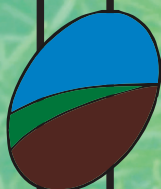


ISSN 1993-0135

ХВОЙНЫЕ

БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ



2023

Том XLI
Номер 3

<http://www.sibsau.ru>

Красноярск

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева

ХВОЙНЫЕ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Теоретический и научно-практический журнал

Том XLI
№ 3

Красноярск
2023

ХВОЙНЫЕ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ

Теоретический и научно-практический журнал

Том XLI, № 3

Журнал основан в 1962 г.
(до 2002 г. носил название «Лиственница»).

Выходит 6 раз в год

Главный редактор

Братилова Наталья Петровна, д.с.-х.н. профессор

Ответственный секретарь

Коротков Александр Анатольевич, к.с.-х.н., доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Авдеева Елена Владимировна, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Алашкевич Юрий Давыдович, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Бабич Николай Алексеевич, д.с.-х.н., профессор (САФУ, Архангельск)
Бессчетнов Владимир Петрович, д.б.н., профессор (НГСХА, Нижний Новгород)
Верховец Сергей Владимирович, к.с.-х.н., доцент (Директор Проектного офиса
НОЦ МУ «Енисейская Сибирь», Красноярск)
Выводцев Николай Васильевич, д.с.-х.н., профессор (Тихоокеанский государственный университет,
Хабаровск)
Ермолин Владимир Николаевич, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Залесов Сергей Вениаминович, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)
Иванов Валерий Александрович, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Кобаяси Рёсукэ, к.с.-х.н. (Центр полевых биосферных исследований Севера, Университет Хоккайдо)
Казаков Яков Владимирович, д.т.н. (САФУ, Архангельск)
Корпачев Василий Петрович, к.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Крутовский Константин Валерьевич, профессор (Техасский агромеханический университет, США)
Кузнецов Борис Николаевич, д.х.н., профессор (ИХХТ СО РАН, Красноярск)
Матвеева Римма Никитична, д.с.-х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Нагимов Зуфар Ягфарович, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)
Нимц Петер, профессор (Институт строительных материалов и физики древесины (IfB)
Высшей швейцарской технической школы (ETH), Цюрих, Швейцария)
Огурцов Виктор Владимирович, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Онучин Александр Александрович, д.б.н., профессор (ИЛ СО РАН, Красноярск)
Пен Роберт Зусьевич, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Прохоров Валерий Николаевич, д.б.н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси
(Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь)
Рязанова Татьяна Васильевна, д.т.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Сафин Руслан Рушанович, д.т.н., профессор (Казанский национальный исследовательский
технологический университет, Казань)
Селиховкин Андрей Витимович, д.б.н., профессор (СПбЛТА им. Кирова, Санкт-Петербург)
Стороженко Владимир Григорьевич, д.б.н. (Институт лесоведения РАН, Москва)
Субоч Георгий Анатольевич, д.х.н., профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Суховольский Владислав Григорьевич, д.б.н., профессор (ИЛ СО РАН, Красноярск)
Усольцев Владимир Андреевич, д.с.-х.н., профессор (УГЛТУ, Екатеринбург)
Шевелев Сергей Леонидович, д.с.-х.н. профессор (СибГУ им. М. Ф. Решетнева, Красноярск)
Якубов Харис Галиулович, д.б.н., профессор (МГУ, Москва)

CONIFERS of the BOREAL AREA

Theoretical and Applied Research Journal

Volume XLI, № 3

The journal was founded in 1962
(Prior to 2002 it had the title «Larch»).

Issued 6 times a year

Editor-In-Chief

Dr. Natalia P. Bratilova, Professor

Executive secretary

PhD. Aleksandr A. Korotkov, Associate Professor

EDITORIAL BOARD:

Avdeeva Elena V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Alashkevich Yuri D., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Babich Nikolay A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk)

Besschetnov Vladimir P., Dr. Sc. in Biology, Professor (Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod)

Ermolin Vladimir N., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Ivanov Valery A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Kobayashi Ryosuke, Cand. Sc. in Agriculture, North Field Biosphere Research Center (Hokkaido University)

Kazakov Yakov V., Dr. Sc. in Engineering, Associate Professor (Northern Arctic Federal University, Arkhangelsk)

Korpachev Vasily P., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Krutovsky Konstantin V., Professor (Texas A&M University, College Station, USA)

Kuznetsov Boris N., Dr. Sc. in Chemistry, Professor (Institute of Chemistry and Chemical Technology, Krasnoyarsk)

Matveeva Rimma N., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Nagimov Zufar Ya., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)

Niemz Peter, Professor (Institute for Building Materials and Wood Physics (IfB) at Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland)

Ogurtsov Victor V., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Onuchin Alexandr A., Dr. Sc. in Biology, Professor (Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk)

Pen Robert Z., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Prokhorov Valery V., Dr. Sc. in Biology, Professor, Associate Member of the National Academy of Sciences of Belarus (Institute of experimental botany of NAS of Belarus, Minsk, Belarus)

Ryazanova Tatyana V., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Safin Ruslan R., Dr. Sc. in Engineering, Professor (Kazan National Research Technological University, Kazan)

Selikhovkin Andrey V., Dr. Sc. in Biology, Professor (Saint-Petersburg State Forest-Technical Academy)

Shevelev Sergei L., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Storochenko Vladimir G., Dr. Sc. in Biology, Professor (Institute of Forest Sciences, Moscow)

Suboch Georgii A., Dr. Sc. in Chemistry, Professor (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Soukhovolsky Vladislav G., Dr. Sc. in Biology, Professor (Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk)

Verkhovets Sergei V., Cand. Sc. in Agriculture, Docent (Director of the Project Office of the REC MU "Yenisey Siberia", Krasnoyarsk)

Vyvodtsev Nikolay V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Pacific National University, Khabarovsk)

Usoltsev Vladimir A., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)

Zalesov Sergey V., Dr. Sc. in Agriculture, Professor (Ural State Forestry University, Ekaterinburg)

Yakubov Haris H. Dr. Sc. in Biology, Professor (Moscow State University, Moscow)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-70531 от 25 июля 2017 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Certificate of Registration as a Mass Media Resource.
Certificate: PI No. FC77-70531, dated 25 July 2017,
given by The Federal Service for Supervision of Communications,
Information Technology and Mass Media

Статьи в журнале публикуются бесплатно после обязательного рецензирования
и при оформлении их в соответствии с требованиями редакции (www.hbz.sibsau.ru).

Журнал выходит 6 раз в год.

Электронная версия журнала представлена на сайте Научной электронной библиотеки
(<http://www.elibrary.ru>) и сайте журнала (<https://hbz.sibsau.ru/>)

При перепечатке или цитировании материалов из журнала
«Хвойные бореальной зоны» ссылка обязательна

Учредитель и издатель

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева» (СибГУ им. М. Ф. Решетнева)

Адрес учредителя и издателя

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева,
Российская Федерация, 660037, Красноярск,
проспект имени газеты «Красноярский Рабочий», 31

Адрес редакции

Российская Федерация, 660049, Красноярск, просп. Мира, 82, каб. ц-01а
Редакция журнала «Хвойные бореальной зоны»
Тел. (391) 266-03-96, e-mail: hbz@sibsau.ru, www.hbz.sibsau.ru

Address: Editorial office of the journal “Conifers of the Boreal Area”
82, Mira Av., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation.
Department of Forest Plantation
Phone: (391) 266-03-96, e-mail: hbz@sibsau.ru, www.hbz.sibsau.ru

Ответственный редактор А. А. Коротков.
Корректор П. С. Бороздов. Оригинал-макет и верстка Л. В. Звонаревой.

Подписано в печать 20.06.2023. Дата выхода в свет 30.06.2023. Формат 70×108/8.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 7,9. Уч.-изд. л. 10,0. Тираж 700 экз.
Заказ 3320. С 739/23. Цена свободная.

Редакционно-издательский отдел СибГУ им. М. Ф. Решетнева.
660037, Красноярский край, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский Рабочий», 31.
E-mail: rio@mail.sibsau.ru. Тел. (391) 291-90-96.

Отпечатано в редакционно-издательском центре СибГУ им. М. Ф. Решетнева.
660049, Красноярский край, г. Красноярск, просп. Мира, 82. Тел. (391) 222-73-28.

Содержание

Паркина О. В. Игорь Юрьевич Коропачинский (1928–2021 гг.)	203
---	-----

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Безруких В. А., Авдеева Е. В., Лигаева Н. А., Кузнецова О. А., Иванов Д. В. Возможности природопользования бореальной зоны Приенисейской Сибири	206
Безруких В. А., Авдеева Е. В., Лигаева Н. А., Кузнецова О. А., Коротков А. А. Перспективы развития природопользования бореальной зоны Приенисейской Сибири в новых экономических условиях	214
Вайс А. А., Козлов Н. В. Рост и развитие сосняков на северной границе произрастания Красноярского края	218
Выводцев Н. В. Изучение процессов роста ясеня маньчжурского по материалам государственной инвентаризации лесов	224
Коновалова И. С., Коновалов Д. Ю., Бабич Н. А. Эколого-ценотическая активность видов растений напочвенного покрова на начальных стадиях формирования лесных культур средней подзоны тайги	231
Смирнов А. В., Хамитов Р. С. Влияние географического фактора на степень интрогрессивной гибридизации популяций ели в центральной части Вологодской области	238
Цепордей И. С., Усольцев В. А., Норицин Д. В. Обоснование использования зимней температуры при прогнозировании климатически обусловленных изменений биомассы лесов Евразии	243

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Алашкевич Ю. Д., Фомкина А. А. Определение силы сдвига слоев течения волокнистой суспензии в полости рабочего цилиндра при её безножевом размоле	248
Огурцов В. В., Каргина Е. В., Матвеева И. С. Влияние толщины и длины бревна на зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе	252
Огурцов В. В., Каргина Е. В., Матвеева И. С. Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе	257
Авторская ссылка	262

Contents

Parkina O. V. Igor Yurievich Koropachinsky (1928–2021)	203
---	-----

BIOLOGY AND ECOLOGY, FORESTRY

Bezrukikh V. A., Avdeeva E. V., Ligaeva N. A., Kuznetsova O. A., Ivanov D. V. Possibilities for environment management in the boreal zone of the Yenisei Siberia	206
Bezrukikh V. A., Avdeeva E. V., Ligaeva N. A., Kuznetsova O. A., Korotkov A. A. Prospects for the development of nature management in the boreal zone of the Yenisei Siberia under the new economic conditions	214
Vais A. A., Kozlov N. V. Growth and development of pine forests on the northern border of growth of Krasnoyarsk region	218
Vyvodtsev N. V. Study of the growth processes of the manchurian ash tree based on the materials of the state forest inventory	224
Konovalova I. S., Konovalov D. Yu., Babich N. A. Ecological and cenotic activity of ground cover plant species at the initial stages of forest crops formation in middle taiga subzone	231
Smirnov A. V., Khamitov R. S. The influence of the geographical factor on the degree of introgressive hybridization of spruce populations in the central part of the Vologda oblast	238
Tsepordey I. S., Usoltsev V. A., Noritsin D. V. Rationale of the winter temperature use in forecasting climate-related changes in the biomass of eurasian forests	243

TECHNOLOGY OF HARVESTING AND MECHANICAL PROCESSING OF WOOD

Alashkevich Y. D., Fomkina A. A. Determination of the force of shear of the layers of the flow of a fibrous suspension in the cavity of the working cylinder during its knifeless grinding	248
Ogurtsov V. V., Kargina E. V., Matveeva I. S. Influence of the thickness and length of a log on the dependence of the volume yield of sawn work on the number of their thickness in the set	252
Ogurtsov V. V., Kargina E. V., Matveeva I. S. Dependence of the volume yield of sawn work on the number of their thickness in the set	257
Author's link	262

ИГОРЬ ЮРЬЕВИЧ КОРОПАЧИНСКИЙ (1928–2021 гг.)

Хочется надеяться, что все те, от кого зависит наше дальнейшее развитие, прозреют. Ведь науки о Жизни в XXI веке должны быть приоритетными. А растительный мир – это основа жизни на Земле!

И. Ю. Коропачинский

Академик Игорь Юрьевич Коропачинский, известный ботаник, дендролог и лесовод более 70 лет творческой жизни посвятил изучению растительного мира не только Сибири и Дальнего Востока России, но и Азиатской части.

Игорь Юрьевич талантливый специалист с широким кругозором, организатор науки, создатель крупнейшего в Сибири ботанического сада. Изучение и сохранение видового разнообразия растительного мира заложено им в основу теоретической базы как в практике лесного хозяйства, так и для озеленения, ботаники в области разнообразия, интродукции и систематики. По мнению ученого, чрезвычайно широкий набор видов и форм должен быть в руках лесных мелiorаторов, работников лесного хозяйства [1].

Игорь Юрьевич известен во всем мире как выдающийся дендролог, специалист по лесу, опубликовавший около полутора сотен научных работ, вклю-

чая тридцать монографий. Необходимо отметить основные научные работы: «Лиственничные леса Сибири и Дальнего Востока», «Дендрофлора Алтайско-Саянской горной области», «Древесные растения Азиатской России», «Определитель местных и экзотических древесных растений Сибири», «Естественная гибридизация древесных растений» и др.

Игорь Юрьевич родился 16 марта 1928 года в Красноярске, куда в двадцатые годы переехала семья из европейской части. Любовь и интерес к живой природе привил отец с детских лет, увлекаясь совместной рыбалкой, охотой, прогулками по лесу.

В отличие от многих коллег по Академии наук, Игорь Юрьевич свой путь во взрослую жизнь начал не со студенческой скамьи. Во время Великой Отечественной войны в 1942 году из школы ушел на завод к токарному станку. Как и многие его сверстники, совсем юный парень взял ответственность на себя

за семью после ухода на фронт отца. Правда, как он сам вспоминал впоследствии, не осознавая, уже тогда имел отношение к научным исследованиям. Под руководством доктора технических наук, профессора Богородицкого и главного инженера – профессора Спицына участвовал в передовых разработках создания опытных образцов оборонной техники в единственном экземпляре. Игорь Юрьевич вспоминал, что к пятнадцати годам сумел в совершенстве освоить все эти станки и стал настоящим мастером. «Теперь меня приглашали для обсуждения стратегии по их выполнению, прислушивались к моему мнению, говорили на равных», – рассказывал Игорь Юрьевич [2].

Стремление к новым знаниям всегда являлось основой творческого пути молодого специалиста. Несмотря на очевидные перспективы, открывающиеся перед юношей на заводе, Игорь Коропачинский хотел продолжить образование и посвятить себя изучению сибирского леса. За 1945–1946 годы он экстерном сдал экзамены за оставшиеся классы десятилетки, прошёл курс в машиностроительном техникуме и поступил в Сибирский лесотехнический институт, который в 1951 г. успешно окончил с присвоением квалификации «инженер лесного хозяйства». На одаренного студента обратил внимание известный ученый-лесовод, заведующий кафедрой лесных культур профессор В. Э. Шмидт, который принял его в аспирантуру, а затем оставил работать преподавателем. В 1956 году Игорь Юрьевич уже защитил кандидатскую диссертацию и возглавил кафедру, принимал активное участие в формировании дендрария на территории Караульного лесничества.

Научные интересы и жажда новых идей в исследованиях определили переход ученого в Институт леса и древесины СО АН СССР, который был переведен в Красноярск из Подмоскovie в 1959 г. Этот период посвящен изучению обширного круга вопросов по изучению географии и разнообразия древесных видов, лесной генетики и селекции. Значимость работ по изучению естественной гибридизации древесных форм подчеркнута словами Игоря Юрьевича: «Это

очень важные знания, и теоретические, и практические, без них нельзя, например, говорить о систематике многих видов растений, чрезвычайно ценными они являются при интродукции растений, при аналитической селекции и т. д.».

На основе исследований видов древесных растений обширных географических территорий под руководством и непосредственным участием И. Ю. Коропачинским созданы дендрокolleкции для сохранения биоразнообразия и использования наиболее адаптированных интродуцентов в садово-парковом строительстве и лесоразведении. Создание и сохранение дендрариев, ботанических садов, а их под руководством Коропачинского было создано три, становится ключевой целью всей его многогранной деятельности.

В 1962 г. И. Ю. Коропачинский переехал в г. Новосибирск, устроился на работу в Центральный сибирский ботанический сад СО АН СССР. Здесь Игорь Юрьевич работал последовательно старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией дендрологии, заместителем директора по научной работе, директором Центрального сибирского ботанического сада СО АН СССР.

В 1973 г. в диссертационном совете Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР (с 1992 г. – ИЛ СО РАН) Игорь Юрьевич блестяще защищает докторскую диссертацию на тему «Дендрофлора Алтайско-Саянской горной области» и получает ученую степень доктора биологических наук по специальности «Ботаника».

В 1976 г. И. Ю. Коропачинский возвращается в Красноярск, в Институт леса им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, где формирует из специалистов по дендрологии, интродукции, лесным культурам лабораторию искусственных фитоценозов, а в 1977 г. он избирается заместителем директора Института леса. Однако в 1983 г. И. Ю. Коропачинский избирается директором Центрального сибирского ботанического сада СО АН СССР и опять переезжает в г. Новосибирск.



Российско-американская экспедиция в Западный Саян (2001 год)

Научную работу, как блестящий наставник и вдохновитель научных идей, Игорь Юрьевич успешно сочетает с организационной и педагогической деятельностью. Под его руководством создана научная школа ботаников-дендрологов.

«Современные образовательные технологии позволяют получать знания из самых разных источников, поэтому, на мой взгляд, задача учителя, не столько нести знания сами по себе, но – делиться жизненным опытом, формировать мировоззрение, правильное отношение к своему делу и ответственности за него. И в этом отношении Игорь Юрьевич был замечательным учителем, с которым меня свела судьба», – говорит один из учеников академика, директор ЦСБС СО РАН в 2015–2020 гг., доктор биологических наук Евгений Викторович Банаев.

В 1987 г. он избирается членом-корреспондентом АН СССР, а в 1992 г. – академиком РАН, по отделению биологических наук РАН (СО РАН).

И. Ю. Коропачинский – основатель и многие годы главный редактор научного журнала «Сибирский экологический журнал», награжден государственным орденом «Знак Почета» (1986) и медалями, удостоен звания лауреата премии им. В. Н. Сукачева РАН (1995).

Огромную роль он уделял организации экспедиционных исследований для изучения разнообразия растительных форм, определении и выявлении совершенно новых, не описанных ранее видов. Так, одна из работ посвящена изучению дендрофлоры Тувы (О новых географических находках в дендрофлоре Тувы). Изучение древесных растений Тувы на обширной территории были начаты сотрудниками лаборатории Дендрологии Центрального Сибирского ботанического сада СО АН СССР в 1963 году. В процессе работы был собран обширный гербарий. Анализ собранного материала и критический обзор всех опубликованных данных позволили внести поправки в существующие флористические сводки и значительно пополнить список древесных растений.

Под руководством И. Ю. Коропачинского и при его непосредственном участии проведено множество экспедиций в Сибири и на Дальнем Востоке России, в США, Японии, Китае и др. странах мира.

«Считается, что именно он закрыл «белое пятно» по бореальным лесам Сибири, которые мы привычно зовем сибирской тайгой. До него их изучением мало кто занимался, это требовало довольно сложной экспедиционной работы, которую взял на себя Игорь Юрьевич. И то, что сегодня весь мир знает о значении и состоянии лесов Сибири – во многом заслуга его экспедиций и научных работ», – вспоминает академик РАН Владимир Константинович Шумный.



И. Ю. Коропачинский проводил большую научно-организационную работу, являясь советником Президиума СО РАН, членом Объединенного ученого совета по биологическим наукам СО РАН, членом бюро Совета ботанических садов России, председателем совета ботанических садов Сибири и Дальнего Востока (более 20 лет), членом международного совета ботанических садов по охране растений (BGCI), председателем Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций при ЦСБС СО РАН [3].

Все, кто общался с Игорем Юрьевичем, отмечают его неиссякаемый оптимизм, жизне- и дружелюбие, обширную эрудицию, принципиальность и тонкий юмор. Игорь Юрьевич был удивительным человеком, у которого за плечами много лет жизни и работы, но он с большим интересом погружался в начинания. «Просто вулкан какой-то» – говорили о нем коллеги и соратники.

На вопрос, что вам дает силы? Игорь Юрьевич без колебаний отвечал: «Думаю, что человеку важно не терять интерес к делу, к жизни вообще. Всегда можно найти себя».

Библиографический список

1. Коропачинский И. Ю. О бедном Ботсаде замолвите слово / подгот. В. Садыкова // Наука в Сибири. 2006. № 28-29. С. 8.
2. Газета «Навигатор». № 17 (1137) от 04.05.2018.
3. Банаев Е. В. Памяти Игоря Юрьевича Коропачинского (16.03.1928–05.12.2021) / Е. В. Банаев // Растительный мир Азиатской России. 2022. № 1. С. 75–77.

*О. В. Паркина,
кандидат сельскохозяйственных наук,
заведующий кафедрой лесного хозяйства
ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ*

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

В. А. Безруких¹, Е. В. Авдеева², Н. А. Лигаева³, О. А. Кузнецова³, Д. В. Иванов²

¹Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева
Российская Федерация, 660049, г. Красноярск, ул. А. Лебедевой, 89

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

³Сибирский федеральный университет
Российская Федерация, 660099, г. Красноярск, просп. Свободный, 79

В Приенисейской Сибири хвойной бореальной зоны, протянувшийся с севера на юг на 30°, формируются разнообразные зоны от тундры до степей и горных лесов. Аграрное природопользование развито практически во всех зонах за исключением арктической, субарктической и тундровой, в 2-х последних имеет место оленеводство. Активное природопользование начинается с южной тайги и подтаежной зоны. В статье рассматриваются вопросы организации сельскохозяйственных территорий. Анализ структуры агропотенциала естественных ресурсов позволил выделить своеобразие состава, соотношение отдельных видов и природные предпосылки экономического развития хозяйственного комплекса зоны активного земледелия Приенисейской Сибири. Анализ сложившихся региональных систем аграрного природопользования (региональный и топологический уровень) позволяет выявить не только особенности их формирования, но и предположить направления рационализации, а в дальнейшем – устойчивого развития в рамках природных и социально-экономических ограничений. В настоящей работе на примере Приенисейской Сибири проанализированы и представлены подходы к оценке агроприродного потенциала территории и аграрного природопользования как эколого-экономической системы. Устойчивое развитие Приенисейской Сибири опирается на комплексное развитие трех его составляющих – социальной, экологической и экономической. Важный учет экологического фактора, который определяется как экологический потенциал – резерв возможности территории удовлетворять потребности человека в сельхозпродукции и противостоять негативному антропогенному воздействию.

Ключевые слова: территориальная организация, региональные системы природопользования, активное природопользование, ландшафтная дифференциация, Приенисейская Сибирь, ландшафт, природные зоны.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 206–213

POSSIBILITIES FOR ENVIRONMENT MANAGEMENT IN THE BOREAL ZONE OF THE YENISEI SIBERIA

V. A. Bezrukikh¹, E. V. Avdeeva², N. A. Ligaeva³, O. A. Kuznetsova³, D. V. Ivanov²

¹Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafyev
89, A. Lebedeva str., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

³Siberian Federal University
79, Svobodny av., Krasnoyarsk, 660099, Russian Federation

Various zones from the tundra to the steppes and mountain forests are formed in the Yenisei Siberia of the coniferous boreal zone, stretching from north to south for 30°. Agrarian nature management is developed in almost all zones, with the exception of the arctic, subarctic and tundra, there is reindeer breeding in the last two. Active nature management begins with the southern taiga and subtaiga zone. The article deals with the organization of agricultural territories. The analysis of the structure of the agropotential of natural resources made it possible to identify the originality of the composition, the ratio of individual species and the natural prerequisites for the economic

development of the agricultural sector in the zone of active farming of the Yenisei Siberia. The analysis of the existing regional systems of agrarian nature management (regional and topological levels) allows us to identify not only the features of their formation, but also to suggest directions for rationalization and sustainable development within the framework of natural and socio-economic restrictions in the future. In this paper, on the example of the Yenisei Siberia, the approaches to the assessment of the agro-natural potential of the territory and agricultural nature management as an ecological and economic system are analyzed and presented. The sustainable development of the Yenisei Siberia is based on the integrated development of its three components: social, environmental and economic. It is important to take into account the environmental factor, which is defined as the ecological potential, the reserve of the territory's ability to satisfy human needs in agricultural products and withstand negative anthropogenic impacts.

Keywords: territorial organization, regional systems of nature management, active nature management, landscape differentiation, Yenisei Siberia, landscape, natural zones.

Возможности территориальной организации сельскохозяйственного природопользования является инструментом географического анализа региона, который дает возможность обеспечивать устойчивое развитие его фоновых, природообусловленных видов, позволяя учесть природную предопределенность формирования различного вида аграрного природопользования (методами физической географии и ландшафтоведения) и экономические возможности его эффективного функционирования. Анализ сложившихся региональных систем аграрного природопользования (региональный и топологический уровень) позволяет выявить не только особенности их формирования, но и предположить направления рационализации, а в дальнейшем – устойчивого развития в рамках природных и социально-экономических ограничений.

Региональные системы аграрного природопользования формируются в границах физико-географических провинций и выделения крупных ландшафтных комплексов осуществляется наложением широтных ландшафтных зон на систему «азональных» секторов. В результате ландшафтные провинции отражают внутризональные различия и являются крупной частью зональной области, которая обособляется под воздействием аazonальных факторов, рассматриваемых в связи с историей ландшафтов и их генезисом. Смене геолого-геоморфологических условий, как правило, сопутствуют и существенные климатические различия.

Формирование систем аграрного природопользования согласуется с учением о геосистемах В. Б. Соचाва, который рассматривал геосистему «как особый класс управляющих систем; земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом» [6]. Геосистемный подход позволяет выделить границы региональных систем, которые имеют плавающий характер, но функционируют в рамках собственного инварианта развития.

Согласно ландшафтно-экологического районирования России по А. Г. Исаченко (2001) территория Приенисейской Сибири расположена в пределах 3-х секторов: Западно-Сибирском, Средне-Сибирском и Южно-Сибирском, каждый из них представлен разным составом зон [5].

Аграрное природопользование развито практически во всех зонах за исключением арктической, субарктической и тундровой, в 2-х последних имеет ме-

сто оленеводство. Активное АП, по мнению авторов, начинается с южной тайги и подтаежной зоны. К этой зоне условно можно отнести лишь 12 % территории Приенисейской Сибири, где проживает 83,6 % её населения Красноярского края. Лесостепи и степи в земледельческой зоне занимают 42 % территории, где проживает 84 % населения этой зоны. Если посмотреть по секторам, то на территории Южно-Сибирского сектора относится 53 % зоны активного природопользования, население составляет 67 % общих и 42,5 % сельских жителей. К Западно-Сибирскому сектору относится 45 % площадей зоны активного АП, здесь проживает 9 % всего и 13 % сельского населения. На долю Средне-Сибирского сектора приходится 25 % территории, где проживает 15 % общего и 16 % сельского населения зоны аграрного природопользования.

Наиболее важную роль в аграрном природопользовании занимают леса и степные ландшафты Южной и Западной Сибири, эти же территории отличаются и большим разнообразием природных условий. В Средней Сибири аграрное природопользование, в связи с суровыми природно-климатическими условиями имеет очаговый характер преимущественно животноводческого отгонного направления в Эвенкийском и Таймырском муниципальных районах. На юге сектора выделяются анклавные территории активного земледелия в Канской и Рыбинской котловинах, сельскохозяйственная освоенность которых составляет около 70 % с преобладанием доли пашни, сенокосов, пастбищ; остепненные участки котловин, приуроченные к долинам рек и имеющие вытянутый лентообразный рисунок. Наряду с животноводческим направлением хозяйства развито земледелие, но оно, как правило, сконцентрировано вокруг крупных населенных пунктов и имеет пригородный характер, либо направлено на производство кормов. Продовольственное зерно и технические культуры выращиваются в недостаточном количестве. В Приенисейской Сибири сохранились черты традиционного национального-этнического природопользования, что особенно характерно для северных регионов (Эвенкии и Таймыр).

