2008 года в 15:00
состоится пленарное заседание 60-й научной студенческой конференции

По итогам работы 60-й научной студенческой конференции планируется издание сборника лучших докладов.

Планируется награждение дипломами и денежными премиями студентов, занявших призовые места.

Куратор НИРС

Варламова Татьяна Валентиновна
доцент кафедры педиатрии

Тел.: 8 (8142) 75-05-90
E-mail: varlamova@sampro.ru



23 марта 2008 года исполнилось 60 лет декану лесоинженерного факультета Петрозаводского государственного университета, доктору технических наук, профессору *Александру Васильевичу Питухину.*

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ ПИТУХИН К 60-летию со дня рождения

Александр Васильевич родился в Архангельской области в селе Черевково. Его школьные годы прошли в г. Мурманске. В 1966 году он поступил в Ленинградский политехнический институт, закончив его с отличием в 1972 году по специальности «Гусеничные и колесные машины». После окончания института Александр Васильевич в числе наиболее талантливых выпускников был оставлен для обучения в аспирантуре. В 1976 году он блестяще защитил кандидатскую диссертацию. Дальнейшая судьба А. В. Питухина связана с лесоинженерным факультетом ПетрГУ. В 1992 году он становится доктором наук, в 1993 г. – профессором по кафедре технологии металлов и ремонта. Затем возглавляет эту кафедру, а впоследствии и весь факультет.

Имя А. В. Питухина широко известно в России и за рубежом. Он постоянный участник научных конференций и семинаров в Скандинавии, Германии, Италии, Греции, Испании и других странах. Результаты его научной деятельности отражены более чем в 140 работах, опубликованных как в нашей стране, так и в зарубежных изданиях, в т. ч. в 2 монографиях, 6 учебных пособиях, 14 методических рекомендациях. 20 статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах ВАК. Под его руководством подготовлено 7 кандидатов и 1 доктор наук.

Научные интересы А. В. Питухина связаны с исследованиями надежности машин, их проектированием и эксплуатацией. К наиболее существенным результатам его научной деятельности относятся: обоснование и разработка комплексного подхода к проектированию, разработка методов оценки показателей безотказности элементов конструкций с трещинообразными дефектами при однократном и циклическом нагружении на основе механики разрушения, создание метода диагностики элементов конструкций лесозаготовительных машин при наличии обнаруженных трещинообразных дефектов, разработка метода статистических моделей распространения усталостных трещин при случайном нагружении и критериев оценки вероятности возникновения катастрофы сборки, разработка теории катастроф в инженерном проектировании.

А. В. Питухин – почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заслуженный деятель науки Республики Карелия, действительный член РАЕН.

Поздравляем Александра Васильевича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, счастья, новых творческих удач и свершений, а руководимому им факультету – новых профессиональных достижений!

ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В ЖУРНАЛ

Публикации в журнале подлежат статьи, ранее не печатавшиеся в других изданиях.

Статья предоставляется в распечатанном виде на бумаге формата А4 (в двух экземплярах) и в электронном виде, на носителе или вложением в электронный письмо на адрес редакции журнала. Печатаемая версия статьи подписывается всеми авторами.

Статья набирается в текстовом редакторе Microsoft Word и сохраняется с расширением .doc. Объем оригинальной и обзорной статьи не должен превышать 1 печатный лист, кратких сообщений – 5-6 страниц, отчетов о конференциях и рецензий на книги – 3 страницы. Поля: верхнее и нижнее – 2 см, правое и левое – 3 см. Абзацный отступ – 0,5 см. Шрифт: Times New Roman, размер – 14 пунктов, аннотация, список литературы – 12 пт, межстрочный интервал – полуторный. Нумерация страниц – справа внизу страницы.

Статья должна состоять из следующих элементов: названию статьи должен предшествовать индекс универсальной десятичной классификации (УДК) в левом верхнем углу. Далее через 1 интервал - название статьи жирным шрифтом заглавными буквами. Точка в конце названия статьи не ставится. Сведения об авторе (фамилия, имя, отчество автора (-ов) полностью; ученая степень и звание; место работы: вуз, факультет, кафедра; должность; электронный адрес и (или) контактные телефоны). Аннотация (объемом не более 6 строк) на русском и английском языках, перед ней название статьи и фамилия (-ии) автора (-ов) также на 2-х языках; ключевые слова от 3 до 8 слов (или словосочетаний, несущих в тексте основную смысловую нагрузку) также на двух языках. Все перечисленные элементы статьи отделяются друг от друга пустой строкой и печатаются без абзацного отступа через 1 интервал.