Годы советской власти с периодом сплошной коллективизации и индустриализации наложили некоторый отпечаток на характер аграрного природопользования, но в силу природно-климатических особенностей этих территорий и ментальности населения их народов в значительной мере сохранили свои традиции этнического природопользования и быстрее

к ним вернулись, чем другие регионы. Долинные комплексы были распаханы; на смену традиционного регионам ячменя внедрились пшеница и рожь в полевые севообороты; высокая плотность скота привела к дигрессии пастбищ. И сегодня после существенного снижения поголовья скота процессы деградации пастбищ продолжаются. Навязанная извне смена видового состава зерновых сказалась не столько на продуктивности ограниченных участков пашни, сколько на структуре питания местных жителей. Учитывая природные условия и высокую значимость АП в Западной и Южной Сибири, и весьма высокий уровень дифференциации рассмотрим формирование и функционирования региональных систем аграрного природопользования в данных регионах.

Региональная система АП формируется в рамках конкретного провинциально-зонального таксона, определяется принадлежностью к той или иной зоне, но идентифицируются в зависимости от сочетания конкретных ландшафтных комплексов. Отсюда рациональный уровень ландшафтной дифференциации представлен провинциями, основными критериями их обособления служат видовой, в каждом случае индивидуальный, набор слагающих ландшафтов.

Подзона тайги (подзона мелколиственных лесов) выделяется как переходная ландшафтная часть от южной тайги к лесостепи. Подтайга Западной Сибири в пределах Красноярского края занимает около 1,7 % его площади. Она ограничена на севере подзоной южной тайги, а на юге подзоной северной лесостепи. Рельеф равнинный, слабо волнистый, заметно расчлененный в южной и юго-восточной части. Абсолютные высоты не превышают 300 метров с постепенным понижением с юга на север. Слагающие территорию подзоны породы юрского, мелового и третичного возраста перекрыты более или менее мощными четвертичными толщами суглинков и глины.

Климат континентальный, при этом степень континентальности возрастает запада на восток. Средняя годовая температура $-1,1^{\circ}$, средняя температура воздуха в январе $-19,5^{\circ}$, а в июле $17,8^{\circ}$. Продолжительность безморозного периода около 100 дней. Сумма активных температур за вегетационный период 1600° – 1700° . Количество осадков за год около 400 мм. Ежегодно бывает поздние весенне-летние и ранние осенние заморозки. Подзона сильно заселена, преобладает смешанный лес, что затрудняет использование сельскохозяйственной техники [1].

Почвенный покров представлен преимущественно серыми лесными и дерново-слабоподзолистыми почвами, часто со вторым гумусовым горизонтом. Южной части подзоны заметную роль играют оподзоленные и выщелоченные черноземы. Широко распространены в различной степени заболоченные почвы и болота. Наибольшую ценность для развивающегося земледелие имеют серые лесные почвы и черноземы. Эти почвы обычно богаты элементами пищи растений и обладают благоприятными физическими свойствами. Дерново-подзолистые и подзолистые почвы подтайги отличаются от аналогичных почв тайги меньшей степенью оподзоленности, большим содержанием гумуса и лучшими водно-воздушными свойствами.

Основным направлением в развитии сельского хозяйства в подзоне подтайги является животноводство со следующими ведущими отраслями: молочно-мясное скотоводство, свиноводство и пчеловодство. Повторяющиеся заморозки в весенний и раннеосенний периоды затрудняют возделывание яровых культур. Поэтому в зерновом хозяйстве преобладает озимые.

В южных районах подтайги яровая пшеница дает хорошие урожаи, но и тут необходимо внедрять скороспелые и неполегающие сорта. Исторически здесь успешно возделывался лен-долгунец, что можно рекомендовать и настоящее время. На обширной территории подтайги Западно-сибирской равнины выделяются следующие природные агроландшафты: Приенисейский (долинный), Кетский, Кемчугский, Средне-Чулымский, Верхне-Кетский.

Кемчугский подтаежный агроландшафт имеет на юге холмисто-волнистый, сильно расчлененный, с плоскими вершинами рельеф, а на севере – равнинный, слабоэрозированный. Среднегодовая температура от $-0,6$ до $-1,2^{\circ}\text{C}$, средняя температура января от $17,6$ до $19,0^{\circ}\text{C}$, средняя температура июля $17,8^{\circ}\text{C}$. Продолжительность вегетационного периода 145–146 дней, а безморозного 103–107 дней. Количество осадков за год от 382 до 413 мм, из которых 289–336 мм выпадает в теплый период. Для растительного покрова характерны березово-осиновые леса с участием хвойных, развивающихся на серых лесных и дерново-подзолистых почвах. Повышенные элементы рельефа с дерново-подзолистыми почвами покрыты обычно елово-пихтово-кедровыми лесами. По долинам рек широко распространены травяные болота.

Средне-Чулымский подтаежный агроландшафт в южной части представляет собой предгорную, а в северной – слабо расчлененную водно-аккумулятивную равнину. Сложен породами четвертичного возраста. Только в южной части имеются породы мелового периода, прикрытые глинистыми и суглинистыми аллювиально-озерными отложениями. Среднегодовая температура $-1,4^{\circ}\text{C}$, средняя температура января $-19,9^{\circ}\text{C}$, июля $17,3^{\circ}\text{C}$. Продолжительность вегетационного периода 143 дня, а безморозного – 88 дней. Количество осадков за год 442 мм, из которых 338 мм выпадает в теплый период. Под сельское хозяйство освоена только южная часть и небольшие массивы на северо-западе агроландшафта. Здесь расположены подтаежные части Боготольского и Тюхтетского районов.

Верхне-Кетский агроландшафт характеризуется расчлененным возвышенным рельефом на юге и слабо расчлененным эрозионно-аккумулятивным – на севере. Сложен породами и мелового периода, перекрытыми делювиальными суглинками и глинами. Среднегодовая температура $-1,8^{\circ}\text{C}$, средняя температура января $-19,6^{\circ}\text{C}$, а июля $17,04^{\circ}\text{C}$. Продолжительность вегетационного периода 137 дней, а безморозного – 82 дня. Осадков за год выпадает 381 мм, из них 289 мм приходится на теплое время. Преобладают березовые и осиновые леса, которые перемежаются хвойными, лугами и болотами. Почвы преимущественно серые лесные, часто со вторым гумусовым горизонтом, а также дерново-подзолистые и болот-

ные. Агроландшафт перспективен для развития сельского хозяйства. В пределах этого физико-географического округа расположены северная часть Больше-Муртинского, Пировского, часть Казачинского районов.

Зоны лесостепей. Лесостепи Красноярского края занимают предгорные прогибы и межгорные котловины. На западе расположена Ачинско-Боготольская лесостепь, которая на юге отделена хребтом Арга от Назаровской, а на востоке Кемчугским поднятием от Красноярской лесостепи. Южные отроги Енисейского кряжа отделяют Красноярскую лесостепь от Канской [4]. В пределах лесостепей и примыкающих к ним подтаежных массивов расположен Центрально-Красноярский экономический район, состоящий из трех подрайонов: Причулымского, Красноярского и Канского.

Центрально-Красноярский район является важнейшим по производству продуктов сельского хозяйства. Здесь находится около 60 % пашен края, около 50 % сенокосов и более 40 % пастбищ. Основной сельскохозяйственной культурой является яровая пшеница. В северных районах выращивают озимую рожь и лён. Пригородное хозяйство занимается овощеводством и огородничеством. В районе сосредоточено около 60 % рогатого скота и свиней. Животноводство имеет молочно-мясное направление. На долю Центрального Красноярского экономического района приходится около половины производства промышленной и около 60 % сельскохозяйственной продукции края. На относительно небольшой территории (около 7 %) проживает почти 60 % населения края. На западе Центрально-промышленного района расположено Причулымье, в котором отчетливо выделяются Ачинско-Боготольская лесостепь, хр. Арга и Назаровская лесостепь. Общая его площадь превышает 36,0 кв. км.

Ачинско-Боготольская лесостепь на западе уходит в пределы Кемеровской области, на юге ограничена хребтом Арга, а на востоке – Кемчугским поднятием. Большая часть ее находится в Боготольском и Ачинском административных районах и частично захватывает юг Больше-Улуйского. Поверхность лесостепи представляет денудационно-эрозионную равнину, наклоненную на север. В геологическом строении агроландшафта преобладают породы юрского возраста, представленные аргиллитами, алевролитами, песчаниками, пестро окрашенными каолинизированными песками и брекчиями. Среднегодовая температура воздуха от $-0,2$ до $-0,6$ °C, средняя температура воздуха января от $-17,4$ до $-18,2$ °C, а июля от 18 до $17,8$ °C. Абсолютные минимальные температуры достигает -60 °C, а максимальные 37 °C. Число дней с температурами выше 5 °C от 145 до 149 , а с температурами выше 10 °C от 104 до 111 дней. Сумма активных температур – от 1600 до 1700° . Последний заморозок весной бывает в конце мая – начале июня, а осенью – в первой половине сентября. Замерзание почвы начинается обычно до выпадения снега, что обуславливает растрескивание и глубокое промерзание ее (до 3 м). Глубокое зимнее промерзание и медленное оттаивание в теплый период способствует

формированию горизонта длительной сезонной мерзлоты почвы, который удерживается до июля-августа и оказывает существенное влияние на гидротермический режим и биохимические процессы почв.

Количество осадков от 374 до 434 мм в год, из них около 75 % выпадает в теплый период (апрель–октябрь), а половина – в летние месяцы (июнь–август). Позднелетние осадки задерживают созревание сельскохозяйственных культур и затрудняют их уборку. Снежный покров появляется во второй половине октября, а разрушение его начинается в первой декаде апреля, сход – в конце апреля – начале мая. Продолжительность снежного покрова достигает 192 дня. Средняя годовая относительная влажность воздуха 74 %, а в наиболее сухой период (май) – 57 %. Господствующими являются ветры западных румбов. Зимой ветры сдувают снег в пониженные элементы рельефа и в колки, обнажая наветренные склоны, а весной сильно иссушают верхние слои почвы. Климат благоприятен для возделывания зерновых, кормовых и технических культур. Но при этом необходимо принимать меры для задержания снега и равномерного распределения по поверхности. Это сохраняет почву от глубокого промерзания и уменьшает вредное влияние слоя длительной сезонной мерзлоты на развитие растений.

Для лесостепи характерна густая гидрографическая сеть, относящаяся к системе бассейна р. Чулыма. Озера расположены в долинах рек и представляют собой старицы. Территория агроландшафта относится к Чулымскому артезианскому бассейну. В пределах лесостепи имеются несколько группировок растительности. Переходными от подтайги к лесостепи являются березовые и осиновые леса с пятнами хвойных пород с лугами и болотами. Распространены березовые и осиновые леса в сочетании с лугами. Здесь имеются хвойные, но их значительно меньше и приурочены они к более увлажненным местам и к долинам рек. В осваиваемых местах лугово-лесная растительность сменяется лугово-степной. В соответствии с другими физико-географическими компонентами находится в почвенный покров. Как в растительном покрове, заметно выражена зональность; в южной части преобладают выщелоченные и оподзоленные черноземы, а, в северной – серые лесные почвы. Эти почвенные типы занимают большую часть площади. Здесь имеется большая возможность для расширения площадей под пашни, сенокосы и пастбища. В настоящее время под пашни используются главным образом черноземы и меньше – серые лесные почвы. Почвы обладают высоким потенциальным плодородием. Но для получения хороших урожаев необходимо введения травопольных, кормовых и лугового-пастбищных севооборотов, улучшение теплового режима почв, сохранение и рациональное использование влаги, рациональное использование удобрений. На юге Ачинско-Боготольская лесостепь отделена от Назаровской лесостепи и хребтом Арга.

Хребет Арга в западной части имеет типичные лесостепные ландшафты. Однообразие обширных массивов нарушается небольшими колками, а равнинный рельеф – холмообразными поднятиями. Крутые скло-

ны спускаются к широкой долине Чулыма, покрытой лесом, кустарниками, лугами и старицами. Лесостепная западная часть хребта довольно четко ограничена облесенными склонами. В составе леса преобладают сосна, образующая местами замечательные боры – брусничники и черничники. Плодородные серые лесные почвы равнинных лесостепных массивов хребта дают богатые урожаи сельскохозяйственных растений. Но вырубки леса и пожары способствуют развитию эрозии и обедняют природу этого замечательного уголка Причулымья. На юге от хр. Арга расположена Назаровская котловина.

Назаровская котловина относится к Алтайско-Саянской горной стране, но экономически связана с Причулымьем, входящим в Центрально-Красноярский экономический район. Поэтому природные условия Назаровской котловины следует рассмотреть в этой части нашей работы. Общая площадь котловины около 7 тыс. км². Она включает Назаровский, Шарыповский административные районы и северную часть Ужурского. В геологическом строении этой территории принимали участие породы мезозойского и палеозойского возраста. Рельеф слаборасчлененный, с широкими полого опускающимися водоразделами с высотами от 270 до 300 м и только в отдельных местах – от до 350–400 м над уровнем моря.

Средняя годовая температура: –1,0 °С, –1,2 °С, средняя температура января: от –18,3 до –21,2 °С, а июля: от 17,6 до 18,4 °С. Абсолютная минимальная температура: –54°, –55°, а абсолютная максимальная 37–38 °С. Продолжительность периодов с температурами выше 5 °С – 146–147 дней, а с температурами выше 10 °С от 103 до 114 дней. Средняя продолжительность безморозного периода от 98 до 107 дней. Сумма температур за май–август составляет 1650°, а за безморозный период – 1554°. Среднее годовое количество осадков от 344 до 368 мм, но бывает годы, когда осадков выпадает от 219 до 604 мм. При этом на холодный период приходится всего 54–66 мм на теплый (апрель–октябрь) от 290 до 302 мм, а на летний (июнь–июль–август) от 162 до 179 мм. Средняя годовая относительная влажность воздуха 72 %, а наименьший (в мае) 60 %. Число дней со снежным покровом 182. Устойчивым он становится в третьей декаде октября, разрушается – в третьей декаде марта. Ветры преобладают восточные, южные и юго-западные.

Почва промерзает за зиму на глубину до 170–180 см. Во второй–третьей декаде апреля она оттаивает на глубину 10 см, а в третьей декаде апреля начале – начале мая до 30 см. По котловине протекает р. Чулым и его левые притоки, из которых наиболее крупными являются Серж, Березовка, Урюп. В южной и юго-западной части много озер, в том числе и такие крупные, как Белое, Инголь, Линево.

Вся территория относится к **северной лесостепи**. В настоящее время здесь преобладают злаково-разнотравные ассоциации на водоразделах, а по логам и по долинам – ассоциации заболоченных лугов. Леса, главным образом березовые и березово-осиновые, сохранились на вершинах водоразделов и по некоторым северным склонам. В почвенном покрове преоб-

ладают выщелоченные и реже оподзоленные черноземы. Они характерны для луговой степи и остепненных лугов. Под березовыми лесами развиты серые лесные почвы. По механическому составу – обычно суглинистые и глинистые, высоко гумусные, потенциально плодородны. Назаровская лесостепь имеет большое значение в крае, как район производства зерна и продуктов животноводства. В долинах рек на луговых, лугово-болотных и торфяно-болотных почвах распространены пастбищные и сенокосные угодья. *Ачинско-боготольская лесостепь* на востоке отделяется от Красноярской лесостепи Кемчугской лесной возвышенностью.

Кемчугская возвышенность – это часть предгорной равнины северо-западных отрогов Восточного Саяна. Полого волнистая на севере равнина, с высотами около 300 м, к югу становится более расчлененной и высокой (до 500 м), что придает горный характер. Возвышенность сложена породами палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста, которые перекрыты глинистыми и супесчаными современными отложениями. Среднегодовая температура здесь около –2 °С. Период с отрицательными температурами (225–230 дней) почти на 2 месяца больше, чем в лесостепи. Безморозный период относительно короткий (65–85 дней), а сумма активных температур (выше 10°) составляет от 1200 до 1300°. Вегетационный период длится около 100 дней. Осадков выпадает за год 480 мм. Снежный покров удерживается 190 дней, а мощность его местами достигает 70 см. Однако на распределение температур и осадков резко влияет не только высота, но и экспозиции склонов.

Возвышенность пересекают реки Большой и Малый Кемчуг и их многочисленные притоки. Большая часть Кемчугской возвышенности занята лесом. В долинах рек и на тяжелых почвах растут пихтово-еловые и елово-кедровые леса, а на щебнистых и легких почвах высоких, правых берегов сосновые и сосново-березовые леса. Широко распространены также вторичные березово-осиновые массивы леса. На песчаных почвообразующих породах под сосновым лесом развиты в различной степени подзолистые почвы, а по избыточно увлажненным долинам – болотные и лугово-болотные. Земельные массивы Кемчугской возвышенности мало используются под земледелие, пока не организовано и правильное использование лесных богатств.

Красноярская лесостепь расположена на предгорной равнине на стыке Восточного Саяна, Западной Сибири и Средне-Сибирского плоскогорья. Общая площадь лесостепи и прилегающих к ней подтаежных местностей, тяготеющих к Красноярскому экономическому подрайону, около 40 тыс. кв². В северной и центральной частях лесостепи абсолютные высоты около 400 м, а относительные от 140 до 150 м. На юге Красноярская лесостепь ограничена Торгашиным хребтом и Куйсумскими горами; на востоке – долиной Енисея, на восьми террасах которого раскинулся г. Красноярск [3]. Южная часть территории служана красноцветными породами девонского возраста (песчаники, конгломераты, аргиллиты, мергели и др.). Современный рельеф образовался в результате

эрозионных процессов на древней предельной равнине, которая была превращена в холмисто-увалистый рельеф, с грядами-междуречьями. На пологих склонах и на междуречьях суффозионными и мерзлотными процессами во многих местах был создан своеобразный бугристо-западинный рельеф. Наиболее сложный рельеф образовался на стыке девонских и юрских отложений в южной части лесостепи, где преобладают холмисто-увалистые куэстовые формы. Крутые левые склоны террас в долинах изрезаны сухими логам и оврагами.

Климат лесостепи резко-континентальный, средняя годовая температура 0,3 °С, средняя температура января –16,8 °С, июля 18,2 °С. Число дней с температурой выше 10 °С около 110–120°, а сумма активных температур (выше 10 °С от 1600 до 1700°). Безморозный период длится около 120 дней. Среднее количество осадков, 390 мм, из них теплый период (апрель–октябрь) выпадает 329 мм. Продолжительная зима малоснежна, поэтому почвы промерзают глубже 2 м, это способствует формированию горизонта длительной сезонной мерзлоты.

Реки, протекающие по лесостепи, не велики (Кача, Бузим, Бугач) за исключением Енисея. Они резко реагируют на выпадение осадков. Грунтовые воды имеются в рыхлых породах и используются для водоснабжения населенных пунктов. Межпластовые воды связаны с юрскими угленосными толщами.

В растительном покрове заметно выражена комплексность, что связано с рельефом, увлажнением, почвенным покровом и хозяйственной деятельностью человека. В наиболее остепненных местах, по склонам южных экспозиций и на солончатых отложениях девона, распространена ксерофильная растительность. Остальная часть лесостепи характеризуется чередованием остепненных участков на обыкновенных и выщелоченных черноземах березово-осиновых колков, березовых и сосново-березовых перекрестков с лугово-разнотравным покровом на серых лесных почвах. Расчлененность рельефа создает благоприятные условия для продвижения степной растительности по южным склонам далеко на север, а лесов по северным склонам – на юг. В поймах на аллювиально-луговых почвах развиваются разнотравные луга. На террасах встречаются пятна солонцов, в долинах рек – карбонатные, а по днищам логов – лугово-черноземные почвы.

Красноярская лесостепь является наиболее густо населенной частью края. Здесь находится г. Красноярск с его пригородами, Емельяновский, Сухобузимский и Больше-Муртинский административные районы.

Канская лесостепь занимает восточную часть Красноярских островных лесостепей. На юге и востоке ее окаймляют предгорья Восточного Саяна, на западе она отделена от Красноярской лесостепи невысоким Енисейским краем, а на севере – постепенно переходит в Средне-Сибирское плоскогорье. Вся эта обширная территория представляет холмисто-увалистую равнину в пределах Канско-Рыбинской котловины с высотами в южной части от 400 до 480 м, а в северной от 300 до 350 м. Расчлененность рельефа уменьшается в направлении с юга на север. Резко выражена его асимметричность. Среди элементов рельефа за-

метно выделяется своеобразный бугристо-западинный рельеф, обусловленный мерзлотными и суффозионными процессами. Современный рельеф Канской и других островных лесостепей, обусловлен новейшими дифференцированными движениями, с которыми связаны ускоренная эрозия поднимающихся элементов поверхности и аккумуляция продуктов разрушения в понижениях.

Территорию лесостепи слагают палеозойские, мезозойские и кайнозойские породы. Палеозойские представлены песчаниками, сланцами, известняками, мергелями и другими породами девонского и пермокарбонического возраста. Широко распространены также юрского возраста (песчаники, аргиллиты, алевролиты и др.), в том числе и угленосные. Коренные породы прикрыты более или менее мощной толщей современных – рыхлых, элювиального, элювиально-делювиального, делювиального и аллювиального происхождения.

Климат лесостепи резко континентальный. При этом заметны его изменения с запада на восток и с юга на север. Средняя годовая температура –0,6–0,2 °С; средняя температура воздуха в январе: от –19,7 до –22,0 °С, в июле: 19,4 °С. Продолжительность безморозного периода 106–114 дня. Сумма активных температур (выше 10 °С) от 1600 до 1800°. За год выпадает 325 мм осадков, а в предгорных и северных районах до 400 мм. По тепловому режиму Канскую лесостепь можно отнести к умеренно-теплой, где сеют ранние и среднеранние культуры, а по обеспеченности растений влагой – полусухой.

Территория лесостепи дренируется реками системы Кана и Усолки. Питание рек преимущественно снеговое. В некоторые годы бывают сильные летне-осенние дождевые паводки. Почвы Канской лесостепи – плодородные серые лесные черноземы. Пологие склоны и плоские водоразделы покрыты луговыми степями с выщелоченными черноземами. Южные склоны и мелко-бугристые формы рельефа заняты типичной степью с обыкновенными черноземами.

Березово-осиновые и березово-сосновые леса с примесью лиственницы обычно растут на высоких элементах рельефа и по северным склонам, где серые лесные почвы, а иногда оподзоленные черноземы. Долины рек покрыты луговой растительностью на аллювиальных почвах. В распространении растительности и почв отмечается концентрическая поясность. Окраины лесостепи заняты подтайгой с серыми лесными почвами, часто имеющими второй гумусовый горизонт. Затем, ближе к центру лесостепи, распространены луговые степи с оподзоленными выщелоченными черноземами. Центр лесостепи вдоль р. Кана занят настоящими степями. Однако и в луговой, и настоящей степи имеются березовые колки и перелески.

По природным условиям Канская лесостепь, как и другие лесостепи Красноярского края, благоприятна для жизни людей и развития разнообразных отраслей хозяйства. Но работникам сельского хозяйства обязательно нужно учитывать конкретные местные условия: почвенные, рельеф, микроклимат и т. д. Канская лесостепь и тяготеющие к ней подтаежные места входят в состав районов Уярского, Рыбинского, Пар-

тизанского, Саянского, Ирбейского, Канского, Иланского и Дзержинского, а также Абанского, Долго-Мостовского и Нижне-Ингашского. Все они составляют восточный (Канский) подрайон Центрально-Красноярского экономического района, занимающего площадь более 64 тыс. км².

Южная часть Красноярского края входит в Алтайско-Саянскую физико-географическую страну. В пределах края находятся такие крупные части Алтайско-Саянской страны, как Кузнецкий Алатау, хр. Абаканский, Западный Саян, Восточный Саян, Минусинская впадина с составляющими ее котловинами: Южно-Минусинской, Сыдо-Ербинской, Чулымо-Енисейской и Назаровской.

В **Алтайско-Саянской стране** очень сложное сочетание компонентов природы, в которой заметно проявление горизонтальной зональности и вертикальной поясности. Кузнецкий Алатау протянулся с юго-востока на северо-запад почти на 350 км и отделяет Минусинскую впадину от Кузнецкой. В Красноярский край входят его восточные склоны, которые относятся к Шарыповскому административному району.

Минусинская впадина ограничена хребтами Восточного Саяна, Западного Саяна и Кузнецкого Алатау, а отроги их делят впадину на четыре хорошо выраженные котловины: Южно-Минусинскую, Сыдо-Ербинскую, Чулымо-Енисейскую и Назаровскую. Общая площадь Минусинской впадины около 70 тыс. км². Рельеф впадины неоднородный. Обширные озерно-аллювиальные и древне-аллювиальные равнины сменяют холмисто-сопочные формы и низкогорья. Климатические особенности различных частей впадины неодинаковы. Они изменяются от предгорий к пониженным элементам рельефа, и с юга на север. Так на равнинах Южно-Минусинской, Сыдо-Ербинской и южной части Чулымо-Енисейской котловин, занятых степями, климат резко-континентальный, с небольшим количеством осадков, значительной сухостью воздуха и почвы. Средняя температура в январе изменяется от -19 до -21 °С, а средняя температура июля редко превышает 20 °С. Годовая амплитуда колебания температуры составляет 88 °С. Вегетационный период продолжается 155–156 дней, а безморозный от 120 до 125 дней. Осадков в степной части выпадает 250–260 мм за год. Малоомощный снежный покров (10–18 мм) ложится на сухую мерзлую почву и легко сдувается в понижения. Обнаженная почва глубоко промерзает (до 1,7–1,8 м) [1].

По окраинам котловин, в предгорьях расположены лесостепи. Они полностью покрывают *Назаровской котловину*. Для лесостепей характерна меньшая амплитуда колебаний температур. Средняя годовая температура 0 °С, -1,2 °С, средняя температура воздуха самого холодного месяца от -18,3 до -21,2 °С, а самого теплого 17,6 °С, 18,4 °С. Продолжительность безморозного периода от 97 до 107 дней. Сумма активных температур около 16501700 °. Заморозки случаются в июне, а начинается в конце августа – начале сентября. Количество осадков колеблется от 350 до 500 мм.

По Минусинской впадине протекает Енисей, Абакан, Туба и Чулым, имеющие большое хозяйственное

значение. С созданием Красноярского водохранилища особенности рек котловин изменяются, как изменится и облик Чулыма после создания на реке системы водохранилищ.

В котловинах много пресных и соленых озер. Некоторые из них имеют лечебные грязи и используются как курортные места. В реках и озерах водятся ценные породы рыб: стерлядь, таймень, ленок, хариус, чебак, налим и др. Почвенный и растительный покров котловин разнообразной, здесь имеются сухая степь, типичная степь и лесостепь. При этом растительность и почвы располагаются концентрическими поясами.

Типичная степь занимает наибольшую площадь и распространена в Южно-Минусинской, Сыдо-Ербинской и Чулымо-Енисейской котловинах. Она покрыта ковыльно-типчаковой, ковыльно-полынной и овсово-ковыльной растительностью. На северных склонах много элементов лесной растительности, а на южных – сухой степи. В почвенном покрове преобладают обыкновенные черноземы.

Лесостепи покрыты луговой растительностью, березовыми и осиновыми колками, небольшими массивами березового леса по северным склонам, балкам и логам. Почти 80% лесостепей покрыто обыкновенными и выщелоченными черноземами.

Минусинская впадина является местом древнейшей культуры земледелия, животноводства, металлургии. В хозяйственном отношении на территории Минусинской впадины выделяются правобережная (восточная) и левобережная (западная) части. На правобережье находятся Ермаковский, Шушенский, Минусинский, Каратузский; Курагинский, Краснотуранский и Идринский административные районы. Каждый из них включает в себя не только степные и лесостепные ландшафты котловины, но и обширные горные территории, примыкающие к впадине.

Природные экологические условия выделенных агроландшафтов благоприятны для производства ранне- и среднеспелых сортов сельскохозяйственных культур: яровой пшеницы, озимой ржи, овса, ячменя и корнеклубнеплодов. В агроландшафтах имеются перспективы расширения сельскохозяйственных возможностей в современных экономических условиях.

ВЫВОДЫ

В настоящей работе на примере Приенисейской Сибири авторами проанализированы и представлены методологические основы и подходы к оценке агроприродного потенциала территории и аграрного природопользования как эколого-экономической системы. С этой целью рассмотрена проблема территориальной организации аграрного природопользования. Устойчивое развитие Приенисейской Сибири опирается на комплексное развитие трех его составляющих – социальной, экологической и экономической. Важный учет экологического фактора, который определяется как экологический потенциал – резерв возможности территории удовлетворять потребности человека в сельхозпродукции и противостоять негативному антропогенному воздействию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Безруких В. А. Территориальная организация аграрного природопользования в условиях Приенисейской Сибири : монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2008. С. 126–145.
2. Безруких В. А. Агроприродный потенциал Приенисейской Сибири: оценка и использование : монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2010. 168 с.
3. Безруких В. А. Геолого-геоморфологические и почвенные условия окрестностей г. Красноярска монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2015. 136 с.
4. Безруких В. А., Макарова Л. Г., Лигаева Н. А., Авдеева Е. В. Природопользование и экологические проблемы бореальной зоны Приенисейской Сибири в историческом аспекте // Хвойные бореальные зоны. 2019. Т. XXXVII, № 3-4. С. 204–209.
5. Исаченко А. Г. Экологическая география России. СПб. : Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2001. 328 с.
6. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 320 с.

REFERENCES

1. Bezrukikh V. A. Territorial'naya organizatsiya agrarnogo prirodopol'zovaniya v usloviyakh Priyeniseyskoy Sibiri : monografiya / Krasnoyar. gos. ped. un-t im. V. P. Astaf'yeva. Krasnoyarsk, 2008. S. 126–145.
2. Bezrukikh V. A. Agroprirodnyy potentsial Priyeniseyskoy Sibiri: otsenka i ispol'zovaniye : monografiya / Krasnoyar. gos. ped. un-t im. V. P. Astaf'yeva. Krasnoyarsk, 2010. 168 s.
3. Bezrukikh V. A. Geologo-geomorfologicheskiye i pochvennyye usloviya okrestnostey g. Krasnoyarska monografiya / Krasnoyar. gos. ped. un-t im. V. P. Astaf'yeva. Krasnoyarsk, 2015. 136 s.
4. Bezrukikh V. A., Makarova L. G., Ligayeva N. A., Avdeyeva E. V. Prirodopol'zovaniye i ekologicheskiye problemy boreal'noy zony Priyeniseyskoy Sibiri v istorichesom aspekte // Khvoynyye boreal'nyye zony. 2019. T. XXXVII, № 3-4. S. 204–209.
5. Isachenko A. G. Ekologicheskaya geografiya Rossii. SPb. : Izd-vo Sankt-Peterb. un-ta, 2001. 328 s.
6. Sochava V. B. Vvedeniye v ucheniye o geosistemakh. Novosibirsk : Nauka, 1978. 320 s.

© Безруких В. А., Авдеева Е. В., Лигаева Н. А.,
Кузнецова О. А., Иванов Д. В., 2023

Поступила в редакцию 05.02.2023
Принята к печати 10.05.2023

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ В НОВЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В. А. Безруких¹, Е. В. Авдеева², Н. А. Лигаева³, О. А. Кузнецова³, А. А. Коротков²

¹Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева
Российская Федерация, 660049, г. Красноярск, ул. А. Лебедевой, 89

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

³Сибирский федеральный университет
Российская Федерация, 660099, г. Красноярск, просп. Свободный, 79

Основу современной экономики составляют процессы взаимодействия природы и общества, которое осуществляется в условиях регионального природопользования, характеризующегося такими чертами, как природно-историческое единство и целостность, индивидуальность и принесенность воздействия. В статье дается анализ экономических факторов и предпосылок современного освоения Красноярского края в пределах бореальной зоны Приенисейской Сибири, и определяются основные направления оптимизации аграрного производства в новых социально-экономических условиях, рассматриваются показатели, характеризующие динамику и уровень развития данного сектора экономики. Анализируется численность населения, плотность, потенциал урожайности культур в различных ландшафтных зонах Приенисейской Сибири с учетом природных и экономических условий территории. Анализ современных подходов к разработке и реализации концепции устойчивого развития в сфере аграрного производства показал, что качественная и количественная оценка природно-ресурсного потенциала территории становится важным аргументом оптимизации природопользования и базой для принятия решений по использованию земель. Экономическая оценка земли на основе выделенных агроприродных районов позволит определить до каких пределов возможно продвигать возделывание различных культур на север (в область южной тайги и подтайги), где по агроклиматическому потенциалу возможно значительно увеличить производительность данных территорий.

Ключевые слова: факторы современного освоения, оптимизация аграрного производства, Красноярский край, ландшафтная дифференциация, активное природопользование.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 214–217

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NATURE MANAGEMENT IN THE BOREAL ZONE OF THE YENISEI SIBERIA UNDER THE NEW ECONOMIC CONDITIONS

V. A. Bezrukikh¹, E. V. Avdeeva², N. A. Ligaeva³, O. A. Kuznetsova³, A. A. Korotkov²

¹Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafyev
89, A. Lebedeva str., Krasnoyarsk, 660049, Russian Federation

²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: e.v.avdeeva@gmail.com

³Siberian Federal University
79, Svobodny av., Krasnoyarsk, 660099, Russian Federation

The basis of the modern economy is the processes of interaction between nature and society, which is carried out in the conditions of regional nature management, characterized by such features as natural-historical unity and integrity, individuality and impact. The article analyzes the economic factors and prerequisites for the modern development of the Krasnoyarsk Krai within the boreal zone of the Yenisei Siberia, and determines the main directions for optimizing agricultural production in the new socio-economic conditions, considers indicators characterizing the dynamics and level of development of this sector of the economy. The population size, density, potential of crop yields in various landscape zones of the Yenisei Siberia are analyzed, taking into account the natural and economic conditions of the territory. The analysis of modern approaches to the development and implementation of the concept of sustainable development in the field of agricultural production has shown that the qualitative and quantitative assessment of the natural resource potential of the territory becomes an important argument for optimizing nature management and the basis for making decisions on land use. An economic assessment of the land based on the identified agro-natural areas

will determine to what extent it is possible to promote the cultivation of various crops to the north (to the region of the southern taiga and subtaiga), where, according to the agro-climatic potential, it is possible to increase significantly the productivity of these territories.

Keywords: *factors of modern development, optimization of agricultural production, Krasnoyarsk Krai, landscape differentiation, active nature management.*

Рационализация и интенсификация аграрного производства требует оценки соотношения между естественно-географическими факторами и продуктивностью ландшафтов. В настоящее время почти все земли Приенисейской Сибири, расположенные на удобных для аграрного производства территориях, практически освоены [1]. Поэтому перспективы увеличения производства продовольствия связаны с сохранением и повышением площади уже освоенных земель, а также освоением прилежащих подзон подтайги и южной тайги. Кроме того, стоит проводить работы по восстановлению утраченных земель.

Для определения эффективности использования территории необходима, кроме оценки агроприродного потенциала, экономическая оценка земель, которая характеризует их производственную способность с помощью натуральных и стоимостных оценочных показателей. В качестве натуральных показателей, характеризующих уровень населения, кадрового потенциала, урожайности сельскохозяйственных культур, обеспеченности пашней, производительности сенокос и т. д. Так, урожайность зерновых культур, к которым относятся: озимая рожь, пшеница, овес, ячмень, в Красноярском крае варьируется от 33 до 12 ц/га. Если показатели урожайности ранжировать с шагом 2 ц/га, то получаем следующую градацию и распределение по районам: 20 более ц/га *самая высокая*: Емельяновский, Абанский, Назаровский, Шарыповский, Ужурский, Новоселовский; 18,0–19,9 ц/га – *высокая*: Боготольский, Ачинский, Канский, Партизанский, Ирбейский; 16,0–17,9 ц/га – *средняя*: Тюхтетский, Дзержинский, Иланский, Нижнеингашский, Балахтинский, Краснотуранский, Курагинский, Каратузский, Шушенский; 14,0–15,9 ц/га – *низкая*: Енисейский, Пировский, Тасеевский, Козульский, Идринский, Минусинский, Ермаковский; 13,9 ц/га и ниже – *очень низкая*: Мотыгинский, Богучанский, Бирилюсский, Большеулуйский, Казачинский, Саянский.

Сопоставляя приведённые данные с показателями агроприродного потенциала, обнаруживаем, что средняя урожайность зерновых совпадает с величинами агроприродного потенциала (АПП). Например, районы, расположенные в пределах очень высоких значений АПП – Назаровский, Шарыповский, Ужурский и Новоселовский, имеют и самую высокую урожайность (более 20 ц/га). В то же время, есть примеры, когда районы расположены в пределах очень высоких и высоких значений АПП, но урожайность зерновых в них средняя (Балахтинский – 17 ц/га) и даже низкая (Козульский – 14,8 ц/га, Минусинский – 14,7 ц/га). С другой стороны, районы со средними значениями АПП, имеют высокую урожайность (например, при – АПП – 16 баллов урожайность в Тюхтетском районе 18 ц/га, а в Большеулуйском – 13 ц/га).

Подтверждена точка зрения, в соответствии с которой значение имеет не только величина природного потенциала, но и дополнительные мероприятия по улучшению плодородия почв. В этом случае рассматривается так называемое экономическое плодородие почв – совокупность естественного плодородия и искусственного воздействия, которое количественно оценивается по результатам производства сельскохозяйственной продукции на единицу площади (в данном случае – урожайность). Это отчасти подтверждается примерами с Козульским и Емельяновским районами, которые расположены в одном агроприродном районе с высоким АПП (18 баллов). При этом в Козульском районе органических удобрений не вносилось, а минеральных – 0,1 тыс. т. В результате урожайность – 14,8 ц/га. В то время как в Емельяновском районе внесено около 5 тыс. т. минеральных удобрений и 100 тыс. т органических. Поэтому и урожайность высокая – 23 ц/га.

Еще один рассмотренный показатель экономической оценки земель – обеспеченность населения пашней (га на душу населения). Ранжируя показатели с шагом 2 га/чел., получаем следующую градацию и распределение по административным районам [2]: 8 га/чел. И более – *очень высокое*: Назаровский, Боготольский; 6,0–7,9 га/чел. – *высокое*: Большеулуйский, Дзержинский, Канский, Шарыповский, Ужурский, Новоселовский, Краснотуранский, Ирбейский; 4,0–5,9 га/чел. – *среднее*: Тюхтетский, Бирилюсский, Пировский, Казачинский, Тасеевский, Ачинский, Абанский, Идринский, Минусинский, Саянский, Каратузский; 2,0–3,9 га/чел. – *низкое*: Емельяновский, Уярский, Иланский, Нижнеингашский, Манский, Партизанский, Ермаковский; 1,9 га/чел. И менее – *очень низкое*: Енисейский, Северо-Енисейский, Мотыгинский, Богучанский, Кежемский, Козульский, Курагинский, Шушенский.

При этом данный показатель зависит как от величины пашни, так и от численности населения административного района. Если иметь в виду, что в России обеспеченность пашней из расчета на душу населения составляет 0,8 га/чел. (в США – 0,6; в Китае – 0,09), то показатели впечатляют [4]. Зная валовый сбор зерна за последние годы, можно констатировать, что в крае преобладает экстенсивное ведение сельского хозяйства, что в новых экономических условиях является абсолютно неприемлемым.

Относительная обеспеченность зерном административных районов обусловлена численностью населения каждого, которая различается в пределах от 51 до 8 тыс. человек. Ранжируя показатели с шагом 10 тыс. человек, получаем градацию и распределение по районам [2]: 40 тыс. чел. – *более высокая*: Богучанский, Емельяновский, Курагинский; 30,0–39,9 тыс. чел. – *высокая*: Нижнеингашский, Ужурский, Шушенский;

20,0–29,9 тыс. чел. – *средняя*: Енисейский, Кежемский, Абанский, Канский, Уярский, Иланский, Назаровский, Балахтинский, Минусинский, Ермаковский; 10,0–19,9 тыс. чел. – *низкая*: Северо-Енисейский, Мотыгинский, Бирилюсский, Казачинский, Тасеевский, Боготольский, Ачинский, Козульский, Дзержинский, Шарыповский, Новоселевский, Краснотуранский, Идринский, Манский, Партизанский, Саянский, Ирбейский, Каратузский; 9,9 тыс. чел. и менее – *очень низкая*: Тюхтетский, Пировский, Большеулуйский.

Таким образом, самыми населенными районами являются: Богучанский, Емельяновский и Курагинский. При этом только Емельяновский район характеризуется высоким агропотенциалом и очень высокой урожайностью зерновых. Зато здесь низкая обеспеченность пашней (2 га/чел), что связано с отведением значительных площадей под несельскохозяйственные нужды (урбанизированные территории, транспортные магистрали и др.). Богучанский и Курагинский районы расположены в пределах территорий с низкими и очень низкими значениями агропотенциала, обеспеченности пашней и урожайности зерновых культур.

Сопоставление расчетной продуктивности агроприродного потенциала с фактической урожайностью зерновых культур показывает, что капиталовложения в освоение территорий могут быть эффективными, чем в некоторых недостаточно увлажненных степных районах Сибири даже с суммой активных температур до 3000⁰. Значительная часть этой разницы может быть отнесена за счет недоиспользования тепловых ресурсов вегетационного периода. Согласно фактическим данным, вегетация районированных сортов растений в южной тайге заканчивается задолго до перехода среднесуточных температур через 10°. То есть можно подобрать такие культуры и сорта, которые целиком бы использовали все активное тепло. В частности, агроклиматические условия южной тайги и подтайги способствуют возделыванию таких ранее- и средне-спелых сортов сельскохозяйственных культур как рожь озимая (1200–1300 °С), овес (1300–1400 °С), ячмень (1200–1500 °С), а также овощные культуры: картофель, морковь, свекла, капуста, а на юге, кроме того, огурцы и томаты.

Практика показывает также, что тепло, накапливающееся за вегетационный период на хозяйственно освоенных участках, на 50–150 °С больше, чем в окружающих лесных массивах. Подобные данные производятся еще Сергеевым Г.М. для южной тайги Западно-Сибирской низменности. Например, современные границы обеспеченности теплом зерновых культур на неосвоенных площадях совпадают с 60° с. ш., тогда как на преобразованных участках их возделывание достигает 61–62 и даже 63° с. ш. [3]. Таким образом, нынешние ареалы распространения культурных растений оказались продвинутыми в северном направлении на 200–300 км по сравнению с ними в начальный период земледельческого освоения территории (начало XX в.).

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что количественная оценка АПП, учет экономических факторов аграрного природопользования и потребно-

сти каждого административного района требуют формирования и совершенствования внутрикраевого рынка сельскохозяйственной продукции. Тот же Богучанский район на 2007 г. имел 3,6 голов крупного рогатого скота, что (даже с учетом его невысокой породности) явно недостаточно. В то время как район имеет возможность расширения площади сенокосов и пастбищ за счет лесных полян и вырубков. Это позволит увеличить поголовье КРС, производство мясомолочной продукции, что приведет к росту рентабельности сельскохозяйственного производства и активизации рынка сельхозпродукции. Выполненная оценка агроприродного потенциала и производительности земель может служить основой для определения путей оптимизации аграрного природопользования, активизации рынка сельскохозяйственной продукции и роста рентабельности сельского хозяйства Красноярского края.

Для успешного решения дальнейшего с/х освоения региона необходим современный уровень развития науки и техники, что позволяет во многих случаях успешно преодолевать неблагоприятные природные явления и процессы и организовывать сельскохозяйственное производство (земледелие и животноводство) в районах, мало пригодных по природным условиям для этих видов деятельности. Конечно, при этом потребуются значительные капиталовложения. К тому же нередко возникают негативные последствия техногенных перестроек природных систем: активизация эрозионных процессов, вторичное засоление почв в районах орошаемого земледелия и т. п. При рациональной системе земледелия в конкретном ландшафте развивается такое направление землепользования, которое согласуется с его природной структурой. Тогда организация сельскохозяйственного производства сопровождается наименьшими затратами на его реализацию, а также – на ликвидацию негативных последствий, если они возникают в результате несовместимости природных особенностей региона и характера его использования.

ВЫВОДЫ

Анализ современных подходов к разработке и реализации концепции устойчивого развития в сфере аграрного производства показал, что качественная и количественная оценка природно-ресурсного потенциала территории становится важным аргументом оптимизации природопользования и базой для принятия решений по использованию земель. Основу современной экономики составляют процессы взаимодействия природы и общества, которое осуществляется в условиях регионального природопользования, характеризующегося такими чертами, как природно-историческое единство и целостность, индивидуальность и принесенность воздействия. Экономическая оценка земли на основе выделенных агроприродных районов позволит определить до каких пределов можно продвигать возделывание зерновых культур на север (в область южной тайги и подтайги), где по агроклиматическому потенциалу это возможно, что позволит значительно увеличить производительность данных территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Безруких В. А. Агроприродный потенциал Приенисейской Сибири: оценка и использование: монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2010. 168 с.
2. Безруких В. А. Территориальная организация аграрного природопользования в условиях Приенисейской Сибири : монография / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2008. С. 126–145.
3. Сергеев Г. М. Проблемы оптимизации сельскохозяйственного освоения тайги Западной Сибири. СПб. : Гидрометеиздат, 1994. 232 с.
4. Хилл Ф., Гэдди К. Сибирское бремя. Просчеты советского планирования и будущее России / пер. с англ. М. : Научно-образовательный форум по международным отношениям, 2002.

REFERENCES

1. Bezrukikh V. A. Agroprirodnyy potentsial Priyeniseyskoy Sibiri: otsenka i ispol'zovaniye: monografiya / Krasnoyar. gos. ped. un-t im. V. P. Astaf'yeva. Krasnoyarsk, 2010. 168 s.
2. Bezrukikh V. A. Territorial'naya organizatsiya agrarnogo prirodopol'zovaniya v usloviyakh Priyeniseyskoy Sibiri : monografiya / Krasnoyar. gos. ped. un-t im. V. P. Astaf'yeva. Krasnoyarsk, 2008. S. 126–145.
3. Sergeyev G. M. Problemy optimizatsii sel'skokhozyaystvennogo osvoyeniya taygi Zapadnoy Sibiri. SPb. : Gidrometeoizdat, 1994. 232 s.
4. Khill F., Geddi K. Sibirskoye bremya. Proschety sovetskogo planirovaniya i budushcheye Rossii / per. s angl. M. : Nauchno-obrazovatel'nyy forum po mezhdunarodnym otnosheniyam, 2002.

© Безруких В. А., Авдеева Е. В., Лигаева Н. А.,
Кузнецова О. А., Коротков А. А., 2023

Поступила в редакцию 08.12.2022
Принята к печати 10.05.2023

РОСТ И РАЗВИТИЕ СОСНЯКОВ НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

А. А. Вайс, Н. В. Козлов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: vais6365@mail.ru

Произрастание древесных формаций на границе своего ареала обусловлено влиянием целого комплекса негативных факторов, прежде всего климатических условий. Всё это сказывается как на развитии насаждений, так и на их росте.

Сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.) характеризуется пластичностью, что позволяет этой древесной породе иметь огромный ареал и возможность произрастать как в горных условиях, так и на северных холодных участках. Изучение сосняков проводилось по таксационным материалам лесоустройства. Объектом являлись сосняки Байкитского лесничества, расположенные в условиях Средне-Сибирского плоскогорья Красноярского края. Наиболее часто встречающийся тип условий местопроизрастания: свежие супесчаные и суглинистые почвы. Неблагоприятные условия произрастания способствуют формированию низкостебельных древостоев (IV бонитет – 35 участков, V бонитет – 45 участков). Возраст наблюдаемых древостоев 5–260 лет. Средняя высота варьировала от 1 до 22 м. Запас менялся в диапазоне от 10 до 210 м³/га. Почвы преимущественно перегнивший подзол на щебенистых почвах. На основании выполненного анализа установлено, что различие по ростовым показателям в сосняках разных типов леса обусловлены в основном внутренними (эндогенными) факторами, характеризующими древостои (породная представленность, полнота, степень разновозрастности и т. д.), что объясняет наличие в этих условиях сосняков IV и V классов бонитета. Составлена таблица динамики таксационных показателей модальных сосняков зеленомошно-лишайниковой группы типов леса на границе произрастания в условиях Красноярского края. На основе таблицы динамики таксационных показателей разработан норматив по оценке биологической и углеродной продуктивности модальных сосняков по основным фракциям (стволы, ветви, корни, хвоя). Установлено, что сосняки характеризуются достаточно высокой долговечностью. Имеют пирогенное или подпочвенное происхождение. Возраст естественной спелости наступает в 220 лет.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris L., ход роста, развитие, биологическая продуктивность, углеродная продуктивность.*

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 218–223

GROWTH AND DEVELOPMENT OF PINE FORESTS ON THE NORTHERN BORDER OF GROWTH OF KRASNOYARSK REGION

A. A. Vais, N. V. Kozlov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: vais6365@mail.ru

The growth of tree formations on the border of their range is due to the influence of a whole range of negative factors, primarily climatic conditions. All this affects both the development of plantations and their growth.

Scots pine (Pinus sylvestris L.) is characterized by plasticity, which allows this tree species to have a huge range and the ability to grow both in mountainous conditions and in northern cold areas. The study of pine forests was carried out on the basis of taxation materials of forest inventory. The object was the pine forests of the Baikitsky forestry, located in the conditions of the Central Siberian plateau of the Krasnoyarsk Krai. The most common type of growing conditions: fresh sandy and loamy soils. Unfavorable growing conditions contribute to the formation of low-grade forest stands (IV grade – 35 plots, V grade – 45 plots). The age of observed forest stands is from 5 to 260 years. The average height varied from 1 to 22 m. The stock varied from 10 to 210 m³/ha. The soils are decomposed podzol on gravelly soils predominantly. Based on the analysis performed, it was found that the difference in growth rates in pine forests of different types is mainly due to internal (endogenous) factors characterizing forest stands (species representation, density, degree of uneven age, etc.). That explains the presence of pine forests of IV and V classes of bonitet under these conditions. A table of the dynamics of taxation indicators of modal pine forests of the green moss-

lichen group of forest types on the border of growth in the conditions of the Krasnoyarsk Krai has been compiled. Based on the table of the dynamics of taxation indicators, a standard was developed for assessing the biological and carbon productivity of modal pine forests according to the main fractions (trunks, branches, roots, needles). It has been established that pine forests are characterized by a sufficiently high durability. They have a pyrogenic or sublingual origin. The age of natural ripeness is at 220 years.

Keywords: *Pinus sylvestris L., growth rate, development, biological productivity, carbon productivity.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие древесных формаций на границе своего ареала обусловлено влиянием целого комплекса негативных факторов, прежде всего климатических условий. Всё это сказывается как на развитии насаждений, так и на их росте.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*) характеризуется пластичностью [1], что позволяет этой древесной породе иметь огромный ареал и возможность произрастать как в горных условиях, так и на северных холодных участках.

Особенности произрастания, формовая представленность, ход роста сосновых насаждений в северных условиях местопроизрастания представлена в ряде научных публикаций.

В. А. Усольцев и другие [2] отмечали, что биологическая продуктивность естественных сосняков Северной Евразии снижается в направлении с юга на север.

Отсутствие выраженного антропогенного воздействия влияет на структуру северных сосняков. А. А. Бахтин, Н. Н. Соколов [3] указывают на то, что коренные сосняки Европейского Севера России сохранились в основном на избыточно увлажнённых почвах. Возрастная структура (условно-однообразные и разновозрастные древостой) значимо влияет на изменчивость диаметров деревьев.

Н. А. Демидова и другие [4; 5] предлагают в северных условиях использовать на плантациях породу-интродуцент сосну скрученную (*Pinus contorta Loud. var. latifolia S. Wats*) для промышленного использования древесины. Авторы установили, что сосна скрученная превосходит в росте сосну обыкновенную по текущему приросту, диаметру, объёму и по величине среднего прироста.

Т. В. Батвенкина изучала ход роста сосняков в северных условиях бореальной зоны Красноярского края [6]. Исследователь отмечала, что в модальных сосняках возраст количественной спелости наступает в 50–70 лет, а естественная спелость составляет 230–250 лет.

Применительно к притундровым максимально полным соснякам северо-востока Европейской части России разработана стандартная таблица, которая позволяет оценивать и сравнивать продуктивность северных сосняков [7].

Известный исследователь-таксатор лесов Сибири Э. Н. Фалалеев в своей монографии «Леса Сибири» [8] указывал, что основным лимитирующим фактором для данной породы является светолюбие. Сосна не произрастает в местах на близко залегающих к поверхности мерзлотных почвах и в Сибири не доходит до северной границы леса.

Необходимо отметить, что в научной литературе недостаточно представлены данные об условиях раз-

вития и ходе роста сосняков в условиях недостатка тепла и соответственно низких классах бонитета.

Таким образом, изучение развития и роста сосны на границе северного произрастания актуально, а в условиях изменения климата и возможного смещения границы произрастания на север приобретает ещё и экологическую значимость.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение сосняков проводилось по таксационным материалам лесоустройства 2003 года. Объектом являлись сосняки Байкитского лесничества, расположенные в условиях Средне-Сибирского плоскогорья Красноярского края.

Территория характеризуется суровыми условиями произрастания. Среднегодовая температура воздуха 6,5 °С, продолжительность безморозного периода составляет в среднем 69 дней. Среднегодовое количество осадков 526 мм. Территория района характеризуется значительными колебаниями высот с наличием различных седловин, горных сопков, ущелий, гребней и т. д. Растительность концентрируется строго по высотам: берега (злаки, осоки), склоны (древесной растительностью). Большая часть поверхности покрыта мхами и лишайниками.

Целью исследования является изучение роста и развития, наиболее распространенных для данной территории лесных формаций – сосняки зеленомошниковой (бручнично-зеленомошниковой, голубично-зеленомошниковой, чернично-зеленомошниковой) и сосняки лишайниковой (бруснично-лишайниковой, зеленомошно-лишайниковой, голубично-лишайниковой) групп типов леса.

Для изучения роста сосняков сформировали массив данных. Сосняки произрастали только на 80 лесных участках (выделах), насаждения произрастают на границе ареала распространения. Основным элементом леса являлась сосна. Семь выделов представлены низкополнотными насаждениями (0,3–0,4), остальные среднеполнотные (0,5–0,7). Наиболее часто встречающийся тип условий местопроизрастания: свежие супесчаные и суглинистые почвы. Неблагоприятные условия произрастания способствуют формированию низкобонитетных древостоев (IV бонитет – 35 участков, V бонитет – 45 участков). Возраст наблюдаемых древостоев 5–260 лет. Средняя высота варьировала от 1 до 22 м. Запас менялся в диапазоне от 10 до 210 м³/га. Почвы преимущественно перегнивший подзол на щебенистых почвах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью построения таблицы хода роста построенны диаграммы динамики основных таксационных

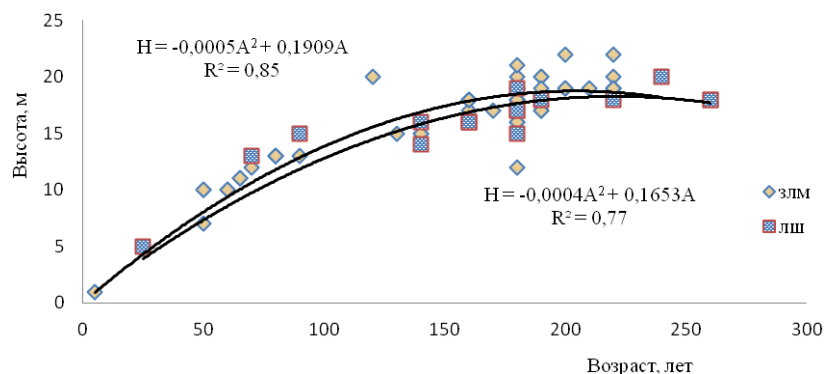
показателей (средней высоты, среднего диаметра и запаса) с возрастом насаждений. Исходный материал разделен на две группы типов леса (сосняки зеленомошниковые и лишайниковые). На рисунке приведены графики, отражающие закономерности изменения таксационных показателей.