Основной материал статьи и цитат, приводимых в статье, должен быть тщательно выверен автором. Сокращения слов не допускается, кроме общепринятых сокращений химических и математических величин и терминов. Размерность всех физических величин следует указывать в системе единиц СИ.

Список литературы, примечания, комментарии и пояснения по тексту статьи даются в виде концевых сносок. Нумерация – сплошная арабскими цифрами. Список литературы должен быть напечатан через одинарный интервал, на отдельном листе, каждый источник – с новой строки под порядковым номером по мере цитирования, не в алфавитном порядке. В списке

должны быть обязательно приведены: по книгам – фамилия (-ии) автора (-ов) с инициалами, полное название книги, место издания, издательство, год издания, страницы (от и до или количество). Отделяют их друг от друга точкой. В книгах иностранных авторов, изданных на русском языке, после заглавия книги через двоеточие указывают, с какого языка сделан перевод. Выходные данные по статьям из журналов и сборников указывают в следующем порядке: фамилия (-ии) автора (-ов) с инициалами, название статьи, через две косые черты название журнала (год, том, номер, страницы (от и до) или сборника (место издания, год, страницы (от и до)). По авторефератам – фамилия, инициалы, полное название автореферата, после которого ставят двоеточие и с заглавной буквы указывают, на соискание какой степени защищена диссертация и в какой области науки, место издания, год, страницы.

С правилами оформления работ также можно ознакомиться на сайте журнала <http://uchzap.petsu.ru>

Таблицы – каждая печатается на отдельной странице, нумеруется соответственно первому упоминанию ее в тексте и снабжается заголовком. Таблицы должны быть предоставлены в текстовом редакторе Microsoft Word (формат .doc). В тексте следует указать место таблицы и ее порядковый номер.

Иллюстрации (рисунки, фотографии, схемы, диаграммы) нумеруются, снабжаются подписями и представляются в виде отдельных растровых файлов (в формате .tif, .jpeg, .gif и т.п.), а в тексте рукописи указывается место, где они должны быть размещены. Для оригиналов (бумажная версия) на обороте каждой иллюстрации ставится номер рисунка, фамилия автора и пометка «верх», «низ». Каждый рисунок (их не должно быть более 5-6) должен иметь название и объяснение всех кривых, цифр, букв и прочих условных обозначений, размещенных под ним. В тексте статьи должна быть ссылка на конкретный рисунок, например (рис. 1).

Статьи, поступившие в редакцию, обязательно рецензируются. Если у рецензентов возникают вопросы, статья возвращается на доработку. Редакция оставляет за собой право внесения редакторских изменений в текст, не искажающих смысла статьи.

Материалы, не соответствующие предъявленным требованиям, к рассмотрению, не принимаются.

Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала.

CONTENTS

THE HISTORY OF THE JOURNAL

I. A. Chernyakova

Proceedings of petrozavodsk stsate university: 1947–19755

ARCHITECTURE AND CONSTUCTION

V. P. Orphinsky

The traditional wooden architec-ture crisis and the problems of post-ethnicity

Summary: The phenomena in the national wooden architecture and national culture are viewed through the ethnic cross-cultural interaction of the Karelian and Russian population of Karelia. The problems of multistage process of cultural assimilation of the Karelian people are discussed, focusing on non-linearness and potential reversibility of the process.

The post- ethnic stage of development of territorial communities of different levels is presented as the condition of preservation of local originality of rural architectural environment in accordance with one of the trends of modern architecture – «local spirit» revelation.

Key words: wooden architecture, national culture, Karelians, Russians, cross-ethnic interaction.....13

P. P. Medvedev, I. I. Gushkov

The study of traditional group morphology systems of the populated areas of russian north

Summary: The results of material-content, prospecting and correlation analysis of the leading architectural-typological characteristics of traditional group systems of populated areas on the territory of the Russian North at the end of XIX-second half of XX centuries are presented.