Линии аппроксимации показывают, что различия между зеленомошниковой и лишайниковой группами носят случайный характер по трем основным таксационным показателям по средней высоте и среднему диаметру (незначительная разница обусловлена разновозрастностью и густотой древостоев). По запасу

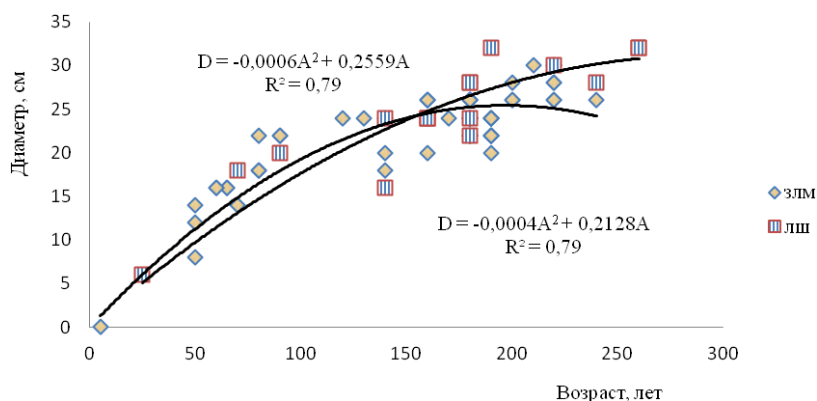
наблюдается выраженное различие после 50 лет, причиной является разница в полноте (зеленомошниковая группа – 0,58; лишайниковая группа – 0,53).

В итоге можно констатировать, что различие в росте между наиболее распространенными типами леса не выражено, а наличие сосняков двух бонитетов (IV и V) можно объяснить в большей степени разницей в таксационных показателях сосняков (эндогенный фактор), а не условиями произрастания (экзогенный фактор).

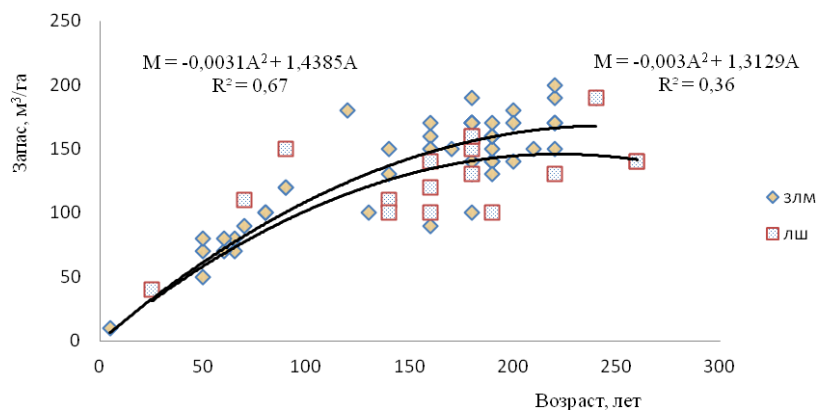
На следующем этапе выполнено сравнение по условиям развития двух типов леса (табл. 1).



а



б



в

Связь таксационных показателей и возраста по группам типов леса:

а – связь средней высоты и возраста сосняков; б – связь среднего диаметра и возраста сосняков;

в – связь запаса и возраста сосняков

Таблица 1

Сравнительный анализ таксационных показателей сосняков по компонентам насаждений и другим условиям

Компонент насаждения и особенности произрастания	Таксационные особенности	
	сосняки зеленомошниковой группы типов леса	сосняки лишайниковой группы типов леса
Древостой	Смешанные древостой с долей сосны 4–8 единиц и смешением лиственницы, кедра, березы и осины	Смешанные древостой с долей сосны 4–8 единиц и смешением лиственницы, кедра, березы и осины
Подлесок	Спирея, шиповник, ольха, ива, береза кустарниковые от редкой до высокой густоты	Шиповник, ольха, ива, береза кустарниковые редкой и средней густоты
Подрост	Смешанный сосново-кедровый с примесью березы, ели, лиственницы. Состояние благонадежное. Возраст 10–30 лет. Количество: 1–10 тыс. шт./га, в среднем 4 тыс. шт./га. Высота: 1,0–3,0 м	Смешанный сосново-кедровый с примесью березы, ели, лиственницы. Редко чистый. Состояние благонадежное. Возраст 10–20 лет. Количество: 1–8 тыс.шт/га. Высота: 1,0–3,0 м
Почвенные условия	Перегнивший сильновыраженный подзол. Редко каменистая, щебенистая. Легкосуглинистая или супесчаная. Свежие или сухие условия	Перегнивший подзол. Редко щебенистая почва. Супесчаные или сухие условия. Редко легкосуглинистая, свежая
Особенности произрастания	Насаждения, как правило, пирогенного происхождения. Сосновые древостой произрастают на равнинных и склоновых участках южной экспозиции	

Сравнительный анализ показал, что выраженных отличий в условиях произрастания сосняков зеленомошниковой и лишайниковой группах типов леса не выявлено. Можно отметить применительно к лишайниковой группе более редкий подлесок и произрастание сосняков чаще в сухих условиях (табл. 1). Суровые климатические условия, наличие вечной мерзлоты, короткий вегетационный период, средняя полнота способствует нивелированию условий произрастания в модальных сосновых насаждениях разных типов леса. На основании выполненного анализа установлено, что различие по ростовым показателям в сосняках разных типов леса обусловлены в основном внутренними (эндогенными) факторами, характеризующими древостой (породная представленность, полнота, степень разновозрастности и т. д.), что объясняет наличие в этих условиях сосняков IV и V классов бонитета. Поэтому данные сосняков объединены в одну выборочную совокупность и в дальнейшем обрабатывались единообразно.

Для построения таблицы динамики таксационных показателей по каждому классу возраста определены средние таксационные показатели: возраст, высота, диаметр, запас и полнота по общепринятым статистическим формулам [9]. Аппроксимация связей выполнена с помощью полиномиальной функции второго порядка. Использование данного уравнения, а не функций роста объясняется необходимостью фиксировать точку, при которой будет наблюдаться снижение средних таксационных показателей сосновых

древостоев. С помощью таксационных формул [10] по двадцатилетним периодам дополнительно вычислена сумма площадей поперечного сечения, число стволов, видовое число, а также средний и текущий прирост. В итоге составлена таблица хода роста для модальных сосняков зеленомошно-лишайниковой группы типов леса (табл. 2).

Анализ роста и развития позволили установить следующие особенности сосняков на границе произрастания: достаточно высокая долговечность древостоев (до 260 лет), пирогенное или подпоговое происхождение. Возраст естественной спелости наступает достаточно поздно в 220 лет, что косвенно указывает на разновозрастность сосняков. Необходимо отметить, что в более южных районах нижнего Енисея модальные сосняки имеют выраженную разновозрастность и различие в росте для трёх преобладающих типов леса (сосняки зеленомошниковые, сосняки лишайниковые и сосняки сфагновые) [12]. Н. П. Гордина разработала соответствующие таблицы хода роста, где в 100 лет сосняки имели следующие средние высоты: $C_{зм} - 20,8$ м; $C_{лш} - 16,3$ м; $C_{сф} - 14,2$ м [12].

На основе данных табл. 2 и значений конверсионных коэффициентов [11] разработана таблица биологической и углеродной продуктивности для модальных сосняков на границе ареала произрастания (табл. 3). Можно констатировать, что как биологическая, так и углеродная продуктивность насаждений характеризуется стабильностью, начиная с 50 до 240 лет. Небольшие возрастные изменения выражены до 100 лет.

Таблица 2

Динамика таксационных показателей модальных сосняков зеленомошно-лишайниковой группы типов леса в условиях Среднесибирского плоскогорья

Возраст, лет	Средние		Сумма площадей сечения, м ² /га	Число стволов, шт.	Видовое число	Общий запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
	высота, м	диаметр, см					среднее	текущее
50	8,4	10,8	16,24	1777	0,543	74	1,48	-
60	9,8	12,6	16,83	1340	0,522	86	1,44	1,22
70	11,1	14,4	17,31	1062	0,508	98	1,40	1,14
80	12,3	16,1	17,68	873	0,498	108	1,35	1,05

Окончание таблицы 2

Возраст, лет	Средние		Сумма площадей сечения, м ² /га	Число стволов, шт.	Видовое число	Общий запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га	
	высота, м	диаметр, см					среднее	текущее
90	13,4	17,6	17,98	738	0,490	118	1,31	0,97
100	14,4	19,1	18,23	638	0,484	127	1,27	0,88
110	15,3	20,4	18,43	562	0,479	135	1,22	0,79
120	16,0	21,7	18,60	503	0,475	142	1,18	0,71
130	16,7	22,9	18,74	457	0,472	148	1,14	0,62
140	17,3	23,9	18,85	420	0,469	153	1,09	0,54
150	17,8	24,9	18,95	390	0,467	158	1,05	0,45
160	18,2	25,7	19,04	366	0,466	161	1,01	0,36
170	18,5	26,5	19,10	347	0,465	164	0,97	0,28
180	18,7	27,1	19,16	331	0,464	166	0,92	0,19
190	18,8	27,7	19,20	319	0,464	167	0,88	0,11
200	18,7	28,2	19,24	309	0,464	167	0,84	0,02
210	18,6	28,5	19,26	302	0,464	167	0,79	–0,07
220	18,4	28,8	19,28	297	0,465	165	0,75	–0,15
230	18,1	28,9	19,28	293	0,466	163	0,71	–0,24
240	17,7	29,0	19,27	292	0,468	159	0,66	–0,32

Таблица 3

Биологическая и углеродная продуктивность сосняков в условиях Среднесибирского плоскогорья

Возраст, лет	Средние		Запас, м ³ /га	Фракция, т/га				Биомасса, т/га	Углерод, тС/га				Общий, тС/га
	высота, м	диаметр, см		стволы	ветви	корни	хвоя		стволы	ветви	корни	хвоя	
50	8,4	10,8	74	35,3	4,2	11,1	2,3	52,9	17,2	2,2	5,1	1,3	25,8
60	9,8	12,6	86	40,4	4,4	12,3	3,3	60,4	20,2	2,4	6,3	1,1	30,0
70	11,1	14,4	98	46,6	5,4	14,4	3,5	69,9	23,4	3,6	7,4	1,4	35,8
80	12,3	16,1	108	51,1	6,6	15,7	3,8	77,2	25,8	3,4	8,2	2,6	40,0
90	13,4	17,6	118	57,2	8,5	18,3	4,4	88,4	28,4	4,2	9,6	2,8	45,0
100	14,4	19,1	127	61,4	9,7	20,6	4,6	96,3	31,2	4,4	10,9	2,4	48,9
110	15,3	20,4	135	62,8	8,4	16,4	3,2	90,8	31,1	4,3	8,5	1,7	45,6
120	16	21,7	142	66,4	8,5	17,3	3,3	95,5	33,5	4,3	9,1	1,6	48,5
130	16,7	22,9	148	68,7	8,7	18,5	3,4	99,3	34,4	4,4	9,6	2,2	50,6
140	17,3	23,9	153	71,3	9,2	19,3	3,5	103,3	35,6	4,2	9,7	2,3	51,8
150	17,8	24,9	158	73,8	9,3	19,6	3,4	106,1	36,7	5,1	10,3	22,4	74,5
160	18,2	25,7	161	74,2	9,6	19,0	3,6	106,4	37,3	5,6	10,5	2,1	55,5
170	18,5	26,5	164	76,1	9,4	20,1	3,3	108,9	38,4	5,4	10,6	2,6	57
180	18,7	27,1	166	77,5	9,7	20,3	3,7	111,2	38,5	5,5	10,4	2,5	56,9
190	18,8	27,7	167	77,4	10,2	20,2	4,2	112	39,6	5,3	10,3	2,4	57,6
200	18,7	28,2	167	77,3	10,3	20,4	4,3	112,3	39,7	5,2	10,1	2,3	57,3
210	18,6	28,5	167	77,4	10,2	20,4	4,2	112,2	39,8	5,3	10,6	2,5	58,2
220	18,4	28,8	165	76,2	9,2	20,3	3,7	109,4	38,7	5,2	10,4	2,2	56,5
230	18,1	28,9	163	75,7	9,1	20,2	3,6	108,6	38,2	5,1	10,2	2,2	55,7
240	17,7	29	159	73,5	9,3	19,8	3,2	105,8	37,3	5,0	10,1	2,1	54,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены следующие выводы.

– Сравнительный анализ роста двух наиболее распространенных типов леса сосняков зеленомошниковых и лишайниковых показал отсутствие выраженных отличий в динамике основных таксационных показателей (средней высоте, среднему диаметру и запасу).

– По условиям местопроизрастания установлены следующие незначительные отличия. В лишайниковой группе наблюдается более редкий подлесок, и

большее число насаждений произрастает в сухих условиях произрастания.

– Составлена таблица динамики таксационных показателей модальных сосняков зеленомошнелишайниковой группы типов леса на границе произрастания в условиях Красноярского края.

– На основе таблицы динамики таксационных показателей разработан норматив по оценке биологической и углеродной продуктивности модальных сосняков по основным фракциям (стволы, ветви, корни, хвоя).

– Установлено, что сосняки характеризуются достаточно высокой долговечностью. Имеют пирогенное или подпологовое происхождение. Возраст естественной спелости наступает в 220 лет. При этом следует иметь в виду, что с высокой вероятностью сосняки являются разновозрастными.

– На границе ареала произрастания на рост сосняков существенное влияние оказывают таксационные особенности насаждений (степень смешения пород, уровень разновозрастности деревьев, полнота древостоев и т. д.). Типологическая структура сосняков в незначительной степени определяет рост и развитие модальных сосняков в условиях Среднесибирского плоскогорья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М. : Наука, 1964. 190 с.
2. Усольцев В. А., Субботин К. С., Терентьев В. В., Маленко А. А. Биологическая продуктивность естественных сосняков Северной Евразии: элементы географии // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 11(121). С. 55–60.
3. Бахтин А. А., Соколов Н. Н. Типы возрастной структуры заболоченных сосняков Архангельской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2015. № 4(346). С. 76–86.
4. Демидова Н. А. [и др.]. Рост и развитие сосны скрученной (*Pinus contorta* Loud.var.*latifolia* S. Wats) в условиях северной тайги // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 2. С. 45–59.
5. Демидова Н. А. [и др.]. Результаты 35-летнего испытания сосны скрученной на Европейском Севере России // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. № 225. С. 90–105.
6. Батвенкина Т. В. Ход роста сосновых древостоев разных типов леса Хребтовского лесничества // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36, № 5. С. 391–396.
7. Вайс А. А. Таблица сумм площадей поперечных сечений и запасов полных притундровых сосняков Северо-Востока Европейской части Российской Федерации // Современная техника и технологии. 2015. № 9(49). С. 35–37.
8. Фалалеев Э. Н. Леса Сибири. Красноярск : КГУ, 1985. 136 с.
9. Вайс А. А., Павлов Н. В., Подколзин А. В. Математические методы в лесном хозяйстве: лабораторный практикум. Красноярск : СибГТУ, 2005. 32 с.
10. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М. : Лесн. пром-ть, 1979. 216 с.
11. Замолодчиков Д. Г., Уткин А. И., Честных О. В. Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу для основных лесобразующих пород России // Лесная таксация и лесоустройство. 2003. № 1(32). С. 119–127.
12. Гордина Н. П. Пространственная структура и продуктивность сосняков Нижнего Енисея. Красноярск : КГУ, 1985. 128 с.

REFERENCES

1. Pravdin L. F. Common pine. Variability, intraspecific systematics and selection. M. : Nauka, 1964, 190 p.
2. Usoltsev V. A., Subbotin K. S., Terentyev V. V., Malenko A. A. Biological productivity of natural pine forests of Northern Eurasia: elements of geography // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2014. No. 11(121), pp. 55–60.
3. Bakhtin A. A., Sokolov N. N. Types of age structure of boggy pine forests of the Arkhangelsk region // News of higher educational institutions. Forest magazine. 2015. No. 4(346), pp. 76–86.
4. Demidova N. A. [et al.]. Growth and development of twisted pine (*Pinus contorta* Loud.var.*latifolia* S. Wats) in the conditions of the northern taiga // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry. 2016. No. 2, pp. 45–59.
5. Demidova N. A. [et al.]. Results of the 35-year test of twisted pine in the European North of Russia // Izvestia of the St. Petersburg Forestry Academy. 2018. No. 225, pp. 90–105.
6. Batvenkina T. V. The course of growth of pine stands of different types of forest of the Ridge forestry // Coniferous boreal zones. 2018. vol. 36, No. 5, pp. 391–396.
7. Weiss A. A. Table of sums of cross-sectional areas and stocks of full tundra pine forests of the North-East of the European part of the Russian Federation // Modern technique and technologies. 2015. No. 9(49), pp. 35–37.
8. Falaleev E. N. Forests of Siberia. Krasnoyarsk: KSU, 1985, 136 p.
9. Weiss A. A., Pavlov N. V., Podkolzin A. V. Mathematical methods in forestry: laboratory workshop. Krasnoyarsk : SibSTU, 2005, 32 p.
10. Svalov N. N. Modeling of the productivity of stands and the theory of forest management. M. : Lesn. prom-t, 1979, 216 p.
11. Zamolodchikov D. G., Utkin A. I., Honest O. V. Conversion coefficients of plantings stocks into phytomass for the main forest-forming breeds of Russia // Forest taxation and forest management. 2003. No. 1(32), pp. 119–127.
12. Gordina N. P. Spatial structure and productivity of pine forests of the Lower Yenisei. Krasnoyarsk : KSU, 1985, 128 p.

© Вайс А. А., Козлов Н. В., 2023

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РОСТА ЯСЕНЯ МАНЬЧУЖРСКОГО
ПО МАТЕРИАЛАМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ****Н. В. Выводцев**

Тихоокеанский государственный университет
Российская Федерация, 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136
Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства
Российская Федерация, 680020, Хабаровск, ул. Волочаевская, 71

Хвойно-широколиственные леса в южной части Дальнего Востока – уникальная коллекция древесных пород, оставшаяся нам с третичного периода. Здесь произрастает множество редких семейств, родов, видов. Ярким представителем семейства Маслиновые (Oleaceae Hoffm. et Link) является род ясень (Fraxinus L.). Род представлен ясенем маньчжурским (F. mandshurica Rupr.). В естественных условиях образует ильмово-ясеневые, а иногда ясеневые урезы. Ясень маньчжурский растет в составе хвойно-широколиственных лесов, встречается как одиночными экземплярами, так и небольшими группами. Одной породы насаждения не образует. В некоторых выделах его доля может достигать 40 % от общего запаса насаждения. Максимальный возраст отдельных деревьев достигает 200 и более лет, высота – 25–30 м, диаметр – до 1,0 м. Стволы прямые, полндревесные, крона ажурная, кора гладкая. Требователен к плодородию почв. На хорошо дренированных почвах показывает высокую скорость роста, особенно в молодом возрасте.

Как следствие, количественная спелость в насаждении наступает в 40 летнем возрасте, техническая – в 80 лет. Обладает высокой зимостойкостью, что обеспечивает ему преимущества по сравнению с другими породами при лесоразведении в северных районах. Декоративен, переносит обрезку кроны в городских посадках. Нормативная база, составленная для этой породы, включает таблицы хода роста, объемные, сортиментные и товарные таблицы. Таблицы хода роста, составлены для трех типов леса и характеризуют динамику таксационных показателей в интервале 10–100 лет. В настоящей статье по материалам государственной инвентаризации лесов была построена таблица хода роста для ясеня маньчжурского. Экспериментальным материалом послужили 121 модельное дерево ясеня маньчжурского. Средние значения высот, диаметров и запасов выравнены с помощью параболы 2-го порядка. В таблице хода роста рассчитана динамика средних значений таксационных показателей: высоты, диаметра и наличного запаса.

Определен выход крупной плюс средней деловой древесины. По этим данным установлен возраст количественной и технической спелостей леса. Учитывая высокие продукционные характеристики ясеня маньчжурского, разработанный норматив можно считать дополнением к имеющейся нормативной базе, что важно при интенсификации лесохозяйственного производства в регионе. Таблицу можно использовать для оценки и прогноза запасов древесины в насаждениях с участием ясеня маньчжурского.

Ключевые слова: ясень маньчжурский, таблица хода роста, смешанное насаждение, средний прирост, количественная и техническая спелости.

*Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 224–230***STUDY OF THE GROWTH PROCESSES OF THE MANCHURIAN ASH TREE BASED
ON THE MATERIALS OF THE STATE FOREST INVENTORY****N. V. Vyvoldtsev**

Pacific State University
136, Pacific Str., Khabarovsk, 680035, Russian Federation
Far Eastern Forestry Research Institute
71, Volochaevskaya St., Khabarovsk, 680020, Russian Federation

Coniferous-deciduous forests in the southern part of the Far East are a unique collection of tree species left to us from the tertiary period. Many families, genera and species grow here. A prominent representative of the Olive family (Oleaceae Hoffm. et Link) is a genus of ash (Fraxinus L.). The genus is represented by Manchurian ash (F. mandshurica Rupr.). In natural conditions, it forms ilmo-ash, and sometimes ash uremes. Manchurian ash grows as part of coniferous-deciduous forests, occurs both in single specimens and in small groups. It does not form one type of plantings. In some allotments, its share can reach 40 % of the total stock of planting. The maximum age of individual trees

reaches 200 years or more, height is 25–30 m, diameter is up to 1.0 m. The trunks are straight, full-timbered, the crown is openwork, the bark is smooth. It requires fertile soils. On well-drained soils, it shows a high growth rate, especially at a young age.

As a consequence, quantitative ripeness in the planting occurs at the age of 40, technical one occurs at 80 years. It has a high winter hardiness, which provides it with advantages over other species in afforestation in northern areas. It is ornamental and tolerant of crown pruning in urban plantings. The regulatory framework compiled for this species includes growth progress tables, volumetric, assortment and commodity tables. Growth progress tables are compiled for three types of forests and characterize the dynamics of taxation indicators between 10 and 100 years. In this article, based on the materials of the state forest inventory, a growth progress table for Manchurian ash was constructed. The experimental material included 121 model Manchurian ash trees. The average values of heights, diameters and reserves are equalized using a parabola of the 2nd order. The dynamics of the average values of taxation indicators is calculated in the growth progress table: height, diameter and available stock.

The output of large plus medium-sized business timber has been determined. According to these data, the age of quantitative and technical ripeness of the forest has been established. The listed indicators reflect the dynamics of the average data for this forest-forming species. The accuracy of determining the stock is not less than 5%. Taking into account the high production characteristics of Manchurian ash, the developed standard can be considered an addition to the existing regulatory framework, which is important for the intensification of forestry production in the region. The developed tables can be used to assess and forecast wood stocks in plantings with the participation of Manchurian ash.

Keywords: Manchurian ash, growth progress table, mixed planting, average growth, quantitative and technical ripeness.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Род ясень (*Fraxinus* L) относится к семейству Маслиновые (*Oleaceae* Hoffm. et Link). Это крупные листопадные деревья высотой до 25–30 м и диаметром до 1 м [1]. На Дальнем Востоке произрастает ясень маньчжурский (*F. mandshurica* Rupr.) (рис. 1). Изученность этого вида высокая. Для трех типов леса разработаны таблицы хода роста модальных насаждений ясеня маньчжурского [11]. Они включены в региональный справочник [10], но не вошли в таблицы и

модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии [12]. Предметом исследования особенностей роста ясеня маньчжурского, являлись смешанные хвойно-широколиственные леса Приморья, в которых доля ясеня маньчжурского достигала 40 % и более [6]. В результате установлено, что высокая продуктивность насаждений достигается участием в составе древостоя ясеня маньчжурского, сосны корейской, ели аянской, пихтой белокорой.

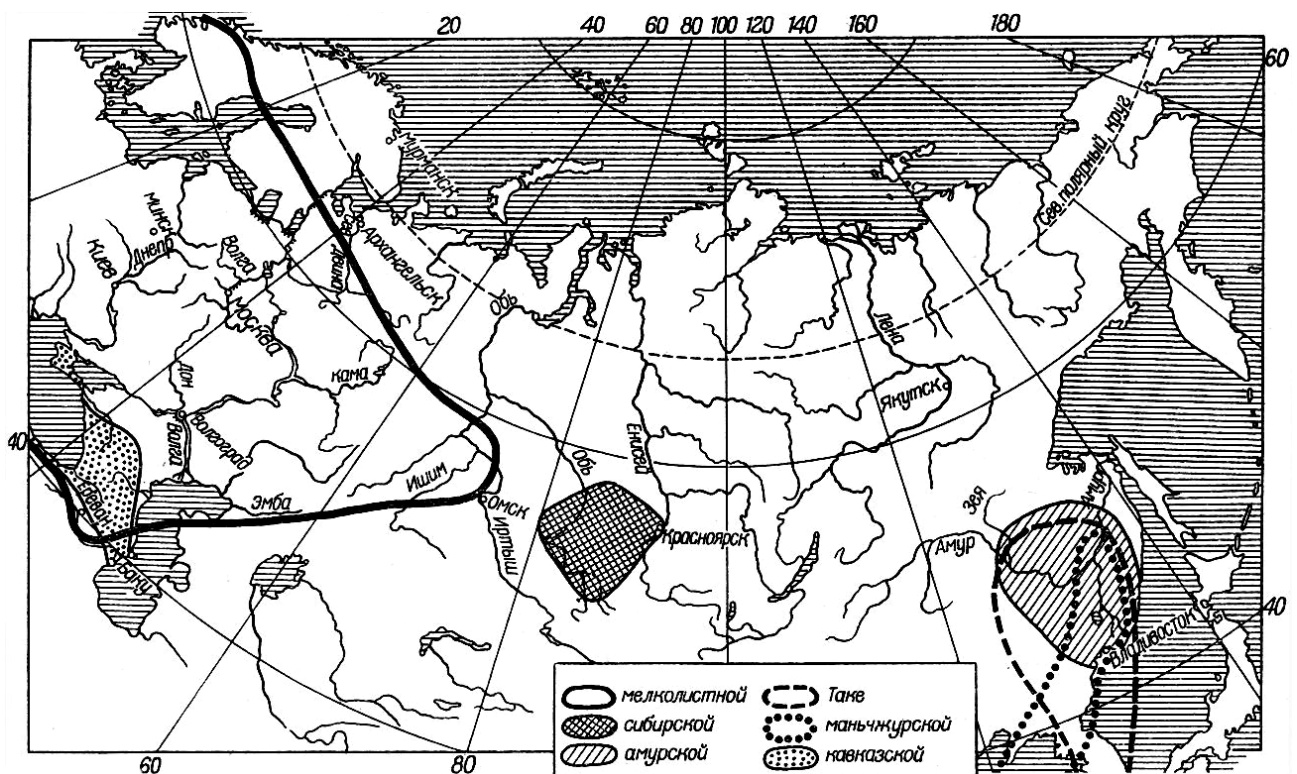


Рис. 1. Ареал распространения видов ясеня

Ясень маньчжурский широко встречается в Приморском и Хабаровских краях, реже в Амурской области, на острове Сахалин и острове Кунашир [1; 14]. Растет в широколиственных и смешанных лесах, чистых насаждений не образует. Вместе с тополем Максимовича и вязом японским, другими видами образует формацию ильмово-ясеневых (урёмных) лесов. Поднимается по склонам до 700–800 м над уровнем моря. Корневая система мощная, развитая, способствующая ветроустойчивости дерева. При участии хвойных пород в составе древостоев, обеспечивает им защиту от ветровалов [1]. Требователен к плодородию и влажности почвы. Лучше всего растет на глубоких плодородных и хорошо дренированных наносных почвах, подстилаемых песчано-галечным горизонтом. Доживает ясень до 200 и более лет. Крона ажурная, смолоду – удлинённо-яйцевидные, к старости – ширококруглая. Кора серая или коричневатая, трещиноватая, толщиной 3–5 см. Листья супротивные, сложные, непарноперистые. Цветки без околоцветника. Плоды – односемянные продолговато-эллиптические крылатки. Плодоносит с 25–30 лет [14]. Растёт быстро, в хороших условиях годичный прирост молодых деревьев в высоту достигает одного метра. Древесина вязкая, твёрдая, красивая по текстуре и цвету. Используется в судостроении, машиностроении, в домостроении – на внутреннюю отделку помещений. Из ясеня изготавливают мебель, лущёный шпон, фанеру. Древесина ясеня востребована на внутреннем и внешнем рынках. Вне всякого сомнения, порода перспективная, как объект переработки, так и лесоразведения. Цель настоящей работы – по материалам государственной инвентаризации лесов (далее – ГИЛ), проведенной в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном районе изучить закономерности роста ясеня маньчжурского и разработать усредненный вариант таблицы хода роста, на основе которого определить возраст наступления технической спелости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальным материалом послужили постоянные пробные площади (75 шт.), заложенные в разных стратах при проведении государственной инвентаризации лесов в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном районе [8]. Количественные и качественные показатели ясеневой формации в лесном районе характеризуются выборкой 121 дерева ясеня маньчжурского (табл. 1). Поскольку площадки располагались случайным способом, полученная выборка может быть использована для разработки разных лесотаксационных нормативов: таблиц хода роста, разрядных шкал объемов, стандартных таблиц сумм площадей сечений и запасов.

Основанием для использования модельных деревьев для построения нормативов послужило то, что выборочная совокупность представляет собой статистически репрезентативную часть генеральной совокупности, путем измерения которой получают необходимые сведения обо всей генеральной совокупности. Пробные площади, входящие в выборку, отбирались с соблюдением требований к случайной выборке по следующим критериям:

- репрезентативности (представленности, способности быть отражением генеральной совокупности);
- случайности формирования (каждый объект генеральной совокупности должен иметь равную вероятность быть отобранным);
- достаточности объема для получения статистически значимых результатов.

Критерием точности учета лесов является точность определения общего запаса древесины, которая устанавливается для лесного района в пределах субъекта Российской Федерации. Для Приамурско-Приморского хвойно-широколиственного района точность определения запаса принята равной 3 %.

Таблица 1
Распределение деревьев ясеня маньчжурского по возрасту и ступеням толщины

Ступени толщины	Возраст лет																		Итого
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	
8	3	2																	5
12		1	1																2
16			3	3	1			2											9
20		1	1	2	1	6	2	3	1										17
24		1				3	5	2	3	1	1								16
28							1	4	6	6	1								18
32						1	2	1	2	5									11
36									1	6	6								13
40									1	1	6	3	2						13
44								1	1		7				1				10
48											2				1				3
52											1								1
56																	1		1
60																	1		1
64												1							1
	3	5	5	5	2	10	10	13	15	19	24	4	2	0	2	0	1	1	121

Возрастной интервал выборки – 20–190 лет. Варьирование возраста в пределах одной ступени толщины достигает 90 лет. Площадок ГИЛ со сплошным покрытием ясеня маньчжурского, при закладке постоянных пробных площадей, не зафиксировано, несмотря на то, что в поймах рек он образует небольшие участки чистых насаждений [1].

В аналитическом обзоре результатов ГИЛ первого цикла инвентаризации по лесному району, подготовленному ФГБУ «Рослесинфорг», приведена итоговая таблица, отражающая динамику средних запасов насаждений всех древесных пород, включая ясень маньчжурский. Динамика этих запасов определена с 3 % точностью. Эти значения являются своеобразной средней линией запасов генеральной совокупности насаждений ясеня в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном районе. Для определения возрастных изменений деловой древесины запасы аналитически выравнивались с помощью параболы 2-го порядка, затем товаризировались по местным товарным таблицам [10], с целью определить возраст технической спелости [7]. В конечном варианте таблица хода роста отражала динамику высот, диаметров и запасов. Последний дифференцирован по категориям крупности деловой древесины. Расчет объемов стволов ясеня маньчжурского в коре и без коры при корректировке разрядной шкалы объемов осуществлялся по уравнениям регрессии, которые помещены в справочнике для таксации лесов Дальнего Востока [10]:

$$V_{\text{вк.}} = 8,3 \times 10^{-5}dh + 310 \times 10^{-7}d^2h; \quad (1)$$

$$V_{\text{б.к.}} = 0,5 \times 10^{-5}dh + 281 \times 10^{-7}d^2h, \quad (2)$$

где $V_{\text{вк.}}$ – объем ствола ясеня маньчжурского в коре м^3 ; $V_{\text{б.к.}}$ – объем ствола ясеня маньчжурского без коры м^3 ; d – диаметр дерева, см; h – высота ступени, м.

При расчете других таксационных показателей применяли общеизвестные формулы, помещенные в учебнике Н. П. Анучина [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика построения таблиц хода роста по модельным деревьям апробирована на нескольких древесных породах, которые представлены в составе насаждений как сопутствующие породы [3–5; 15]. Теоретическим посылом к такому методическому подходу

послужило то, что модельное дерево, выросшее в лесной среде, формировалось под влиянием многих факторов, но определяющим являлись внутриценотические отношения деревьев разных древесных пород, их взаимовлияние друг на друга, которое подчиняется определенной закономерности, передающейся через константу изреживания [9; 13].

Математическим выражением константы изреживания является произведение числа стволов на средний диаметр в степени 1,5. Ее биологический смысл заключается в компенсационной способности оставшихся деревьев продуцировать древесную массу. Определенная по трем таблицам хода роста ясеневых насаждений [11] средняя величина константы равна 86 тыс., или $8,6 \text{ м}^2$ на одно дерево.

Средние значения высот и диаметров, рассчитанные по модельным деревьям, описаны параболой 2-го порядка (рис. 2):

$$H = -0,189A^2 + 3,86A + 2,5, \quad R^2 = 0,88; \quad (3)$$

$$D = -0,025H^2 + 2,38H - 7,7, \quad R^2 = 0,67, \quad (4)$$

где H – высота дерева, м; D – диаметр дерева на высоте 1,3 м, см; A – возраст дерева, уменьшенный в 10 раз, лет.

Надо также отметить случайный характер попадания деревьев в выборку, что исключает систематическую ошибку при описании возрастных изменений таксационных показателей.

Аналогичным уравнением описывается зависимость запаса от возраста древостоев ясеня маньчжурского (рис. 3):

$$y = -0,755x^2 + 33,92x - 24, \quad R^2 = 0,97, \quad (5)$$

где y – запас на 1 га, м^3 ; x – возраст, уменьшенный в 10 раз, лет.

Выравненные по уравнениям регрессии высота, диаметр и наличный запас сведены в таблицу хода роста (табл. 2).

Товаризация наличного запаса в таблице хода роста выполнена по товарным таблицам [10]. Для каждого класса возраста определена динамика среднего прироста крупной плюс средней деловой древесины в процентах и абсолютных величинах, а по этим данным – возраст наступления количественной и технической спелостей.

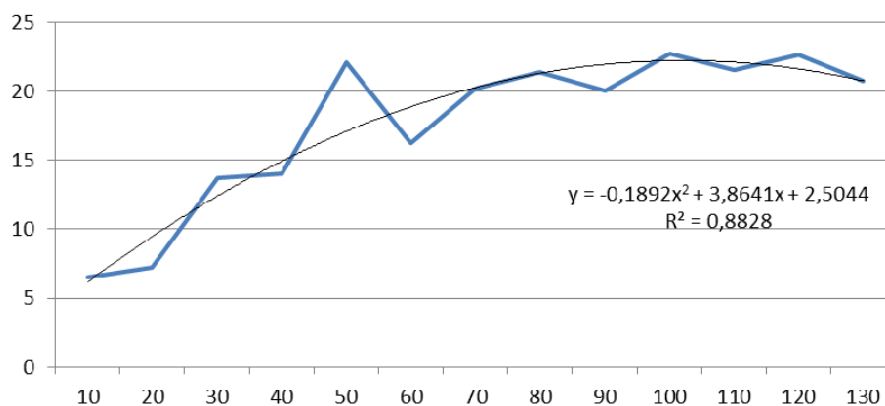


Рис. 2. Зависимость высоты от возраста ясеня маньчжурского

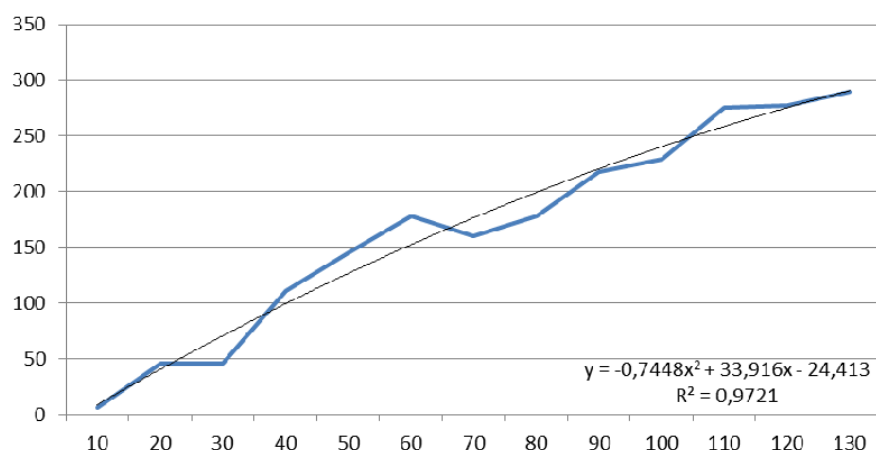


Рис. 3. Зависимость запаса древостоев ясеня маньчжурского от возраста

Таблица 2

Таблица хода роста модальных древостоев ясеня маньчжурского произрастающего в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном районе

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, мм	Запас, м³/га	Δср, м³/га	Δтек, м³/га	Выход дел.		Кр+Ср		Кр+ср. Δср, м³/га	Δср, м³/га
						%	м³	%	м³		
10	6,2	6,1	9	0,9	–	–	–	–	–		
20	9,5	12,6	41	2,0	3,2	–	–	–	–		
30	12,4	18,0	71	2,4	3,0	49	35	39	28	0,92	
40	15	22,4	99	2,5	2,8	51	50	45	45	1,11	1,7
50	17,1	25,7	127	2,5	2,8	52	63	47	60	1,19	1,5
60	18,8	28,2	152	2,5	2,5	53	80	51	78	1,29	1,7
70	20,3	30,3	177	2,5	2,5	53	94	51	90	1,29	1,4
80	21,3	31,6	199	2,5	2,2	53	105	52	103	1,29	1,1
90	21,9	32,4	221	2,5	2,2	53	117	52	115	1,27	1,2
100	22,2	32,8	240	2,4	1,9	53	127	52	125	1,25	1,0
110	22,0	32,6	259	2,4	1,9	53	137	52	135	1,22	1,0
120	21,6	32,0	274	2,3	1,5	53	145	52	142	1,18	0,8
130	20,8	31,0	289	2,2	1,5	53	153	51	147	1,13	0,8

Примечания: Δср. – среднее изменение запаса, м³; Δтек. – текущие изменения запаса, м³.; кр+ср – запас крупной плюс средней деловой древесины.

Следует отметить, что полученный ряд запасов характеризует истинную среднюю линию продуктивности ясеневых насаждений в лесном районе на период завершения первого цикла инвентаризации. По итогам следующего цикла ГИЛ среднее изменение запасов ясеневых древостоев с возрастом вероятнее всего будет иметь другую траекторию и описываться другой регрессией за счет текущих изменений в стра-тах в результате выборочных рубок, пожаров, повреждения энто-вредителями и т. д.

Анализируя разработанную таблицу, отметим следующие особенности роста ясеневых насаждений:

– возраст количественной спелости наступает в 40 лет. После этого возраста резкого снижения среднего прироста не наблюдается. Постоянная величина среднего прироста запаса (2,5 м³/га) сохраняется в течение 50 лет;

– максимум среднего прироста крупной плюс средней деловой древесины (возраст наступления технической спелости) наблюдается в 60–80 лет. После этого возраста началось его плавное снижение. К возрасту 130 лет величина снижения среднего при-

роста крупной плюс средней древесины, по сравнению с возрастом в 80 лет, составила 12 %;

– официальный возраст технической спелости для всех классов бонитета в эксплуатационных лесах установлен в интервале 101–120 лет, в защитных лесах – 121–140 лет [7]. Установленный возраст технической спелости на класс ниже, при сравнении с эксплуатационными лесами.

Сравнивая возрастную ряд наличного запаса с ранее разработанными рядами по ясеню маньчжурскому [11], установлены расхождения, которые в разных типах леса имеют разную величину отклонения (табл. 3).

Наиболее близкие результаты сравниваемых запасов наблюдаются у типа леса ясеневый-ильмовый урм и осоково-разнотравный ясеневик. Величина отклонения не превышает – 10 %. Максимальные отклонения (+27 %) средних запасов наблюдается у болотного ясеневика. Если сравнить процент отклонения по трем рядам, объединив их, расхождение запасов не превысит – 5 %, что подтверждает целесообразность определения средней линии запасов по лесному району.

Таблица 3
Результаты сравнения запасов с известными аналогами [11]

Возраст, лет	Ясенево-ильмовая урема				Осоково-разнотравный				Болотный ясенежник			
	Дср, м ³ /га	Мт	Мр	Откл %	Дср, м ³ /га	Мт	Мр	Откл %	Дср, м ³ /га	Мт	Мр	Откл %
10	0,4	40	9	-78	2,0	20	9	-55	1,4	14	9	-35
20	3,8	76	41	-46	2,4	48	41	-15	1,8	35	41	+15
30	3,4	101	71	-30	2,9	88	71	-19	1,9	56	71	+21
40	2,9	117	99	-14	3,3	131	99	-24	1,8	72	99	+27
50	2,6	129	127	-2	3,2	162	127	-22	1,7	87	127	+31
60	2,4	141	152	+7	3,2	190	152	-20	1,7	101	152	+34
70	2,2	153	177	+14	3,1	215	177	-18	1,6	115	177	+35
80	2,1	165	199	+17	3,0	237	199	-16	1,6	128	199	+36
90	2,0	177	221	+20	2,9	257	221	-14	1,5	138	221	+38
100	1,9	190	240	+21	2,8	275	240	-13	1,4	145	240	+39
Сред				-10				-22				+27

Примечание: Мт – запас из таблиц хода роста, м³/га; Мр – запас из разработанной таблицы хода роста, м³/га.

Следует обратить внимание на раннее наступление количественной спелости. В разработанной таблице она наступает в 40 лет. Это важно при создании быстрорастущих плантаций лиственных пород. В благоприятных условиях для роста ясень маньчжурский показывает более высокую скорость роста, по сравнению с другими лиственными породами.

Разработанный ряд сравнили с разрядной таблицей объемов по ясню маньчжурскому. В 20 лет высота ясеня соответствует 5 разряду высот, а в 100 лет уже 3 разряду высот. В возрасте 100–130 лет наблюдается некоторое замедление роста в высоту, которое отражается на запасе древостоев. Основная цель построенной таблицы хода роста – разработать усредненный возрастной ряд таксационных показателей, на основе которого можно определить реальный возраст наступления технической спелости в Приамурско-Приморском хвойно-широколиственном районе. Разработанная таблица свою задачу выполнила.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для Приамурско-Приморского хвойно-широколиственного лесного района построена таблица хода роста. Ее анализ позволяет сделать следующие выводы.

1. Возраст количественной спелости в древостоях ясеня маньчжурского наступает в 40 лет, возраст технической спелости – 60–80 лет. Это на 20 лет раньше официального возраста рубки в эксплуатационных лесах.

2. Сравнение запасов разработанной таблицы с запасами известных таблиц хода роста не выявило существенных расхождений. Средняя величина погрешности не превысила 5 %.

3. Изменение высот в таблице хода роста отличается от шкалы разрядов. В начальных возрастах она соответствует 5 разряду, но в 100 лет она перешла в 3 разряд высот. На этом основании сделан вывод, что разрядную шкалу необходимо пересоставлять для исключения систематических ошибок при расчете запасов насаждений с участием ясеня маньчжурского, назначении хозяйственных мероприятий и др.

4. На качественные характеристики древостоев ясеня маньчжурского не оказывает существенного

влияния возраст модельных деревьев. Замеры модельных деревьев зафиксировали слабую тенденцию повышения класса товарности с повышением возраста древостоев.

5. Разработанную таблицу можно использовать для расчетов товарной древесины, размеров ущерба при незаконных рубках, при повреждении насаждений пожаром, а также как своеобразный эталон модальных древостоев, точность определения запаса в котором не ниже 5 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Агеенко А. С., Васильев Н. Г. Древесная флора Дальнего Востока. Л., 1982. 381 с.
2. Анучин Н. П. Лесная таксация. М. : Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
3. Выводцев Н. В. Общие закономерности роста насаждений сосны корейской [Электронный ресурс]. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2020.3.07 // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. 2020. № 3. С. 81–88. URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения: 31.03.2023).
4. Выводцев Н. В. Бессонова Н. В. Региональные закономерности роста ореха маньчжурского // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В. Р. Филиппова. 2022. № 2(67). С. 138–145.
5. Выводцев Н. В., Бессонова Н. В., Приходько О. Ю. Закономерности роста ели в Дальневосточном таежном лесном районе // Хвойные бореальной зоны. 2022. Т. XL, № 2. С. 114–120.
6. Комин А. Э. Ясень маньчжурский в хвойно-широколиственных лесах юга Дальнего Востока : автореф. дис. ... канд. наук. Уссурийск, 2004. 29 с.
7. Об установлении возрастов рубок : Приказ Рослесхоза от 09.04.2015 № 105 (ред. от 02.07.2015). Дос-туп из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
8. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 авг. 2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» (с изменениями на 21 марта

2016 г.): зарегистрировано в Мин-ве юстиции РФ 29 сент. 2014 г., № 34186.

9. Савинов Е. П. Взаимосвязь густоты и среднего диаметра древостоев // Лесное хозяйство. 1978. № 6. С. 57–59.

10. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / отв. сост. и ред. В. Н. Корякин ; ДальНИИЛХ. Хабаровск, 1990. 526 с.

11. Смирнов Н. Т., Чугай, Г. Е. Рост насаждений ясеня маньчжурского в Приморском крае // Воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока. Уссурийск : Изд-во ПСХИ, 1983. С. 60–68.

12. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород северной Евразии (нормативно-справочные материалы) М., 2008. 886 с.

13. Удод В. Е. Определение оптимальной интенсивности рубок ухода в дубовых насаждениях // Лесн. хоз-во. 1972. № 7. С. 15–17.

14. Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справ. кн. / авт. вступ. ст. С. Д. Шлотгауэр. 3-е изд., перераб. и доп. Хабаровск : Изд. дом «Приамурские ведомости», 2009. 272 с.

15. Vyvodtsev N. V. Forest Resource Potential of Cedar in the Far East. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 670, Iss. 1.

REFERENCES

1. Ageenko A. S., Vasiliev N. G. Arboreal flora of the Far East. L., 1982. 381 p.

2. Anuchin N. P. Forest taxation. M. : Lesn. prom-st, 1982. 552 p.

3. Vyvodtsev N. V. General patterns of growth of Korean pine plantations [Electronic resource]. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.07 // Logging company. inform. : electron. network Journal 2020. No. 3. P. 81–88. URL: <http://lhi.vniilm.ru> (date of reference: 31.03.2023).

4. Vyvodtsev N. V. Bessonova N. V. Regional patterns of Manchurian nut growth // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov. 2022. No. 2 (67). P. 138–145.

5. Vyvodtsev N. V., Bessonova N. V., Prikhodko O. Yu. Patterns of spruce growth in the Far Eastern taiga forest area // Coniferous boreal zones. 2022. Vol. XL, No. 2. P. 114–120.

6. Komin A. E. Manchurian ash in coniferous-deciduous forests of the south of the Far East : abstract. dis. ... candidate of Sciences. Ussuriysk, 2004. 29 p.

7. On the establishment of logging ages: Rosleskhoz Order No. 105 dated 09.04.2015 (ed. dated 02.07.2015). Access from help.- legal system “ConsultantPlus”.

8. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation of 18 August. 2014, No. 367 “On Approval of the List of Forest Zones of the Russian Federation and the List of Forest Regions of the Russian Federation” (as amended on March 21, 2016): registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on September 29. 2014, No. 34186.

9. Savinov E. P. Interrelation of density and average diameter of stands // Forestry. 1978. No. 6. P. 57–59.

10. Handbook for the taxation of forests of the Far East / rel. comp. and ed. by V. N. Koryakin ; Dalniilh. Khabarovsk, 1990. 526 p.

11. Smirnov N. T., Chugai, G. E. Growth of Manchurian ash plantations in Primorsky Krai // Reproduction of forest resources of the Far East. Ussuriysk: Publishing House of PSHI, 1983. P. 60–68.

12. Tables and models of the course of growth and productivity of plantings of the main forest-forming species of northern Eurasia (normative reference materials) M., 2008. 886 p.

13. Udod V. E. Determination of the optimal intensity of felling care in oak plantations // Forest. household. 1972. No. 7. P. 15–17.

14. Usenko N. V. Trees, shrubs and lianas of the Far East: a reference book / Ed. Intro. Art. S.D. Schlotgauer. – 3rd ed., revised. And extra. Khabarovsk : Publishing house “Priamurskiye Vedomosti”, 2009/ 272 p. (Far East of Russia. Window to nature).

15. Vyvodtsev N. V. Forest Resource Potential of Cedar in the Far East. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 670, Iss. 1.

© Выводцев Н. В., 2023

Поступила в редакцию 23.01.2023
Принята к печати 10.05.2023

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СРЕДНЕЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ

И. С. Коновалова, Д. Ю. Коновалов, Н. А. Бабич

Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова
Российская Федерация, 163002, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17
E-mail: i.konovaalova@narfu.ru, d.konovalov@narfu.ru

Напочвенный покров лесных культур на начальных стадиях формирования искусственных лесных насаждений представляют собой уникальные лесные биогеоценозы, отличающиеся своеобразными экологическими условиями, особенностями восстановительной сукцессии и биологическим разнообразием напочвенного покрова.

Изучены особенности восстановительных сукцессий травянистой растительности на начальных стадиях (второе десятилетие) формирования лесных культур сосны и ели в условиях бывшей вейниковой вырубке из-под сосняка брусничного на территории Каргопольского лесничества в юго-западной части Архангельской области.

Цель исследований – изучение флористического состава и эколого-ценотической структуры напочвенного покрова лесных культур в зависимости от лесорастительных условий и способов обработки почвы.

Видовое богатство растений на опытных участках лесных культур с разными способами подготовки почвы, изменяется в пределах от 32 до 39 видов. Коэффициенты сходства видового состава флор на исследуемых пробных площадях варьируют от 0,63 до 0,80.

Флористический состав напочвенного покрова представлен в основном видами группы мезофитов (87 %). В зависимости от условий освещенности преобладают гелиофитные (47 %) и семигелиофитные виды (38 %), растущие в широком диапазоне освещения. По требовательности растений к почвенному питанию преобладают мезотрофные виды (89 %). На исследованной площади не отмечены растения из группы олиготрофов.

Исследуемые растительные сообщества на данном временном этапе отличаются преобладанием луговых видов (64 %) при значительном участии лесных видов (36 %). На основании проведенного анализа фитоценотической структуры можно сделать вывод, что более половины видов живого напочвенного покрова составляют случайные и временные виды, которые являются засорителями лесных питомников среднетаежной подзоны (51 %). При этом обилие большинства видов группы сорных растений составляет меньше единицы.

*Приведена классификация фитоценотической активности растений. Основу сообщества составляют высокоактивные виды (*Deschampsia caespitosa* L., *Calamagrostis epigeios* L., *Trifolium pratense* L., *Rubus saxatilis* L., *Chamerion angustifolium* L.), большинство из которых были представлены на вейниковой вырубке до создания лесных культур. Малоактивные и неактивные виды составляют значительную часть видового спектра (43 %). Группы малоактивных и неактивных растений отличаются высоким ценотическим разнообразием.*

Ключевое слово: фитоценоз, эколого-ценотическая структура, лесные культуры, встречаемость видов, напочвенный покров.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 231–237

ECOLOGICAL AND CENOTIC ACTIVITY OF GROUND COVER PLANT SPECIES AT THE INITIAL STAGES OF FOREST CROPS FORMATION IN MIDDLE TAIGA SUBZONE

I. S. Konovaalova, D. Yu. Konovalov, N. A. Babich

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
17, Severnaya Dvina Emb., Arkhangelsk, 163002, Russian Federation
E-mail: i.konovaalova@narfu.ru, d.konovalov@narfu.ru

The ground cover of forest crops at the initial stages of the formation of forest plantations are unique forest biogeocenoses, characterized by peculiar ecological conditions, features of regenerative succession and biological diversity of the ground cover.

The features of restorative successions of herbaceous vegetation at the initial stages (the second decade) of the formation of pine and spruce forest crops in the conditions of the former glacial felling from under cranberry pine on the territory of the Kargopol forestry in the southwestern part of the Arkhangelsk region are studied.

The purpose of the research is to study the floral composition and ecological–cenotic structure of the ground cover of forest crops, depending on forest growing conditions and methods of tillage.

The species richness of plants on experimental plots of forest crops with different methods of soil preparation varies from 32 to 39 species. The coefficients of similarity of the species composition of the flora in the studied sample areas vary from 0.63 to 0.80.

The floral composition of the ground cover is mainly represented by species of the mesophyte group (87%). Depending on the illumination conditions, heliophytic (47%) and semigeliophytic species (38%), growing in a wide range of illumination predominate. Mesotrophic species predominate in terms of plant requirements for soil nutrition (89%). No plants from the oligotrophic group were found on the studied area.

The studied plant communities at this time stage are characterized by the predominance of meadow species (64%) with a significant participation of forest species (36%). Based on the analysis of the phytocenotic structure, it can be concluded that more than half of the species of living ground cover are accidental and temporary species that are weeds of forest nurseries of the Middle Taiga subzone (51%). At the same time, the abundance of most species of the weed group is less than one.

*The classification of phytocenotic activity of plants is given. The basis of the community consists of highly active species (*Deschampsia caespitosa* L., *Calamagrostis epigeios* L., *Trifolium pratense* L., *Rubus saxatilis* L., *Chamerion angustifolium* L.), most of which were represented at the glacier cutting before the creation of forest crops. Low-active and inactive species make up a significant part of the species spectrum (43%). Groups of low-active and inactive plants are characterized by high cenotic diversity.*

Keyword: phytocenosis, ecological- cenotic structure, forest crops, species occurrence, ground cover.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение растительности нижних ярусов на лесокультурных площадях играет важную роль в исследовании скорости лесовозобновительного процесса. Начиная с периода вырубki древостоя, происходит разрушение старой ассоциации и формирование нового растительного сообщества, при этом живой напочвенный покров изменяется и количественно, и качественно. Тенелюбивые и влаголюбивые виды вытесняются луговой и полевой растительностью, таким образом, происходит изменение жизненного состояния фитоценоза.

Роль напочвенного покрова весьма значительна и многосторонняя, прежде всего через изменение среды. Травянистая растительность определяет местный микроклимат, влияет на почву, создает биотическую среду, таким образом, создает определенные условия для развития древесных пород.

Изучение видового состава и структуры напочвенного покрова, а также его воздействие на рост древесных растений, с давних пор привлекало внимание лесоводов и геоботаников. Геоботанические и эколого-географические данные о лесном компоненте имеются в ряде работ [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14 и др.]. Все эти исследования основаны на эколого-фитоценотической оценке типологической структуры лесной растительности. Эколого-флористический подход для изучения лесных сообществ был использован в работах В. М. Шмидта [15], Е. П. Гнатюка [12], А. М. Крышени [13; 14], Н. А. Бабича [16] и др.

Несмотря на наличие целого ряда работ, видовое разнообразие, особенности распространения и экология растений напочвенного покрова лесокультурных объектов средней подзоны тайги остается слабо изученной. Таким образом, необходимо всестороннее изучение напочвенного покрова, определение наиболее активных видов, которые непременно влияют на ход лесовозобновительных процессов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнялись на опытных культурах сосны и ели Северного ННХ лесного хозяйства под руководством старшего научного сотрудника Б. А. Мо-

чалова в рамках научно-исследовательской работы по теме «Изучение состояния и роста лесных культур сосны обыкновенной до перевода в покрытую лесом площадь и молодняков 13–14-летнего возраста из посадочного материала с закрытой и открытой корневой системой в различных почвенных условиях на севере европейской части России, заложенных по российско-финским проектам» (2014–2016 гг.).

Опытные объекты по лесовосстановлению заложены на территории Каргопольского лесничества в юго-западной части Архангельской области в рамках Российско-Финляндского проекта «Устойчивое лесопользование в Каргопольском районе Архангельской области» (1999–2002 гг.). Культуры заложены навейниковой вырубке 1989 года из-под сосняка брусничного.