Key words: the Russian North, group systems of the populated areas, material-content, prospecting and correlation analysis23

A. N. Petrov, Z. A. Voronin, A. V. Evseeva

Nonlinear designh of reinforcement deep beams with cracks by finite element method

Summary: The finite element approach to the analysis of stress, namely the strain state of reinforced deep beams with cracks is taken into consideration. The design method is based upon the nonlinear reinforcement model developed by N.I. Karpenko. The results of numerical design of the experimental deep tested by M.P. Nilsen are submitted.

Key words: nonlinear model of reinforcement, deep beams with cracks, finite element approach.....31

A. A. Rochev

Mathematical model of framed structure made of composite elastoplastic elements

Summary: A mathematical model that allows one to calculate the stress-deformed state, to check the stability of frame construction from the constituent nonelastic elements. variables model take into length, kids for their bending, shift and torsion, nonlinear geometric and physical factors arising from the work of elements under load.

Key words: frame construction, deformed state, constituent nonelastic element.....36

BIOLOGY

E. V. Ivanter

To the concept of plyphical spieces (on the examle of bank vole – *Clethrionomys Glareolus Shreb*)

Summary: The analysis of the population structure and dynamics of bank vole (*clethrionomys glareolus shreb*), which is a characteristic megarange polytypic Paralaearctic mammal) has supported the earlier suggestion that the population density in the ecological center is not only higher, but also more stable compared to that of the periphery, where it varies greatly with large amplitude.

Key words: bank vole, polytypic species, population density.....39

V. V. Bogdan, G. A. Shklyarevich

Evaluation of the coastal ecosystems of the white sea based on ecological and biological amphipoda parameters

Summary: The alterations of lipid and fatty acid content were investigated. The results showed the change of body size amplitude, age groups and life expectancy of littoral parts of the three common amphipode types as the answer to the toxic influence of everyday and industrial contamination of the Kandalaksha bay of the White Sea as opposed to the phone values.

Key words: amphipode, littoral parts of the population, lipids61

A. V. Korosov

Double circuit negative feedback and adder thermologation model

Summary: Three patterns of negative feedback, to wit: simple (one-circuit), double (multi-circuit), and complex (two-circuit) were investigated. The double circuit feedback provides for fast and accurate tuning of the variable of the biosystem inner environment under investigation. The study of the homeostasis biosystem mechanisms allows quantitative assessment of variable critical levels. It's important because they determine the biosystem behavior. Thermo regulated behavior of an adder one might successively study by means of simulating models.

Key words: feedback, simulating, adder74

G. A. Shklyarevich

Swallowtail (*Papilo Machaoni*) ecology on the Kola Peninsula

Summary: The results of swallowtail (*Papilo Mahaoni*) ecology investigation in the South of Murmansk District in 1991–1993 are presented. The archive papers of the Kandalksha State Preserve are used. The penology information and data about the size and weight of the swallowtails are subjected. The period of larval development is described. The list of forage crops for caterpillars is given.

Key words: ecology, swallowtail, the Kola Peninsula83

AGRICULTURE AND FORESTRY

E. Yu. Misheneva

Genetic evaluation of bulls on mastitis resistance by means of the best linear unbiased prediction method (BLUP)

Summary: The genotypes of bulls were evaluated according to mastitis resistance by the best linear unbiased prediction method (BLUP). This method allows to differentiate the bulls breeding value considering the mastitis resistance and to increase the accuracy of sires' selection by 20–40%.

Key words: mastitis resistance, sires evaluation, breeding value, the BLUP method.87

V. Yu. Sirotinina

Milk cows reproduction parameters depending on the first insemination after calving

Summary: The duly cow insemination and fertilization after calving is a very important condition of the maximum calf births and high milk yield. Making a decision about insemination of a cow after calving, it is necessary to take into consideration the health of an animal in the postpartum period, the level of dairy productivity, and other factors. Otherwise, the insemination results might be negative.

Key words: cow, lactation, first insemination after calving, mastitis, obstetric and gynecological diseases.....92

O. I. Gavrilova, V. K. Khlyustov

Nursery forest classification on growing planting stock of the coniferous woods

Summary: This paper are classification of forestry nurseries republics of Karelia, which per-mission grow of pine and spruce seedling to analyse and ways purchase's plant material to fix.