Заложены 23 пробные площади опытных лесных культур, которые различались возрастом и характеристикой используемого посадочного материала, методом создания лесных культур, и были созданы с целью проведения сравнительного анализа различных видов посадочного материала, различных способов подготовки почвы, а также искусственного и естественного лесовосстановления.

Основная задача наших исследований заключалась в изучении видового разнообразия напочвенного покрова и его эколого-ценотической структуры в зависимости от способов обработки почвы при создании лесных культур.

Видовое разнообразие растительных сообществ изучали маршрутным методом по всей территории лесокультурной площади, охватывая всевозможные лесорастительные условия. При геоботаническом описании отмечали проективное покрытие и обилие всех видов сосудистых растений, а также мхов и кустарников. На каждой пробной площади было заложено по 10–12 учетных площадок 1×1 м²; 0,5×2 м² в зависимости от микрорельефа участка. По результатам исследования выполнен таксономический и эколого-ценотический анализ флоры по общепринятым методикам [12; 14; 15; 17; 18].

Характеристика опытно-производственных культур представлена в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Видовое богатство растений на опытных участках лесных культур с разными способами подготовки почвы, изменяется в пределах от 32 до 39 видов. Коэффициенты сходства видового состава флор на исследуемых пробных площадях варьируют от 0,63 до 0,80. Наиболее близки между собой по видовому составу растительные группировки лесных культур с обработкой почвы ПЛД-1,2 и реконструкции лиственного молодняка (Коэффициент корреляции Спирмена $R = 0,80$). Сообщества растений напочвенного покрова лесных культур с обработкой почвы плугом ПЛП-135 более резко отличаются по видовому составу. Сходство видового состава флоры лесных культур с различными способами обработки почвы (ПЛП-135 и ПЛД-1,2) оказывается минимальным – $R = 0,63$ (табл. 2, рис. 1).

Экологическая структура флоры характеризует однородность условий существования на определенной территории. Растительный состав напочвенного покрова лесокультурной площади представлен в основном видами группы мезофитов – 87 %

(*Deschampsia caespitosa* L., *Rubus saxatilis* L., *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. и др.), около 11 % видов растений проявляют несколько повышенную гигрофильность (*Lerchenfeldia flexuosa* L. и др.) и на долю мезоксерофитов приходится около 2 % (*Calamagrostis epigeios* L.).

В зависимости от условий освещенности отмечены три группы растений живого напочвенного покрова: гелиофиты (47 %), в основной массе представленные луговыми растениями (*Chamerion angustifolium* L., *Vaccinium vitis-idaea* L. и др.); сциофиты (15 %), к которым относятся виды тенистых мест, не выносящие высокой освещенности и произрастающие в лесах, такие как *Athyrium filix-femina* L., *Dryopteris filix-mas* (L.) Scoth. и др.; семигелиофитные виды (38 %), представляющие переходную группу растений (*Equisetum arvense* L., *Rubus idaeus* L. и др.).

По фактору минерального и органического питания в почве виды распределились по двум группам: эутрофы (11 %) (*Urtica dioica* L. и др.) и мезотрофы (89 %) (*Stellaria graminea* L. и др.). По нашим данным не отмечены растения из группы олиготрофов.

Таблица 1

Характеристика опытно-производственных культур сосны и ели на начальных стадиях (второе десятилетие)

№ ПП	Характеристика посадочного материала	Густота, тыс. шт./га		Средние показатели (в возрасте лесных культур 15 лет)	
		исходная	в возрасте лесных культур 15 лет	Д, см	Н, м
Участок 1 – Лесные культуры. Обработка почвы плугом ПЛП-135					
1	Посев	(4,0) [*]	0,87	3,6±0,13	3,4
2	С. Сц. 1т. ПМЗК м	2,5	2,14	8,9±0,10	6,2
3	С. Сц. 1т. ПМЗК ф	2,5	2,27	8,6±0,12	6,3
4	С. Сц. 2 т	4,0	3,55	6,9±0,11	5,9
5	С. Сц. 3 л.	4,0	3,14	7,5±0,10	6,1
12	Е. Сц. 4 л.	3,5	–	–	1,8
12а	Е. Сц. 4 л.	3,5	–	–	1,6
13	Е. Сж. 4 л.	2,8	–	–	–
Участок 2 – Лесные культуры. Обработка почвы плугом ПЛД-1,2					
14	С. Сц. 1т ПМЗК, м	2,5	2,15	8,3±0,13	3,4
15	С. Сц. 2 т	4,0	3,07	7,5±0,11	6,2
17	Е. Сц. 3 л.	3,5	–	–	1,8
17а	Е. Сц. 4 л.	3,5	–	–	1,6
19	Е. Сж. 5(2+3) л.	3,5	–	–	2,2
Участок 3 – Лесные культуры. Обработка почвы плугом ПЛП-135. Реконструкция лиственного молодняка					
21	С. Сж. 4(2т+2). Нс	2,5	0,70	4,2±0,49	3,4
22	С. Сц. 1т ПМЗК	2,5	0,89	4,1±0,17	4,7
23	Е. Сж. 5(3+2)	2,8	–	4,4 ±0,37	–

Примечание: (4,0)* – на варианте посева за исходную густоту принято количество посевных мест. Породы: С – сосна; Е – ель. Возраст и характеристика: т – сеянцы из теплиц; ПМЗК – посадочный материал с закрытой корневой системой; м – выращенные на местном торфе; ф – выращенные на финском субстрате; Нс – из несортированных сеянцев.

Таблица 2

Сходство видового состава растений (коэффициент Спирмена) напочвенного покрова лесных культур (второе десятилетие)

Пробная лесокультурная площадь	Участок 1 – Подготовка почвы плугом ПЛП-135	Участок 2 – Подготовка почвы плугом ПЛД-1,2	Участок 3 – Подготовка почвы плугом ПЛП-135. Реконструкция лиственного молодняка
Участок 1 – Обработка почвы плугом ПЛП-135	1,00	0,63	0,71
Участок 2 – Обработка почвы плугом ПЛД-1,2	0,63	1,00	0,80
Участок 3 – Обработка почвы плугом ПЛП-135. Реконструкция лиственного молодняка	0,71	0,80	1,00

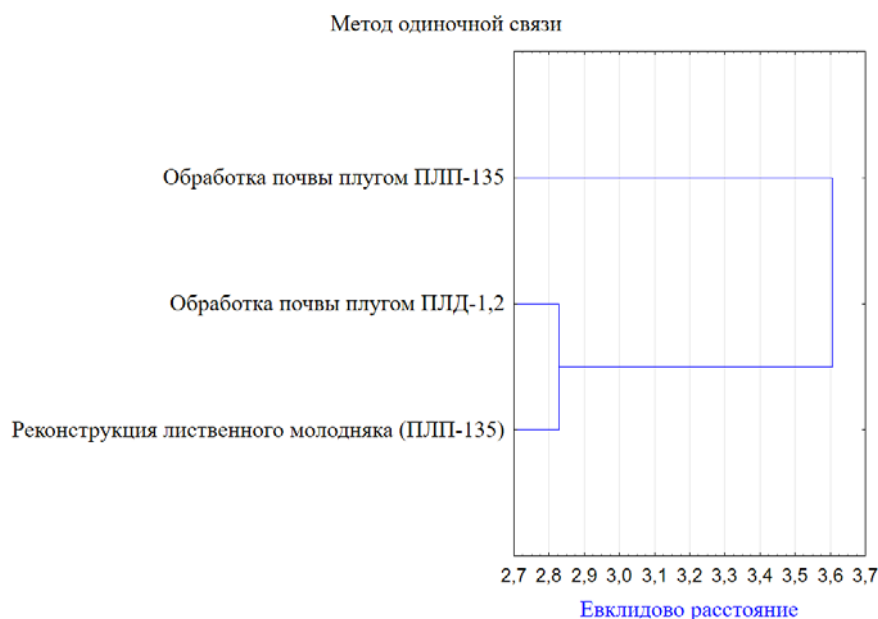


Рис. 1. Дендрограмма сходства растительных сообществ лесных культур с учетом различных способов подготовки почвы

Относительно богатые почвы и благоприятный режим увлажнения в условиях исследуемых участков обеспечивает высокое видовое разнообразие сообществ. Исследуемые растительные сообщества отличаются преобладанием луговых видов (64 %) при значительном участии лесных видов (36 %). Большую отрицательную роль в лесовозобновительном процессе играют злаковые растения, особенно такие, как *Deschampsia caespitosa* L. и *Calamagrostis epigeios* L., которые способствуют образованию плотной дерновины. В процессах задернения проявляются сложные взаимосвязи между растениями напочвенного покрова, древесными растениями и средой.

На основании проведенного анализа фитоценотической структуры можно сделать вывод, что более половины видов живого напочвенного покрова составляют случайные и временные виды, которые являются засорителями лесных питомников среднетажной подзоны (51 %). Несмотря на принадлежность растений к сорной составляющей, многие из них, например, *Chamerion angustifolium* L., благоприятно воздействуют на почвенную структуру.

Распределение растений по эколого-ценотическим группам довольно условно, так как одни и те же виды могут быть отнесены к разным группам. Таким образом, все виды сосудистых растений в составе напочвенного покрова опытных лесных культур были условно разбиты на пять групп по эколого-ценотическим признакам (рис. 1).

Примечание: шкала обилия видов по А. И. Мальцеву [18]: 1 – единичные растения; 2 – растения встречаются в незначительном количестве, но теряются среди массы культурных растений; 3 – растения встречаются в большом количестве, но культуры преобладают; 4 – растения преобладают количественно над культурными растениями

Обилие большинства видов группы сорных растений составляет меньше единицы, т.е. они встречались по пробным площадям единично, либо отсутствовали

вовсе. Занос семян растений этой группы обусловлен лесохозяйственными работами (обработка почвы, посев, посадка сеянцев и саженцев). Несмотря на незначительное обилие, сорные растения могут увеличить свою численность в отдельные периоды благодаря высокой репродуктивной функции. Основу группы видов с обилием 3 балла и выше составляют виды с интенсивным вегетативным размножением, обильно произрастающие на участках: *Deschampsia caespitosa* L., *Calamagrostis epigeios* L., *Trifolium pratense* L. и др.

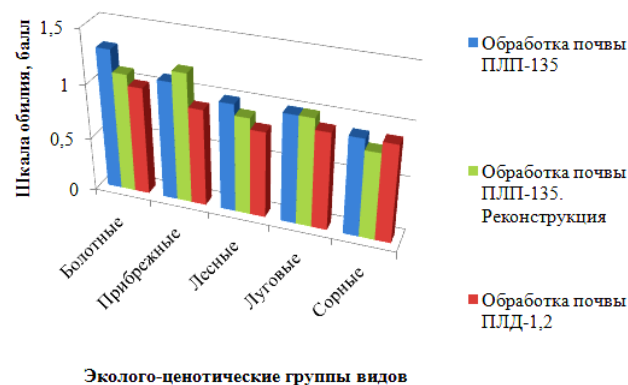


Рис. 2. Распределение видов сосудистых растений по ценоотическим группам и изменение их обилия по опытным участкам

Богатство и изменчивость видового состава напочвенного покрова опытных лесных культур позволило применить разработанную нами классификацию «активности растений» [19]. Активность вида подчеркивает соответствие данных условий местопроизрастания совокупности эколого-биологических свойств данного вида. Рассмотрение активности видов дополняет флористический анализ и позволяет оценить их позиции в конкретном растительном сообществе. В массиве описаний было выделено 5 групп по признакам фитоценотической активности видов (табл. 3):

– высокоактивные – это виды растений с постоянством более 60 % и наибольшим обилием (3...4 балла), встречающиеся в сообществах повсеместно;

– активные – это виды с постоянством (41...80 %) и значительным обилием (2...3 балла), встречающиеся в большинстве заложённых пробных площадок;

– среднеактивные – это виды с постоянством 21...60 %, довольно многочисленные по числу особей, достигающие проективного покрытия 1...5 % (2 балла засоренности), встречающиеся в отдельных сообществах;

– малоактивные – это виды, имеющие низкое постоянство (менее 40 %) и проективное покрытие менее 1 % (1 балл засоренности), встречавшиеся не на всех заложённых пробных площадках;

– неактивные – это виды, имеющие низкое постоянство (менее 20 %), произрастающие единично (1 балл засоренности).

По результатам фитоценологического анализа определили, что основу сообщества составляют высокоактивные виды (*Deschampsia caespitosa* L., *Calamagrostis epigeios* L., *Trifolium pratense* L., *Rubus saxatilis* L., *Chamerion angustifolium* L.), наиболее распространённые по всей лесокультурной площади, отличающиеся высоким обилием. Группа высокоактивных видов достаточно многочисленна и включает 15 видов – около 33 % видового состава флоры. Большинство видов были представлены на вейниковой вырубке (1999) до создания лесных культур.

Группу активных видов (13 % флоры) также можно рассматривать как наиболее приспособленные к условиям фитоценозов и считать достаточно активными, несмотря на то, что виды не были отмечены на всех пробных площадях (*Rubus idaeus* L., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.). По ценотической приуроченности абсолютное большинство высокоактивных и активных видов являются лесными и луговыми.

Среднеактивные виды (11 %) относятся к промежуточной группе активности и отличаются более узким диапазоном толерантности к экологическим условиям. Например, такой вид как *Dryopteris filix-mas* (L.) Scothott. является более требовательным к почвенному питанию.

Малоактивные и неактивные виды составляют значительную часть видового спектра (43 %) и встречались преимущественно в небольшом количестве и зачастую единичными растениями, либо только на отдельных участках. К малоактивной группе (8 видов) мы отнесли такие временные виды как *Equisetum pratense* L., *Alchemilla vulgaris* L., *Athyrium filixfemina* L., а также по сути неактивные виды (*Cirsium arvense* (L.) Scop., *Leucanthemum vulgare* Lam.), отнесенные в эту группу из-за более широкого распространения. Ценотический спектр малоактивных и неактивных растений становится более разнообразным. Наибольший вклад вносит фракция луговых растений (*Phleum pratense* L., *Festuca pratensis* Huds., *Poa pratensis* L. и др.).

Таблица 3

Систематическая структура напочвенного покрова лесных культур по классам фитоценологической активности

Семейство	Количество видов			10-летняя вырубка (1999)
	с учетом обработки почвы орудиями:			
	ПЛП-135	ПЛД-1,2	ПЛП-135 (реконструкция)	
Неактивные виды				
Злаковые <i>Poaceae</i>	4	3	2	—
Лютиковые <i>Ranunculaceae</i>	0	1	0	1
Зонтичные <i>Apiaceae</i>	1	0	0	—
Первоцветные <i>Primulaceae</i>	0	0	1	1
Норичниковые <i>Scrophulariaceae</i>	2	0	0	—
Сложноцветные <i>Asteracea</i>	0	0	1	—
Всего видов	7	4	4	2
Малоактивные виды				
Кочедыжниковые <i>Athyriaceae</i>	1	0	1	—
Хвощевые <i>Equisetaceae</i>	1	1	1	—
Злаковые <i>Poaceae</i>	1	1	1	—
Розовые <i>Rosaceae</i>	0	1	1	—
Кисличные <i>Oxalidaceae</i>	1	0	1	—
Сложноцветные <i>Asteracea</i>	2	1	1	—
Всего видов	6	4	6	0
Среднеактивные виды				
Аспидиевые <i>Aspidiaceae</i>	1	1	1	—
Хвощевые <i>Equisetaceae</i>	1	1	1	1
Лилейные <i>Liliaceae</i>	1	0	1	—
Норичниковые <i>Scrophulariaceae</i>	1	1	1	—
Политриховые <i>Polytrichaceae</i>	1	0	1	—
Всего видов	5	3	5	1
Активные виды				
Крапивные <i>Urticaceae</i>	1	1	1	—

Окончание таблицы 3

Семейство	Количество видов			
	с учетом обработки почвы орудиями:			10-летняя вырубка (1999)
	ПЛП-135	ПЛД-1,2	ПЛП-135 (реконструкция)	
Розовые <i>Rosaceae</i>	1	1	1	1
Вересковые <i>Ericaceae</i>	1	1	1	—
Мареновые <i>Rubiaceae</i>	1	1	1	—
Колокольчиковые <i>Campanulaceae</i>	1	1	1	—
Энтодонтовые <i>Entodontaceae</i>	1	1	1	1
Всего видов	6	6	6	2
Высокоактивные виды				
Злаковые <i>Poaceae</i>	2	2	2	2
Гвоздичные <i>Caryophyllaceae</i>	1	1	1	1
Розовые <i>Rosaceae</i>	3	3	3	2
Бобовые <i>Fabaceae</i>	2	2	2	—
Гераниевые <i>Geraniaceae</i>	1	1	1	—
Зверобойные <i>Guttiferae</i>	1	1	1	—
Фиалковые <i>Violaceae</i>	1	1	1	—
Кипрейные <i>Onagraceae</i>	1	1	1	1
Зонтичные <i>Apiaceae</i>	1	1	1	—
Вересковые <i>Ericaceae</i>	1	1	1	—
Ворсянковые <i>Dipsacaceae</i>	1	1	1	1
Всего видов	15	15	15	7

Появляются болотные и прибрежные растения (*Leucanthemum vulgare* Lam. и др.). Увеличивается представленность видов, являющихся основными засорителями лесных питомников среднетаежной подзоны (*Elytrigia repens* L., *Alchemilla acutiloba* Opiz. и др.). Присутствие большого количества неактивных и малоактивных видов растений в напочвенном покрове лесных культур определяется, на наш взгляд, в основном антропогенным фактором: занос семян и плодов растений с посадочным материалом или с помощью техники с обочин дорог и др.

Таким образом, классификация активности видов четко выделяет крайние группы высокоактивных и неактивных видов, доля которых составляет 33 % и 24 % соответственно, в то время как все промежуточные группы представляют собой непрерывный ряд переходных форм. Подавляющее большинство входящих в напочвенный покров высокоактивных и активных видов являются лесными и луговыми растениями. Отмечено эколого-ценотическое разнообразие малоактивной и неактивной группы растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс создания лесных культур влечет за собой изменение лесорастительных условий за счет обработки почвы почвообрабатывающей техникой. Наибольшие изменения происходят с живым напочвенным покровом. На начальных стадиях (второе десятилетие) формирования лесных культур в результате значительных нарушений почвенно-растительного покрова, отмечено высокое видовое разнообразие растительных сообществ. Основу сообщества составляют высокоактивные виды (*Deschampsia caespitosa* L., *Calamagrostis epigeios* L., *Trifolium pretense* L., *Rubus saxatilis* L., *Chamerion angustifolium* L.). Группа высокоактивных видов составляет 33 % видового состава флоры. Группа неактивных и малоактивных

видов (43 %) обладает высоким ценотическим разнообразием и представлена в основном луговыми растениями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бельков В. П. Особенности главнейших видов травяного покрова вырубков в кисличниках и черничниках. Л., 1957. 35 с.
2. Бельков В. П., Омеляненко А. Я., Мартынов А. Н. Регулирование травяного покрова в лесу. М. : Лесн. пром-ть, 1974. 112 с.
3. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л. : ЛГУ, 1964. 445 с.
4. Работнов Т. А. Количественные методы анализа растительности. Рига, 1971. С. 230–234.
5. Работнов Т. А. Фитоценология. М. : МГУ, 1978. 384 с.
6. Раменский Л. Г. Избранные работы: Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л. : Наука, 1971. 334 с.
7. Раменская М. Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л. : Лен. отд-ие, 1983. 216 с.
8. Протопопов В. В. Микроклиматические условия в зарослях кипрея (*Chamaenerium angustifolium* (L.) Scop.) // Ботанический журнал. 1959. Т. 44, № 8. С. 1143–1148.
9. Миркин Б. М. Что такое растительные сообщества. М. : Наука, 1986. 164 с.
10. Куусела К. Динамика бореальных хвойных лесов. Хельсинки: SITRA, 1991. 210 с.
11. Чижов Б. Е. Регулирование травяного покрова при лесовосстановлении. М. : ВНИИЛМ, 2003. 174 с.
12. Гнатюк Е. П., Крышень А. М. Методы исследования ценофлор (на примере растительных сообществ вырубков Карелии) : учебно-методическое пособие. Петрозаводск, 2005. 68 с.

13. Крышень А. М., Соколов А. И., Харитонов В. А. Зависимость роста саженцев ели от травянистой растительности на вырубках // Лесоведение. 2001. № 2. С. 41–45.

14. Крышень А. М. Растительные сообщества вырубок Карелии. М. : Наука, 2006. 262 с.

15. Шмидт В. М. Флора Архангельской области. СПб. : С.-Петербург. ун-т, 2005. 346 с.

16. Бабич Н. А., Нечаева И. С. Сорная растительность лесных питомников : монография. Архангельск : Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. 187 с.

17. Огиевский В. В., Хиров А. А. Обследование и исследование лесных культур. Л. : ЛТА, 1967. 50 с.

18. Мальцев А. И. Сорная растительность СССР и меры борьбы с нею. М.-Л. : Сельхозгиз, 1936. 317 с.

19. Коновалова И. С., Бабич Н. А., Марич С. Н. Фитоценотическая значимость сорных растений лесных питомников // ИВУЗ Лесной журнал. 2014. № 1 (337). С. 37–44.

REFERENCES

1. Belkov V. P. *Osobennosti glavneishih vidov travyanogo pokrova virubok v kislichnikah i chernichnikah* [Features of the main types of grass cover of cuttings in sour and blueberry fields]. L., 1957. 35 p.

2. Belkov V. P., Omelianenko A. Ya., Martynov A. N. *Regulirovanie travyanogo pokrova v lesu* [Regulation of grass cover in the forest]. M.: Lesn. prom-t, 1974. 112 p.

3. Shennikov A. P. *Vvedenie v geobotaniku* [Introduction to geobotany]. L. : LSU, 1964. 445 p.

4. Rabotnov T. A. *Kolichestvennye metody analiza rastitelnosti* [Quantitative methods of vegetation analysis]. Riga, 1971. pp. 230–234.

5. Rabotnov T. A. *Fitocenologiya* [Phytocenology]. Moscow : MSU, 1978. 384 p.

6. Ramenskiy L. G. *Izbrannie raboti: Problemi i metody izucheniya rastitelnogo pokrova* [Selected works: Problems and methods of studying vegetation cover]. L. : Nauka, 1971. 334 p.

7. Ramenskaya M. L. *Analiz flori Murmanskoi oblasti i Karelii* [Analysis of the flora of the Murmansk region and Karelia]. L. : Leningrad, 1983. 216 p.

8. Protopopov V. V. Microclimatic conditions in the thickets of cypress (*Chamaenerium angustifolium* (L.)

Scop.) // *Botanicheskii jurnal* [Botanical Journal]. 1959. Vol. 44. No. 8. pp. 1143–1148.

9. Mirkin B. M. *Chto takoe rastitelnie soobshchestva* [What are plant communities]. M. : Nauka, 1986. 164 p.

10. Kuusela K. *Dinamika borealnih hvoinih lesov* [Dynamics of boreal coniferous forests]. Helsinki : SETA, 1991. 210 p.

11. Chizhov B. E. *Regulirovanie travyanogo pokrova pri lesovosstanovlenii* [Regulation of grass cover during reforestation]. M. : VNIILM, 2003. 174 p.

12. Gnatyuk E. P., Kryshen A. M. *Metodi issledovaniya cenoflor (na primere rastitelnih soobshchestv virubok Karelii)* [Methods of studying the cenoflora (on the example of plant communities of cuttings in Karelia)] : educational and methodical manual. Petrozavodsk, 2005. 68 p.

13. Kryshen A. M., Sokolov A. I., Kharitonov V. A. *Zavisimost rosta sajencev eli ot travyanistoi rastitelnosti na virubkah* [Dependence of the growth of spruce seedlings on herbaceous vegetation in cuttings] // *Lesovedenie*. 2001. No. 2. pp. 41–45.

14. Kryshen A. M. *Rastitelnie soobshchestva virubok Karelii* [Plant communities of cuttings in Karelia]. M. : Nauka, 2006. 262 p.

15. Schmidt V. M. *Flora Arhangelskoi oblasti* [Flora of the Arkhangelsk region]. St. Petersburg : St. Petersburg University, 2005. 346 p.

16. Babich N. A., Nechaeva I. S. *Sornaya rastitelnost lesnih pitomnikov* [Weedy vegetation of forest nurseries]: monograph. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University, 2010. 187 p.

17. Ogievsky V. V., Hiron A. A. *Obsledovanie i issledovanie lesnih kultur* [Survey and research of forest crops]. L. : LTA, 1967. 50 p.

18. Maltsev A. I. *Sornaya rastitelnost SSSR i meri borbi s neyu* [Weedy vegetation of the USSR and measures to combat it]. M.-L. : Selkhozgiz, 1936. 317 p.

19. Konovalova I. S., Babich N. A., Marich S. N. Phytocenotic Importance of weed plants in forest nurseries // *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. 2014. no. 1 (337). pp. 37–44.

© Коновалова И. С., Коновалов Д. Ю.,
Бабич Н. А., 2023

Поступила в редакцию 20.10.2022
Принята к печати 10.05.2023

ВЛИЯНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА СТЕПЕНЬ ИНТРОГРЕССИВНОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ ЕЛИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ**А. В. Смирнов, Р. С. Хамитов**

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина
Российская Федерация, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2
E-mail: r.s.khamitov@mail.ru

Выявление влияния географического фактора на интрогрессивную гибридизацию популяций ели необходимо для организации лесного семеноводства на генетико-селекционной основе. В работе приведены результаты комплексной оценки степени гибридизации елей европейской и сибирской в популяциях центральной части Вологодской области. В качестве маркеров использовали признаки изменчивости строения шишек, предложенные И. А. Корневым (2008). Исследованиями показано наличие существенных отличий морфометрических параметров шишек в популяциях рассматриваемой части ареала, а также по уровню их вариации. Среди исследуемых популяций по признакам качественной изменчивости (угол заостренности семенных чешуй, форма недоразвитых чешуй, форма бокового края семенных чешуй, тип окончания семенных чешуй) максимальный средний балл, определяемый по методике И. А. Корнева отмечен у вологодской популяции. Комплексная балльная оценка морфометрических параметров шишек позволила выявить значительные отличия по степени гибридизации между исследуемыми популяциями. В целом подтверждены принципиальные положения интрогрессии популяций у ели в пределах севера Восточно-Европейской равнины. Наиболее выражено увеличение влияния ели сибирской с продвижением с запада на восток по линии Харовск – Сямжа – Тотма. Результаты исследований указывают, что степень интрогрессивной гибридизации обусловлена и орографическим фактором. На степень интрогрессивной гибридизации оказывает влияние приуроченность тотемской популяции к берегам реки Сухоны. В работе сделано заключение, что степень гибридизации популяций елей европейской и сибирской связана с их географическим положением. Этот фактор следует учитывать при осуществлении селекционной работы. При отборе рекомендуется отдавать предпочтение особям доминирующих гибридных форм.

Ключевые слова: ель европейская, ель сибирская, популяция, интрогрессивная гибридизация, селекция.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 238–242

THE INFLUENCE OF THE GEOGRAPHICAL FACTOR ON THE DEGREE OF INTROGRESSIVE HYBRIDIZATION OF SPRUCE POPULATIONS IN THE CENTRAL PART OF THE VOLOGDA OBLAST**A. V. Smirnov, R. S. Khamitov**

Vologda State Dairy Farming Academy named after N. V. Vereshchagin
2, Schmidt str., Molochnoye village, Vologda, Russian Federation
E-mail: r.s.khamitov@mail.ru

The identification of the influence of the geographical factor on the introgressive hybridization of spruce populations is necessary for the organization of forest seed production on a genetic-breeding basis. The paper presents the results of a comprehensive assessment of the degree of hybridization of European and Siberian spruce in the populations of the central part of the Vologda Oblast. The signs of the variability of the structure of cones proposed by I. A. Korenev (2008) were used as markers. Studies have shown the presence of significant differences in the morphometric parameters of cones in the populations of the considered part of the area, as well as in the level of their variation. Among the studied populations according to the signs of qualitative variability (the angle of sharpness of seed scales, the shape of underdeveloped scales, the shape of the lateral edge of seed scales, the type of termination of seed scales) the maximum average score determined by the method of I. A. Korenev was noted in the Vologda population. A comprehensive score assessment of the morphometric parameters of the cones revealed significant differences in the degree of hybrid between the studied populations. In general, the principal points of introgression of spruce populations within the north of the East European Plain have been confirmed. The increase in the influence of Siberian spruce is most pronounced as it moves from west to east along the line Kharovsk – Syamzha – Totma. The research results indicate that the degree of introgressive hybridization is also conditioned by the orographic factor. The degree of introgressive hybridization is influenced by the confinement of the Totma population to the banks of the Sukhona river. The article concludes that the degree of hybridization of European and Siberian spruce populations is connected with their geographical location. This factor should be taken into account when carrying out breeding work. When selecting, it is recommended to give preference to individuals of the dominant hybrid forms.

Keywords: European spruce, Siberian spruce, population, introgressive hybridization, breeding.

ВВЕДЕНИЕ

На обширной территории Севера европейской части России популяции ели имеют сложный формовой состав, представленный сочетанием особей ели европейской и ели сибирской с различной степенью их гибридной [1; 2; 3; 4; 9]. Согласно предположения Д. Е. Румянцева степень гибридной ели естественных популяций обусловлена антропогенным фактором. По мнению исследователя, на этих территориях первоначально господствовала ель сибирская. Однако, подсечно-паловая форма земледелия способствовала изменению генетической структуры популяций [4]. Наиболее активно при такой форме земледелия использовались земли вблизи крупных рек, вдоль которых осуществлялось освоение новых территорий.

Степень гибридной ели в ареале обоих видов обусловлена географически. В различных районах общего ареала ели европейской и ели сибирской наблюдается сильная изменчивость по наружному краю семенной чешуи. Первостепенное значение при изучении морфологической изменчивости европейской и сибирской елей имеют такие показатели как морфология и размеры шишек, а также форма семенных чешуй [1; 5; 6; 7]. Такая вариабельность, равно как и длина шишек обусловлена межвидовой гибридной ели европейской и сибирской. Так, Л. Ф. Правдин отмечает, что длина шишек ели в пределах ее непрерывного ареала постепенно уменьшается с запада на восток [1].

Исследования популяционно-генетической структуры ели необходимо, в первую очередь, для теоретического обоснования селекционных работ, направленных на сохранение, улучшение и воспроизводство генетического потенциала этого ценного лесообразователя [10; 11]. Исследования климатических ели в России показали различную интенсивность их роста и устойчивость к неблагоприятным условиям среды. Весьма вероятно, что форма семенной чешуи имеет и адаптивное значение. Это обусловлено тем, что длина семенных чешуй оказывает влияние на сроки выпадения семян из шишек. У ели сибирской, для которой характерны шишки с округлыми семенными чешуями, более короткими по своей длине, выпадение семян происходит обычно раньше в октябре – ноябре (до установления устойчивого снежного покрова). Напротив, ели европейской свойственно более позд-

нее выпадение семян, вследствие несколько большей длины семенных чешуек. Выпадая из таких шишек, семена в феврале-марте оказываются на поверхности снежного наста, по которому они разносятся на значительное расстояние [4]. Вместе с этим, гибридной ели с преобладанием признаков ели европейской свойственна меньшая энергия прорастания, всхожесть, масса 1000 штук семян и большее содержание пустых семян [7]. Использование сведений о степени интрогрессивной гибридной ели весьма полезно для организации лесного семеноводства на генетико-селекционной основе даже на региональном уровне. В этой связи актуально выявление влияния географического фактора на интрогрессивную гибридную ели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованиями были охвачены вологодская, грязовецкая, сокольская, сямженская, тотемская и харовская популяции, произрастающие в насаждениях соответствующих районов Вологодской области (рис. 1).

Обследование популяций осуществлялось путем отбора образцов шишек маршрутным методом. Общая протяженность каждого маршрута составляла около 10 км. Примерно через каждые 100 м, при наличии ели на маршрутном пути, с земли собирали по 15 шишек. При этом отмечали тип леса исследуемого насаждения. В лабораторных условиях штангенциркулем измеряли длину и ширину шишек в закрытом состоянии сразу же после сбора.

Для комплексной оценки степени гибридной ели европейской и сибирской была использована методика Л. Ф. Правдина (1975) [1] по признакам предложенным И. А. Корневым [8]. Шишки разрушали для отделения семенных чешуй (по 11 шт. из каждой) в проксимальной части шишки. У каждой исследуемой чешуйки штангенциркулем измеряли длину, ширину и длину наружного конца чешуи. По заранее изготовленным шаблонам определяли угол заострения семенной чешуи. Форму наружного окончания семенной чешуи, форму бокового края чешуек и тип окончания семенной чешуи оценивали в баллах. Из дистальной части шишки извлекали недоразвитую стерильную чешуйку для определения ее формы. Для каждой шишки определяли среднюю выраженность признака в баллах как среднеарифметическое значение.



Рис. 1. Географическое расположение популяций ели в центральной части Вологодской области: 1 – вологодская; 2 – грязовецкая; 3 – сокольская; 4 – сямженская; 5 – тотемская; 6 – харовская

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Между исследуемыми популяциями выражены существенные отличия по ряду показателей морфометрических признаков шишек (табл. 1).

Наибольшая длина шишек отмечается в вологодской популяции ($93,7 \pm 1,0$ мм), а наименьшая в грязовецкой ($79,7 \pm 0,7$ мм). Различие по этому показателю достоверно на 5% уровне значимости ($t_{\phi} > t_{05}$). При этом отличие по диаметру шишек между данными популяциями отсутствует. Наибольший диаметр шишек в сокольской популяции ($28,0 \pm 0,2$ мм), а наименьший сямженской ($22,6 \pm 0,2$ мм). Достоверность различий между данными популяциями существенна на 5% уровне значимости ($t_{\phi} > t_{05}$). Наибольшая длина семенных чешуй в тотемской популяции ($21,0 \pm 0,2$ мм), а наименьшая в сокольской ($21,0 \pm 0,2$ мм). Для вологодской популяции также характерно образование шишек с самой большой шириной семенных чешуй ($17,0 \pm 0,2$ мм). При этом для грязовецкой, где отмечалась малая длина шишек, ширина семенных чешуй также минимальна ($12,9 \pm 0,1$ мм). Существенность различий доказана при уровне доверительной вероятности 0,95 ($t_{\phi} > t_{05}$). Максимальная длина наружных окончаний семенных чешуй шишек характерна для сокольской популяции ($7,4 \pm 0,1$ мм), а минимальная для сямженской ($4,3 \pm 0,1$ мм). Различие по этому показателю достоверно на 5 % уровне значимости ($t_{\phi} > t_{05}$).

Выраженные отличия отмечены также и по уровню вариации биометрических параметров шишек (табл. 2).

Длина шишек во всех рассматриваемых популяциях варьирует в свойственных для данного параметра пределах на низком (сокольская и тотемская популяции) и среднем уровне по шкале Мамаева (1973).

Наиболее выражена флуктуация этого признака в грязовецкой популяции ($C = 17,0$ %). Для сокольской и тотемской популяций также свойственна низкая изменчивость диаметра шишек ($C = 11,9$ %; 11,8 % соответственно). В наибольшей степени (на среднем уровне) варьирует этот показатель в вологодской популяции ($C = 17,6$ %). Длина семенных чешуй флуктуирует в аналогичной степени.

На низком уровне, как и у рассмотренных выше биометрических признаков, изменчивость длины семенных чешуй у в ельниках Сокольского ($C = 10,8$ %) и Тотемского районов ($C = 9,9$ %). Варьирование ширины семенной чешуи у различных популяций от низкого (тотемская) до высокого уровня (вологодская). Длина наружных окончаний семенных чешуй по своей изменчивости внутри популяций отличается от других показателей. Вариация этого признака, выраженная как на низком, так и на высоком уровне максимальна в харовской популяции.

Вместе с этим линейные биометрические параметры шишек не дают возможности дать полную оценку степени гибридизации. Характер изменчивости ряда признаков можно оценить по средней балльной оценке (табл. 3).

Ряд важных признаков шишек, позволяющих дать комплексную оценку степени гибридизации, не имеет характера выраженной клинальной изменчивости и определяется лишь системой балльной оценки. Среди исследуемых популяций, как правило по этим признакам (угол заостренности семенных чешуй, форма недоразвитых чешуй, форма бокового края семенных чешуй, тип окончания семенных чешуй) максимальный средний балл у вологодской популяции. Наиболее высокую оценку по форме наружного конца семенных чешуй имеют шишки из харовской популяции.

Таблица 1
Биометрические показатели шишек

Популяция	Показатели морфометрических признаков, мм				
	длина шишек	диаметр шишек	длина семенных чешуй	ширина семенных чешуй	длина наружных окончаний семенных чешуй
Вологодская	$93,7 \pm 1,0$	$23,4 \pm 0,2$	$19,1 \pm 0,2$	$17,0 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,1$
Грязовецкая	$79,7 \pm 0,7$	$23,6 \pm 0,2$	$20,0 \pm 0,1$	$12,9 \pm 0,1$	$7,2 \pm 0,1$
Сокольская	$89,9 \pm 0,6$	$28,0 \pm 0,2$	$18,1 \pm 0,1$	$15,6 \pm 0,1$	$7,4 \pm 0,1$
Сямженская	$84,9 \pm 0,9$	$22,6 \pm 0,2$	$19,9 \pm 0,2$	$15,3 \pm 0,1$	$4,3 \pm 0,1$
Тотемская	$93,2 \pm 1,1$	$24,0 \pm 0,3$	$21,0 \pm 0,2$	$15,0 \pm 0,1$	$6,0 \pm 0,1$
Харовская	$83,9 \pm 0,6$	$23,6 \pm 0,2$	$20,3 \pm 0,1$	$15,9 \pm 0,1$	$4,4 \pm 0,1$

Таблица 2
Изменчивость биометрических показателей шишек

Популяция	Коэффициент вариации морфометрических признаков (C), %				
	длина шишек	диаметр шишек	длина семенных чешуй	ширина семенных чешуй	длина наружных окончаний семенных чешуй
Вологодская	15,5	17,6	14,3	20,9	26,4
Грязовецкая	17,0	17,5	13,0	15,1	21,9
Сокольская	11,8	11,9	10,8	12,5	10,3
Сямженская	15,4	12,8	16,8	13,6	32,4
Тотемская	11,8	11,8	9,9	8,7	16,3
Харовская	13,5	13,2	12,8	14,4	29,0

Напротив, у тотемской популяции по ряду таких признаков (угол заостренности семенных чешуй, форма бокового края семенных чешуй, тип окончания семенных чешуй) средняя оценка минимальна. Наименьшие средние оценки отмечаются и у сокольской популяции (форма недоразвитых чешуй, форма наружного конца семенных чешуй).

К той или иной группе степени гибридизации в соответствии с положениями Л. Ф. Правдина [1] отобранные образцы шишек позволяет отнести сумма баллов оцениваемых признаков. Проведенная комплексная оценка морфологических особенностей шишек позволила сделать заключение о достаточно выраженной степени гибридизации ели в исследуемых популяциях (табл. 4).

Между популяциями выражены значительные отличия по степени гибридизации. Результаты оценки встречаемости гибридных форм в целом подтверждают принципиальные положения интрогрессии популяций ели в пределах севера Восточно-Европейской

равнины. Наиболее выражено увеличение влияния ели сибирской с продвижением с запада на восток по линии Харовск – Сямжа – Тотьма.

Кроме того, степень интрогрессивной гибридизации обусловлена и орографическим фактором. В тотемской популяции, расположенной близ реки Сухо-на, для которой также свойственно низкое варьирование биометрических параметров шишек отмечается самая высокая представленность особей гибридной ели с равнозначными признаками сибирской и европейской елей.

Эти данные вполне согласуются с результатами исследований, проведенных А. М. Комаровой в Архангельской области, которая показала, что участие гибридных форм возрастает по направлению к Северной Двине [5]. Вполне вероятно, что влияние орографии связано с антропогенным воздействием – районы вдоль берегов рек заселялись людьми раньше, являлись более густонаселенными и в большей степени подвергались их влиянию [7].

Таблица 3

Средние баллы комплексной оценки морфологических признаков шишек ели в естественных и искусственных насаждениях

Признаки	Средний балл оценки признака по популяциям					
	Вологодская	Грязовецкая	Сокольская	Сямженская	Тотемская	Харовская
Длина шишки	1,13	0,46	1,01	1,32	1,22	0,72
Толщина шишки	1,67	1,66	1,98	1,89	1,88	1,81
Длина семенных чешуй	0,17	0,39	0,07	0,67	0,62	0,66
Длина наружного конца семенных чешуй	1,44	0,38	0,43	1,27	0,05	1,34
Ширина семенных чешуй	0,26	0,57	1,24	0,13	1,11	0,18
Угол заостренности семенных чешуй	2,83	1,14	2,20	2,59	1,09	2,66
Форма недоразвитых чешуй	1,13	0,64	0,62	0,97	0,72	0,99
Форма бокового края семенных чешуй	1,32	1,02	0,86	1,27	0,80	1,09
Форма наружного конца семенных чешуй	1,13	1,25	0,90	1,25	0,97	1,48
Тип окончания семенных чешуй	1,12	1,05	1,01	1,07	0,88	1,02

Таблица 4

Представленность шишек по группам соответствия степени гибридизации

Группа	Сумма баллов	Встречаемость шишек по популяциям						Степень гибридизации
		Вологда	Грязовец	Сокол	Сямжа	Тотьма	Харовск	
1	0-3	0	0,02	0	0	0	0	Типичная ель сибирская
2	4-7	0,05	0,34	0,15	0,14	0,18	0,05	Гибридная ель с преобладанием признаков ели сибирской
3	8-11	0,42	0,50	0,44	0,37	0,74	0,35	Гибридная ель с равнозначными признаками елей сибирской и европейской
4	12-15	0,46	0,14	0,40	0,37	0,08	0,49	Гибридная ель с преобладанием признаков ели европейской
5	16-19	0,07	0	0,01	0,12	0	0,10	Типичная ель европейская
Средний уровень гибридизации		3,55	2,76	3,27	3,47	2,9	3,61	–

ВЫВОДЫ

Вышеизложенное позволяет заключить, что степень гибридизации популяций елей европейской и сибирской связана с их географическим положением, что следует учитывать при осуществлении селекционной работы. Отбор плюсовых деревьев следует осуществлять среди наиболее распространенных гибридных форм. Использование семенного потомства отобранных гибридных форм подразумевает, что избежать полного отсутствия разнообразия во вновь создаваемых насаждениях не удастся. Тем не менее, весьма вероятным следствием отбора перспективных гибридных групп окажется доминирование в искусственных насаждениях особей таких форм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Правдин Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР М. : Наука, 1975. 200 с.
2. Сравнительная оценка фенотипического и генетического разнообразия северотаежных малонарушенных популяций ели финской / А. А. Ильинов, Б. В. Раевский, О. А. Рудковская, Л. В. Топчиева // Труды Карельского научного центра РАН. № 7. Петрозаводск, 2011. С. 37–47.
3. Путенихин В. П. Популяционная структура и сохранение генофонда хвойных видов на Урале: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 06.03.01 / Путенихин Валерий Петрович. Красноярск, 2000. 48 с.
4. Румянцев Д. Е. Роль антропогенного фактора в географической дифференциации популяции ели Русской равнины по фену формы семенной чешуи // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2010. С. 218–224.
5. Попов П. П. Изменчивость показателей длины шишек и формы семенных чешуй ели сибирской в сибирской части ареала // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. № 12. 2012. С. 92–97.
6. Попов П. П. Ель сибирская в западной части ареала : автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.16, 06.03.01 / Попов Петр Петрович. Красноярск, 1991. 35 с.
7. Хамитов Р. С., Бабич Н. А., Енальский А. П. Изменчивость качества семян ели на лесосеменной плантации в зоне интрогрессивной гибридизации. Вологда–Молочное : Вологодская ГМХА, 2017. 122 с.
8. Корнев И. А. Продуктивность ели в связи с морфологической изменчивостью вида в подзоне южной тайги : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / Корнев Игорь Александрович. М., 2008. 22 с.
9. Krutovskii K.V. Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L.) Karst., and Siberian, *P. obovata* Ledeb., spruce species studied by isozyme loci / K. V. Krutovskii, F. Bergmann // *Heredity*. № 74. 1995. P. 464–480.
10. Путенихин В. П., Фарушкина Г. Г. Методы сохранения генетической гетерогенности при создании искусственных «популяций» лесообразующих видов

// Хвойные бореальной зоны. 2007. Т. 24, № 2-3. С. 272–278.

11. Бабич Н. А., Комарова А. М., Соколова Е. Б. Формы ели и их лесосеменное значение // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2010. № 4. С. 22–28.

REFERENCES

1. Pravdin L. F. *El' evropeyskaya i el' sibirskaya v SSSR* M. : Nauka, 1975. 200 s.
2. *Sravnitel'naya otsenka fenotipicheskogo i geneticheskogo raznoobraziya severotayezhnykh malonarushennykh populyatsiy eli finskoy* / A. A. Il'inov, B. V. Rayevskiy, O. A. Rudkovskaya, L. V. Topchiyeva // *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*. № 7. Petrozavodsk, 2011. S. 37–47.
3. Putenikhin V. P. *Populyatsionnaya struktura i sokhraneniye genofonda khvoynnykh vidov na Urale: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk: 06.03.01* / Putenikhin Valeriy Petrovich. Krasnoyarsk, 2000. 48 s.
4. Rummyantsev D. E. *Rol' antropogennogo faktora v geograficheskoy differentsiatsii populyatsii eli Russkoy ravniny po fenu formy semennoy cheshi* // *Obshchestvo. Sreda. Razvitiye (Terra Humana)*. 2010. S. 218–224.
5. Popov P. P. *Izmenchivost' pokazateley dliny shishek i formy semennykh cheshi* // *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*. № 12. 2012. S. 92–97.
6. Popov P. P. *El' sibirskaya v zapadnoy chasti areala* : avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk: 03.00.16, 06.03.01 / Popov Petr Petrovich. Krasnoyarsk, 1991. 35 s.
7. Khamitov R. S., Babich N. A., Enal'skiy A. P. *Izmenchivost' kachestva semyan eli na lesosemennoy plantatsii v zone introgressivnoy gibridizatsii*. Vologda–Molochnoye : Vologodskaya GMKhA, 2017. 122 s.
8. Korenev I. A. *Produktivnost' eli v svyazi s morfologicheskoy izmenchivost'yu vida v podzone yuzhnoy taygi* : avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk: 06.03.01 / Korenev Igor' Aleksandrovich. M., 2008. 22 s.
9. Krutovskii K.V. Introgressive hybridization and phylogenetic relationships between Norway, *Picea abies* (L.) Karst., and Siberian, *P. obovata* Ledeb., spruce species studied by isozyme loci / K. V. Krutovskii, F. Bergmann // *Heredity*. № 74. 1995. P. 464–480.
10. Putenikhin V. P., Farukshina G. G. *Metody sokhraneniya geneticheskoy geterogennosti pri sozdaniiskusstvennykh "populyatsiy" lesoobrazuyushchikh vidov* // *Khvoynnye boreal'noy zony*. 2007. T. 24, № 2-3. S. 272–278.
11. Babich N. A., Komarova A. M., Sokolova E. B. *Formy eli i ikh lesosemennoye znachenie* // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*. 2010. № 4. S. 22–28.

© Смирнов А. В., Хамитов Р. С., 2023

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗИМНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ КЛИМАТИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ БИОМАССЫ ЛЕСОВ ЕВРАЗИИ*

И. С. Цепордей², В. А. Усольцев^{1,2}, Д. В. Норитсин³

¹Уральский государственный лесотехнический университет
Российская Федерация, 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

²Ботанический сад УрО РАН
Российская Федерация, 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а

³ПАО «Сбербанк», Центр компетенций аналитики
Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Гоголя, 44
²ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

^{1,2}Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

³norritsin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1484-6384>

Понимание последствий изменения климата для роста деревьев необходимо для прогнозирования динамики лесов в будущих сценариях изменения климата. В этой связи возрастает роль эмпирических моделей, адекватно описывающих изменчивость биологической продуктивности лесов и позволяющих прогнозировать ее изменение под влиянием климатических сдвигов. В имеющихся публикациях вклад климатических переменных в объяснение изменчивости биомассы оказывается либо несущественным, либо нулевым, главным образом, вследствие регионального уровня моделей. Наше ранее выполненное на уровне Евразии моделирование биомассы деревьев и древостоев показало наличие статистически значимого вклада зимней температуры и среднегодовых осадков в объяснение изменчивости показателей биомассы. Однако в дальнейшем под вопрос была поставлена правомерность использования в прогностических моделях зимней температуры вместо летней. Цель настоящего исследования состояла в анализе взаимосвязи температур разных месяцев на территории Евразии и их изменения в широтном градиенте от тропиков до лесотундр с целью выявления месяца, средняя температура которого была бы статистически значимой в моделях биомассы. Для выполнения поставленной цели использована база климатических данных WorldClim версии 2.1 за 1970–2000 годы (<https://worldclim.org/data/index.html>). Установлено, что средняя летняя температура обеспечивает слабый территориально распределенный климатический сигнал, не способный к вычленению из общей дисперсии факторов, определяющих биомассу деревьев и древостоев. Напротив, средняя температура января представляет достаточно сильный территориально распределенный климатический сигнал благодаря высокому отношению общей дисперсии (или перепада температур) к остаточной, что обеспечило статистическую значимость выявленного ранее влияния зимних температур на биомассу деревьев и древостоев лесообразующих родов Евразии [4]. Среднегодовая температура, характеризующаяся высокой корреляцией с январской температурой, может оказаться статистически значимой при объяснении изменчивости биомассы деревьев и древостоев Евразии. Выявление данной предпосылки составит предмет наших дальнейших исследований.

Ключевые слова: прогнозирование биомассы лесов, климатические сигналы, средняя температура января и июля, среднегодовая температура.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 243–247

RATIONALE OF THE WINTER TEMPERATURE USE IN FORECASTING CLIMATE-RELATED CHANGES IN THE BIOMASS OF EURASIAN FORESTS

I. S. Tsepordey², V. A. Usoltsev^{1,2}, D. V. Noritsin³

¹Ural State Forest Engineering University
37, Siberian tract, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation

²Botanical Garden of Ural Branch of RAS
202a, 8 Marta str., Yekaterinburg, 620144, Russian Federation

³Sberbank PJSC, Analytics Competence Center
44, Gogol Str., Yekaterinburg, Russian Federation
²ivan.tsepordey@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-4747-5017>

^{1,2}Usoltsev50@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4587-8952>

³norritsin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1484-6384>

* Публикация подготовлена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Understanding the effects of climate change on tree growth is necessary to predict forest dynamics in future climate change scenarios. In this regard, the role of empirical models that adequately describe the variability of biological productivity of forests and allow predicting its change under the influence of climatic shifts is increasing. In the available publications, the contribution of climate variables to the explanation of biomass variability is either insignificant or zero, mainly due to the regional level of models. The modeling of the biomass of trees and stands performed at the Eurasian level showed the presence of a statistically significant contribution of winter temperature and average annual precipitation to the explanation of the variability of biomass indicators. However, the validity of using winter temperature instead of summer one in predictive models was questioned. The purpose of this work was to study the relationship of temperatures of different months in Eurasia and their changes in the latitudinal gradient from the tropics to the forest tundra in order to identify the month whose average temperature would be statistically significant in biomass models. To achieve this goal, the WorldClim version 2.1 climate database for the years 1970-2000 was used (<https://worldclim.org/data/index.html>). It is established that the average summer temperature provides a weak geographically distributed climatic signal, which is not capable of being extracted from the general dispersion of factors determining the biomass of trees and stands. On the contrary, the average January temperature represents a sufficiently strong geographically distributed climatic signal due to the high ratio of the total variance (or temperature range) to the residual one, which provided the statistical significance of the previously identified influence of winter temperatures on the biomass of trees and stands of forest-forming genera of Eurasia [4]. The average annual temperature, characterized by a high correlation with the January temperature, may be statistically significant in explaining the variability of biomass of trees and stands of Eurasia. The identification of this premise will be a subject of our further research.

Keywords: forest biomass forecasting, climate signals, average temperature in January and July, average annual temperature.

Funding: the publication was prepared as part of the State Assignment of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

ВВЕДЕНИЕ

Понимание последствий изменения климата для роста деревьев необходимо для точного прогнозирования динамики лесов в будущих сценариях изменения климата [6]. В связи с изменением климата и попытками его стабилизации путем включения в углеродный цикл динамики биомассы управляемых лесов возрастает роль эмпирических моделей, достаточно адекватно описывающих изменчивость биологической продуктивности древостоев и позволяющих прогнозировать ее изменение под влиянием климатических сдвигов. В имеющихся публикациях, посвященных моделированию биомассы лесов с учетом влияния температур и осадков, вклад названных переменных в объяснение изменчивости биомассы, оказывается либо несущественным, либо нулевым [10]. Это происходит, главным образом, вследствие локального или регионального уровня моделей, ограниченных, например, территорией Западной Европы [7]. В подобных случаях диапазон климатических переменных слишком узок, чтобы быть статистически значимым на фоне варьирования структурных переменных деревьев и древостоев [3]. Известно, что основной характеристикой адекватности регрессионной модели эмпирическим данным является коэффициент детерминации, который, в свою очередь, определяется соотношением общей и остаточной дисперсий. При одной и той же остаточной дисперсии адекватность модели тем выше, чем больше общая дисперсия. Если в наших примерах общая дисперсия определяется величиной диапазона климатических градиентов, то чем меньше названные диапазоны, тем больше размер общей дисперсии приближается к размеру остаточной, а коэффициент детерминации соответственно стремится к нулю. Чтобы обеспечить максимальную стабильность прогностической модели, каждая из независимых климатических переменных должна быть представлена в максимальном диапазоне их изменчивости [2].

На фоне долгосрочных климатических сдвигов в течение десятилетий именно зимние, а не летние или среднегодовые температуры, более чувствительны к текущим изменениям климата [1; 5; 8; 11]. Было установлено, что именно зимние температуры обеспечивают наибольший вклад в объяснение изменчивости некоторых характеристик биоты, в частности, динамики ее фитомассы [9]. Наличие авторских баз данных о биомассе деревьев и древостоев лесообразующих родов Евразии [12; 13] дало возможность разработать модели биомассы, включающие в качестве независимых переменных таксационные их характеристики и территориально распределенные показатели температур и осадков. При этом, с учетом выше сказанного были использованы средние показатели январских температур, а осадки учтены как среднегодовые.

Тем самым был обеспечен максимальный диапазон варьирования температур и осадков вследствие обширности территории Евразии, где средняя температура января колеблется от -40°C в лесотундре Северо-Восточной Сибири до $+10^{\circ}\text{C}$ в субтропиках Китая, а данные об осадках варьируют в диапазоне от 190 мм в районах вечной мерзлоты на северо-востоке Сибири до 1140 мм на юге Китая. Леса Малайзии и Филиппин не были включены в упомянутый анализ, поскольку для них характерен иной, чем в бореальных лесах, видовой состав. Имеющиеся данные географических координат пробных площадей нанесены на карты средней январской температуры (https://store.mapsofworld.com/image/cache/data/map_2014/currents-and-temperature-jan-enlarge-900x700.jpg) и среднегодовых осадков (<http://www.mapmost.com/world-precipitation-map/free-world-precipitation-map/>) [14] и совмещены с таксационными и биопродукционными показателями деревьев и древостоев. В результате регрессионного анализа установлено, что в холодных регионах при повышении осадков биомасса снижает-

ся, но по мере перехода к теплым регионам она характеризуется противоположным трендом, т. е. закономерность меняет знак. При повышении температуры во влажных регионах фитомасса увеличивается, но по мере перехода в сухие условия начинает снижаться и на предельном значении климатического фактора меняет знак. На основе метода пространственно-временного замещения закономерности изменения биомассы деревьев и древостоев в пространственных градиентах температур и осадков были использованы для прогнозирования изменений биомассы в темпоральном (временном) аспекте. Было показано, насколько и в каком направлении изменится биомасса деревьев и древостоев при предполагаемом повышении температуры на 1 °C и при предполагаемом снижении годовых осадков на 20 мм [4].