Key words: pine and spruce seedlings, nurseries, classification.....95

A. L. Yuryeva

Scots pine growth in felling of Karelia in clamacrostis and dechampsia environment

Summary: The main patterns of Scots pine growth during the first years are described in the article. The influence of soil preparation and type of planting material on seedlings growth is presented.

Key words: Scots pine, container seedlings, bareroot seedlings, soil preparation.....101

V. K. Khlyustov, O. I. Gavrilova, I. V. Morozova

Models of age-dependent dynamycs growth and chamaenerion angustifolium productivity on mineralized soils of Karelia

Summary: The age and seasonal dynamics models of projective covering are presented. The growth and efficiency of ground and underground parts of willow herb on mineralized soil is described.

Key words: artificial reforestations, forestry culture, clear cutting, cover107

ENGINEERING

A. V. Pitukhin

The fatigue crack initiation period estimation depending on the mechanical treatment roughness

Summary: The relationships for calculation of number of cycles after which the fatigue crack starts being developed from microdefect under the influence of cyclic stress predetermined in the form of a block and of the range distribution density are presented. The case of roughness after mechanical treatment on a surface of machine parts is considered and correlations for calculation of a fatigue crack initiation period depending on surface roughness parameters are offered.

Key words: the fatigue crack initiation period, risks after mechanical treatment, surface roughness parameters..... **111**

V. N. Shilovsky, G. Yu. Golstein, A. V. Salivonik

Efficiency operational control of forest machines

Summary: The article presents the conception of a mechanic's automated workplace. The conception provides the validity of decisions in maintaining service and repair of forest machines and increase their technical efficiency.

Key words: conception, mechanic's work station, maintenance, repair, algorithm **114**

A. S. Vassilyev, Yu. V. Nikonova, M. I. Rakovskaya

About applying numerical simulation method for improvement purposes of the technological process of the wood's refinement in the barking drum

Summary: The theory of rawwood's group barking in the barking drums is displayed. Modern numerical mathematical simulation methods are used for the definition of the mathematical model of the process of the bark's separation from the wood (specifically, the discrete components method)

Key words: Barking, barking drum, numerical simulation **117**

L. V. Schegoleva, V. M. Lukashevich, P. O. Schukin, K. A. Kornilov

Application of modern computer technologies in the study and quality assessment of timber-harvesting operations

Summary: The article describes the new geo-information system containing information about (1) the geographical demarcation of the Republic of Karelia based on the region topography, climate, and degree of peat formation, (2) climatic transportation graphs of the regions, (3) the winter period of timber transportation in the regions, (4) forest law violation figures in forest divisions and databases of climatic indexes. The geo-information system can be applied for planning and assessing timber-harvesting operations.

Key words: organization of timber harvesting, preparatory work, zones of summer and winter felling, geo-informational system (GIS technologies), quality rating wood cutting area, forest rape **120**

Yu. Yu. Gerasimov, V. S. Syuneyev, A. P. Sokolov

Forest machines comparison based on the ergonomic guidelines

Summary: The results of the ergonomic research on different models of harvesters and feller bunches are presented in the article. The assessment of hard labor, while using different technologies and machines, are submitted in the article. The investigation was carried within the framework of the TACIS and TEKES international projects. The comparison between the investigated machines allows estimating the technical perfection of each model in ergonomic and work safety aspects.

Key words: harvester, forest machines, ergonomic development, work station, hard labor **124**

O. N. Galaktionov

Logging wastewood concentration on a logging area

Summary: Article is devoted to waste products timber cuttings concentration on log area research. Are considered earlier not exposed to research log technologies of timber cuttings. In article experimental data are resulted processing results. The timber cuttings waste products highest concentration areas are established.

Key words: timber cuttings technology, logging residual, concentration, measurement **131**

A. V. Rodionov, A. M. Tsypouk

Modelling economic efficiency of intensive sustainable forestry (the case of the republic of Karelia)

Summary: The results of theoretical and practical investigations of economic efficiency of intensive sustainable forestry (the case of the Republic of Karelia) are presented. The recommendations for selecting wood species, economic conditions, and forestry technologies are submitted.

Key words: forestry, modeling, economics..... **140**

Scientific information **145**

Jubilee **146**

General information for journal's authors **147**