В процессе апробации полученных закономерностей были высказаны альтернативные точки зрения в отношении корректности использования зимних температур для прогнозирования биомассы как в территориальных, так и в темпоральных ее градиентах. В частности, было высказано мнение, что использование температуры января не имеет биологического смысла. В представленных результатах [4] было установлено влияние зимних температур на биологическую продуктивность, но с биологической точки зрения оно якобы должно быть значительно меньше влияния температуры летних месяцев. Статистически более тесные связи с температурами января должны быть подкреплены биологическим смыслом полученных закономерностей.

ЦЕЛЬ, МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель настоящего исследования состояла в исследовании взаимосвязи температур разных месяцев на территории Евразии и их изменения в широтном градиенте от тропиков до лесотундр. Для выполнения поставленной цели использована база климатических данных WorldClim версии 2.1 за 1970–2000 годы (<https://worldclim.org/data/index.html>) [15]. На этот же календарный период приходится получение около 95 %

имеющихся фактических данных о биомассе деревьев и древостоев на пробных площадях в лесном покрове Евразии, приведенных в используемых базах данных [12; 13]. По координатам 15 тыс. пробных площадей, распределенных на территории от Малайзии и Филиппин до Великобритании и Крайнего Севера Сибири установлены средние температуры каждого месяца, а также среднегодовые температуры за 30-летний период. По полученным данным выполнен корреляционный анализ средних территориально распределенных температур разных месяцев и установлена их динамика в широтном градиенте.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно построенной корреляционной матрице, связь температуры января с температурами других месяцев снижается по мере увеличения календарного диапазона между месяцами, т. е. связь температуры января с температурой февраля, марта, апреля, мая, июня и июля характеризуется коэффициентами корреляции соответственно 1,0; 0,99; 0,94; 0,87; 0,73 и 0,70 (рис. 1). В то же время, связь температуры января со среднегодовой температурой характеризуется коэффициентом корреляции около 0,90 (рис. 2).

На рис. 3 показано изменение средних температур в точках заложения пробных площадей с определениями биомассы деревьев и древостоев в широтном градиенте от тропиков до лесотундр. Очевидно, что минимальный диапазон характерен для температуры июля, которая в диапазоне от северного предела древесной растительности до экваториальных областей увеличивается с 15 до 27 °C, и перепад между минимальной и максимальной температурой составляет 12 °C. Примерно такие же перепады температур были в исследованиях их влияния на биологическую продуктивность насаждений на региональных уровнях [7; 10], когда исследуемая зависимость характеризовалась низким отношением общей дисперсии (или перепада температур) к остаточной дисперсии. В результате влияние температуры на продуктивность насаждений оказывалось статистически не значимым.

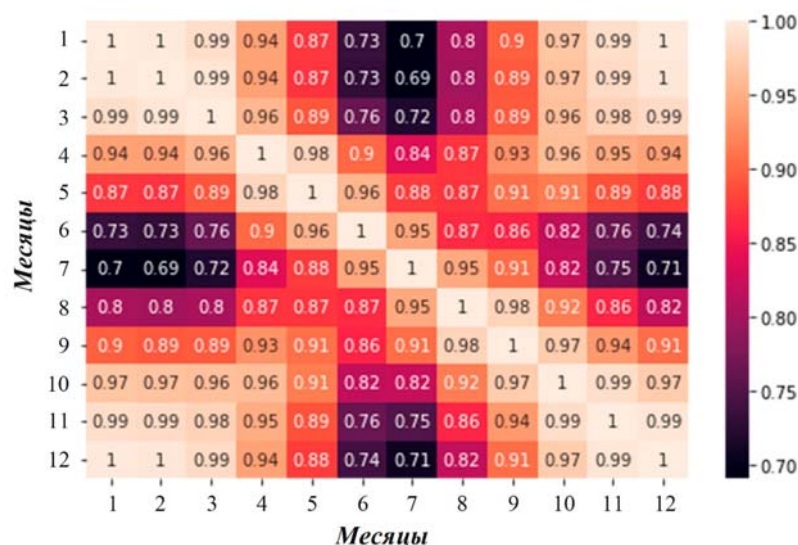


Рис. 1. Корреляционная матрица среднемесячных температур на территории Евразии

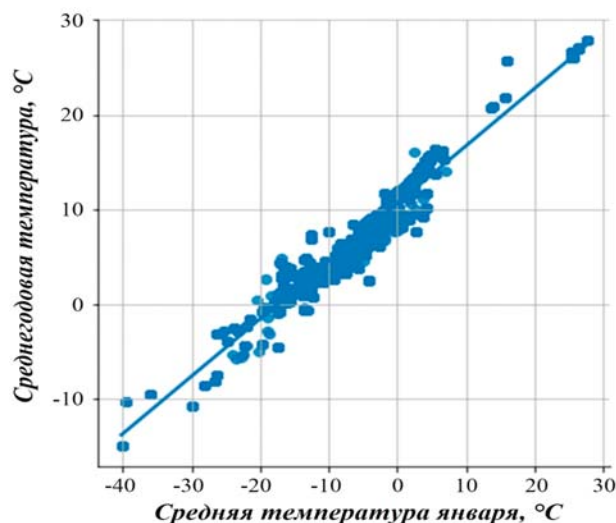


Рис. 2. Связь среднегодовой температуры с температурой января на территории Евразии

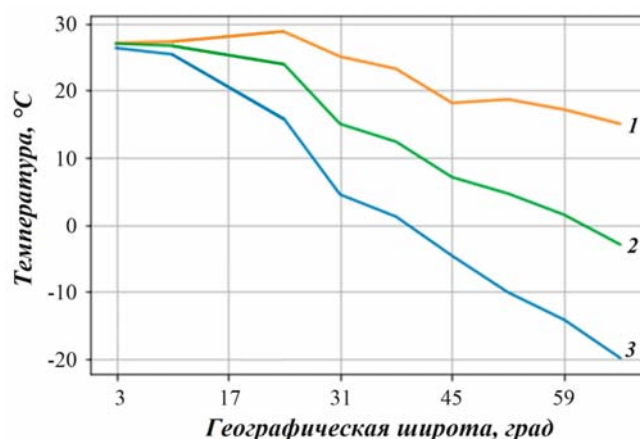


Рис. 3. Изменение средней температуры июля (1), среднегодовой температуры (2) и средней температуры января (3) в градиенте географической широты Евразии

Напротив, температура января в диапазоне от северного предела древесной растительности до экваториальных областей увеличивается с -20 до 27 °C, и перепад между минимальной и максимальной температурой составляет 47 °C (рис. 3). Именно высоким отношением общей дисперсии (или перепада температур) к остаточной объясняется статистическая значимость выявленного влияния зимних температур на биомассу деревьев и древостоев лесообразующих родов Евразии [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, «биологический смысл» выполненного анализа заключается в том, что средняя летняя температура обеспечивает слабый территориально распределенный климатический сигнал, настолько слабый, что он не вычлняется из общей дисперсии факторов, определяющих биомассу деревьев и древостоев, что и было показано на региональных уровнях [7; 10]. Напротив, средняя температура января представляет достаточно сильный территориально распределенный климатический сигнал благодаря высокому отношению общей дисперсии (или перепада температур) к остаточной, что обеспечило статистическую

значимость выявленного влияния зимних температур на биомассу деревьев и древостоев лесообразующих родов Евразии [4]. Среднегодовая температура, характеризующая высокой корреляцией с январской температурой (рис. 2) и промежуточным значением между перепадами средних июльских и средних январских температур (около 30 °C) (рис. 3), при объяснении изменчивости биомассы деревьев и древостоев Евразии может оказаться статистически значимой. Осуществление данной предпосылки составит предмет наших дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Голубятников Л. Л., Денисенко Е. А. Влияние климатических изменений на растительный покров европейской России // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 2. С. 57–68.
2. Усольцев В. А. Фитомасса лесов Северной Евразии: предельная продуктивность и география. Екатеринбург : УрО РАН, 2003. 406 с.
3. Усольцев В. А. О применении регрессионного анализа в лесоводственных задачах // Лесная таксация и лесоустройство. 2004. № 1 (33). С. 49–55.

4. Цепордей И. С. Биологическая продуктивность лесообразующих видов в климатическом контексте Евразии / под ред. В. А. Усольцева. Екатеринбург : Изд-во УМЦ УПИ, 2023. 467 с.
5. Bijak S. Tree-ring chronology of silver fir and its dependence on climate of the Kaszubskie Lakeland (Northern Poland) // *Geochronometria*. 2010. Vol. 35. P. 91–94.
6. Brecka A. F. J., Shahi C., Chen H. Y. H. Climate change impacts on boreal forest timber supply // *Forest Policy and Economics*. 2018. Vol. 92. P. 11–21.
7. Forrester D. I., Tachauer I. H. H., Annighoefer P. et al. Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate // *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 396. P. 160–175.
8. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on climate Change, Geneva, Switzerland, 2007 (<https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>).
9. Morley J. W., Batt R. D., Pinsky M. L. Marine assemblages respond rapidly to winter climate variability // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23. P. 2590–2601.
10. Stegen J. C., Swenson N. G., Enquist B. J. et al. Variation in above-ground forest biomass across broad climatic gradients // *Global Ecology and Biogeography*. 2011. Vol. 20 (5). P. 744–754.
11. Toromani E., Bojaxhi F. Growth response of silver fir and Bosnian pine from Kosovo // *South-East European Forestry*. 2010. Vol. 1. P. 20–28.
12. Usoltsev V. A. Single-tree biomass data for remote sensing and ground measuring of Eurasian forests: digital version. The second edition, enlarged. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University; Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020a (<https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9647>).
13. Usoltsev V. A. Forest biomass and primary production database for Eurasia: digital version. The third edition, enlarged. Monograph. Yekaterinburg : Ural State Forest Engineering University, 2020b (https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9648/1/Base_v2.xlsx).
14. World Weather Maps, 2007 (<https://www.mapsofworld.com/referrals/weather/>).
15. WorldClim версии 2.1 за 1970–2000 годы (<https://worldclim.org/data/index.html>).
2. Usoltsev V. A. Fitomassa lesov Severnoj Evrazii: predel'naya produktivnost' i geografiya. Yekaterinburg: UrO RAN, 2003. 406 p.
3. Usoltsev V. A. O primenenii regressionnogo analiza v lesovodstvennykh zadachakh // *Lesnaya Taksatsiya i Lesoustroystvo*. 2004. No. 1 (33). P. 49–55.
4. Tsepordey I. S. Biologicheskaya produktivnost' lesoobrazuyushchikh vidov v klimaticheskom kontekste Evrazii (pod red. V. A. Usoltseva). Ekaterinburg: Izd-vo UMTs UPI, 2023. 467 p.
5. Bijak S. Tree-ring chronology of silver fir and its dependence on climate of the Kaszubskie Lakeland (Northern Poland) // *Geochronometria*. 2010. Vol. 35. P. 91–94.
6. Brecka A. F. J., Shahi C., Chen H. Y. H. Climate change impacts on boreal forest timber supply // *Forest Policy and Economics*. 2018. Vol. 92. P. 11–21.
7. Forrester D. I., Tachauer I. H. H., Annighoefer P. et al. Generalized biomass and leaf area allometric equations for European tree species incorporating stand structure, tree age and climate // *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 396. P. 160–175.
8. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on climate Change, Geneva, Switzerland, 2007 (<https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>).
9. Morley J. W., Batt R. D., Pinsky M. L. Marine assemblages respond rapidly to winter climate variability // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23. P. 2590–2601.
10. Stegen J. C., Swenson N. G., Enquist B. J. et al. Variation in above-ground forest biomass across broad climatic gradients // *Global Ecology and Biogeography*. 2011. Vol. 20 (5). P. 744–754.
11. Toromani E., Bojaxhi F. Growth response of silver fir and Bosnian pine from Kosovo // *South-East European Forestry*. 2010. Vol. 1. P. 20–28.
12. Usoltsev V. A. Single-tree biomass data for remote sensing and ground measuring of Eurasian forests: digital version. The second edition, enlarged. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University; Botanical Garden of Ural Branch of RAS, 2020a (<https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9647>).
13. Usoltsev V. A. Forest biomass and primary production database for Eurasia: digital version. The third edition, enlarged. Monograph. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2020b (https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/9648/1/Base_v2.xlsx).
14. World Weather Maps, 2007 (<https://www.mapsofworld.com/referrals/weather/>).
15. WorldClim version 2.1 for 1970–2000 (<https://worldclim.org/data/index.html>).

REFERENCES

1. Golubyatnikov L. L., Denisenko E. A. Vliyanie klimaticheskikh izmenenij na rastitel'nyj pokrov evropejskoj Rossii // *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2009. No. 2. P. 57–68.

© Цепордей И. С., Усольцев В. А.,
Норицин Д. В., 2023

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.16

DOI: 10.53374/1993-0135-2023-3-248-251

Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 3. С. 248–251

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ СДВИГА СЛОЕВ ТЕЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ В ПОЛОСТИ РАБОЧЕГО ЦИЛИНДРА ПРИ ЕЕ БЕЗНОЖЕВОМ РАЗМОЛЕ

Ю. Д. Алашкевич¹, А. А. Фомкина²

¹Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31

²Краевое государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
«Ачинский техникум нефти и газа»
Российская Федерация, 662155, Красноярский край, г. Ачинск, ул. Дружбы Народов, 8

Основной целью работы являются: определение особенностей безножевого размол волокнистых полуфабрикатов с учетом комплексного параметра, базирующегося на коэффициенте динамической вязкости волокнистых суспензий; разработка нового способа определения вязкости волокнистых суспензий.

Для волокнистых суспензий, при прочих равных условиях, увеличение концентрации рабочей среды приводит к уменьшению значений скоростей потока. Это связано с тем, что с увеличением концентрации возрастает вязкость исследуемых жидкостей. Для воды, то есть ньютоновской жидкости, значение скорости истечения является наибольшей величиной.

Для определения коэффициента динамической вязкости при безножевом размол волокнистой массы, кроме величин скорости потока волокнистой суспензии необходимо рассчитать площадь сдвига слоев при течении волокнистых суспензий в полости рабочего цилиндра и определить силу сдвига.

В публикации представлен анализ течения волокнистых суспензий в процессе размол волокнистых полуфабрикатов безножевым способом. Для этого теоретически, с элементами эксперимента, определены силы сдвига слоев течения волокнистой суспензии в полости рабочего цилиндра.

Ключевые слова: процесс размол, безножевой способ, волокнистые суспензии из древесины хвойных пород, силы сдвига слоев.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 248–251

DETERMINATION OF THE FORCE OF SHEAR OF THE LAYERS OF THE FLOW OF A FIBROUS SUSPENSION IN THE CAVITY OF THE WORKING CYLINDER DURING ITS KNIFELESS GRINDING

Y. D. Alashkevich¹, A. A. Fomkina²

¹Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

²Regional State Autonomous Vocational Educational Institution
“Achinsk Oil and Gas Technical School”
8. Druzhby Narodov str., Achinsk, Krasnoyarsk Territory, 662155, Russian Federation

The main purpose of the work is: to determine the features of knifeless refining of fibrous semi-finished products, taking into account a complex parameter based on the coefficient of dynamic viscosity of fibrous suspensions; development of a new method for determining the viscosity of fibrous suspensions.

For fibrous suspensions, ceteris paribus, an increase in the concentration of the working medium leads to a decrease in the flow rates. This is due to the fact that with increasing concentration, the viscosity of the studied liquids increases. For water, that is, a Newtonian fluid, the value of the outflow velocity is the largest value.

To determine the coefficient of dynamic viscosity during knifeless refining of the fibrous mass, in addition to the values of the fibrous suspension flow rate, it is necessary to calculate the shear area of the layers during the flow of fibrous suspensions in the cavity of the working cylinder and determine the shear force.

The publication presents an analysis of the flow of fibrous suspensions in the process of refining fibrous semi-finished products in a knifeless way. For this, theoretically, with the elements of the experiment, the shear forces of the layers of the fibrous suspension flow in the cavity of the working cylinder are determined.

Keywords: refining process, knifeless method, fibrous suspensions from softwood, layer shear forces.

ВВЕДЕНИЕ

До последнего времени в технологиях получения бумаги в целлюлозно-бумажном производстве (ЦБП) и производстве древесноволокнистых плит не уделяется должного внимания процессу размола волокнистых полуфабрикатов из хвойных и лиственных пород древесины. В то же время, процесс размола волокнистых полуфабрикатов является одной из важнейших технологических операций. От него зависят качественные характеристики готового продукта, производительность технологического оборудования и расходные энергосредства. В связи с этим, исследования процесса размола волокнистых полуфабрикатов в ЦБП необходимо отнести к одной из важнейших проблем.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для объективной оценки процесса размола волокнистых полуфабрикатов, необходимо исследовать реологические особенности волокнистых суспензий при размоле, поскольку на этот процесс оказывает серьезное влияние гидродинамика течения этих суспензий в зоне размола.

Для оценки качественных и количественных значений реологических особенностей волокнистых суспензий при их обработке, необходимо определить эти зависимости и, в частности, их вязкость, и выявить коэффициент динамической вязкости. В этом случае, можно более объективно оценить механизм процесса размола волокнистых полуфабрикатов, в отличие от предыдущих исследований, где оценивался механизм размола при течении воды в размольных установках.

Для объективной оценки качества помола волокнистых полуфабрикатов в ЦБП, требуются следующие серьезные длительные исследования.

1. Бумагообразующих свойств размываемой волокнистой массы, среди которых: степень помола по шкале Шоппер-Риглера, вид растительного полу-

фабриката, концентрация массы, средняя длина волокна, водоудерживающая способность волокнистой массы, её внешняя удельная поверхность.

2. Физико-механических характеристик готовых изделий, среди которых: межволоконные силы связи, разрывная длина, число двойных перегибов, продавливание, раздирание и другие.

3. Энергосиловых параметров процесса размола, среди которых: производительность размольной установки, её энергопотребление.

Можно значительно упростить определение механизма процесса размола волокнистых полуфабрикатов с учетом реологических особенностей течения волокнистых суспензий в размольных установках и, в частности, использования значений показателей динамической вязкости волокнистых суспензий в процессе размола.

Для определения коэффициента динамической вязкости волокнистых суспензий в полости рабочего цилиндра при безножевом размоле, необходимо проанализировать силы сдвига.

На рис. 1 представлена условная схема распределения скоростей жидкости в поперечном сечении рабочего цилиндра и развертка произвольно выбранного слоя этой жидкости [1; 2].

Известно, что площадь прямоугольника рассчитывается как произведение двух сторон. Из рис. 1. а выбираем произвольный сдвиг слоев исследуемой жидкости и делаем его развертку, которая представлена на рис. 1. б.

Исходя из этого, площадь сдвига слоев рассчитывается по формуле

$$s_{\text{сд}} = 2 \cdot \pi \cdot r_1 \cdot l, \quad (1)$$

где $l = (v_1 - v_2)$ – разница скоростей соседних слоев (рис. 2), м [2].

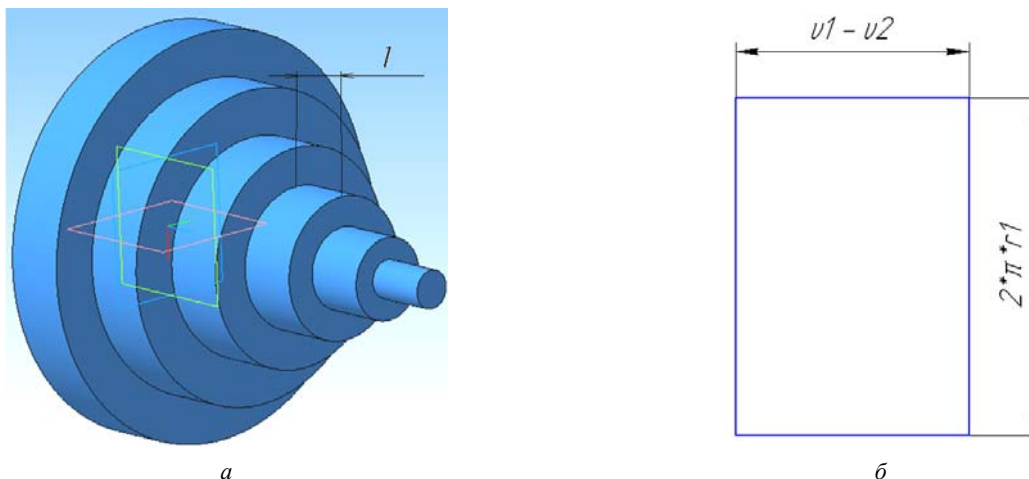


Рис. 1. Определение площади сдвига слоев:

a – условное распределение скоростей при ламинарном режиме; *б* – развертка цилиндрического слоя жидкости

Подставив значения r_1 и l в зависимость (1), получим расчетные значения s , результаты которых представлены в табл. 1.

Таблица 1
Расчетные значения площадей сдвига слоев

Входные параметры		Выходные параметры
Исследуемая жидкость	Концентрация C , %	$s_{сд}$, м ²
Вода		0,00444
Целлюлоза	0,5	0,00394
	1	0,00385
	1,5	0,00374

Из табл. 1 видно, что для волокнистых суспензий, при прочих равных условиях, в соответствии с результатами эксперимента, увеличение концентрации приводит к уменьшению значений площадей сдвига. Для воды площадь сдвига имеет наибольшее значение.

Установлено, что размер полостей рабочих каналов при одинаковых значениях концентрации, как и следовало ожидать, существенно влияет на изменение величины площади сдвига. Уменьшение диаметра полостей рабочих каналов приводит к значительному увеличению значения площади сдвига [2].

Сила сдвига для суспензии $F_{сд}^c$ до настоящего времени определялась достаточно трудоемким способом. Это связано с конструктивными сложностями, а также с достаточно большими затратами на изготовление и монтаж измерительного оборудования. В одном из исследований по сдвиговому течению волокнистых систем ученые [4] установили, что с увеличением концентрации сила сдвига суспензии увеличивается, поэтому можно сделать вывод, что сила сдвига суспензии больше силы сдвига воды $F_{сд}^c > F_{сд}^B$.

Для определения силы сдвига для воды $F_{сд}^B$ воспользуемся выражением (2).

$$\mu = \tau \cdot \frac{dr}{dv} = \frac{\tau \cdot (r_2 - r_1)}{(v_1 - v_2)} = \frac{F_{сд} \cdot (r_2 - r_1)}{s_{сд} \cdot (v_1 - v_2)}, \quad [2] \quad (2)$$

где τ – касательное напряжение внутреннего трения, Па; $\frac{dv}{dr}$ – градиент скорости, с⁻¹; $F_{сд}$ – сила сдвига, Н; $s_{сд}$ – площадь сдвига слоев, м²; r_1 , r_2 – расстояния соседних слоев от оси трубопровода, м; v_1 , v_2 – скорости соседних слоев, м/с.

Существующие ранее способы определения динамической вязкости, основанные на свободном времени истечения жидкости из определенного сосуда, имели погрешность, связанную с постоянно меняющимся объемом жидкости. В предложенном способе эта погрешность эксперимента устранена, так как вискозиметр обеспечивает принудительное движение жидкости (волокнистой суспензии) с заданной постоянной скоростью.

На способ определения коэффициента динамической вязкости волокнистых суспензий получен патент на изобретение [6].

Принципиальная технологическая схема работы предложенного вискозиметра представлена на рис. 2.

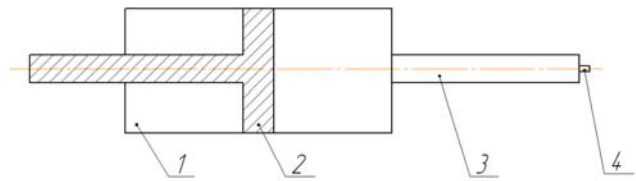


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема вискозиметра:

1 – рабочий цилиндр; 2 – поршень; 3 – удлинитель; 4 – насадка

В качестве примера, в табл. 2 приведены результаты обработки бисульфитной небеленой целлюлозы концентрацией $C = 0,5, 1,0$ и $1,5$ %, при температуре $t = 25$ °С, давлении $P = 7$ МПа и начальном градусе помола 18° ШР, в сравнении с водой.

Таблица 2
Расчетные значения скоростей в соседних слоях жидкости

Входные параметры		Выходные параметры	
Исследуемая жидкость	Концентрация C , %	Скорость v_2 , м/с	Скорость соседнего слоя, v_1 , м/с
Вода		0,043	0,06
Целлюлоза	0,5	0,0383	0,054
	1	0,0373	0,0526
	1,5	0,0363	0,051

$$F_{сд}^B = \frac{\mu^B \cdot (v_1^B - v_2^B) \cdot s_{сд}^B}{(r_2^B - r_1^B)}. \quad (3)$$

Учитывая, что $F_{сд}^c > F_{сд}^B$, отношение $\frac{F_{сд}^c}{F_{сд}^B}$ больше во столько же раз, во сколько больше отношение $\frac{(v_1^B - v_2^B) \cdot s_{сд}^B}{(v_1^c - v_2^c) \cdot s_{сд}^c}$. Из этого следует: $\frac{F_{сд}^c}{F_{сд}^B} = k > 1$.

На основании этого можем записать:

$$\frac{(v_1^B - v_2^B) \cdot s_{сд}^B}{(v_1^c - v_2^c) \cdot s_{сд}^c} = k > 1. \quad (4)$$

С учетом этого:

$$\frac{F_{сд}^c}{F_{сд}^B} = \frac{(v_1^B - v_2^B) \cdot s_{сд}^B}{(v_1^c - v_2^c) \cdot s_{сд}^c}. \quad (5)$$

Из зависимости (5) получим:

$$F_{сд}^c = \frac{F_{сд}^B \cdot (v_1^B - v_2^B) \cdot s_{сд}^B}{(v_1^c - v_2^c) \cdot s_{сд}^c}. \quad (6)$$

Подставив расчетные значения (табл. 2 и 1) в зависимости (3) и (6), получим значения силы сдвига.

Коэффициент динамической вязкости μ^B воды при заданной температуре известен [5]. Результаты расчетов по силе сдвига представлены в табл. 3.

Таблица 3
Расчетные значения силы сдвига
для исследуемых жидкостей

Входные параметры		Выходные параметры	
Исследуемая жидкость	Концентрация C, %	$(v_1 - v_2)$, м/с	$F_{сд}$, Н
Вода		0,02	0,000016
Целлюлоза	0,5	0,0179	0,00002
	1	0,0175	0,000021
	1,5	0,017	0,000022

ВЫВОД

Результаты экспериментов показывают, что значение силы сдвига с увеличением концентрации суспензии возрастает, что согласуется с мнениями других исследователей [3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Физический энциклопедический словарь / под общ. ред. А. М. Прохорова. М. : Советская энциклопедия, 1983. 928 с.
2. Ерофеева А. А., Алашкевич Ю. Д. Зависимость изменения коэффициента динамической вязкости волокнистых суспензий от их физического состояния // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск : СибГТУ, 2009. Т. 1. С. 327–334.
3. Анализ распределения скорости струи суспензии при течении ее в рабочих органах размольной установки «струя – преграда» / А. А. Ерофеева [и др.] // Лесной вестник. 2010. № 4. С. 157–160.
4. Фейтельсон Л. А., Ковтун В. П. Сдвиговое течение монодисперсных волокнистых композиций // Тепло- и массообмен в полимерных системах и суспензиях : материалы междунаро. школы-семинара // Минск, 1984. Ч. II. С. 198–205.

5. Ерофеева А. А., Ковалев В. И., Алашкевич Ю. Д. Определение коэффициента динамической вязкости макулатурной массы // Лесной журнал. 2011. № 4. С. 115–119.

6. Патент 2441217 Российская Федерация. Способ измерения вязкости неньютоновских жидкостей / Ю. Д. Алашкевич, В. И. Ковалев, А. А. Ерофеева. № 2010144231/28; заявл. 28.10.2010; опубл. 27.01.2012. 5 с.

REFERENCES

1. Physical encyclopedic dictionary / under the general editorship of A. M. Prokhorov. M. : Soviet Encyclopedia, 1983. 928 p.
2. Erofeeva A. A., Alashkevich Yu. D. Dependence of changes in the coefficient of dynamic viscosity of fibrous suspensions on their physical state // Forest and chemical complexes – problems and solutions : collection of All-Russian Scientific and practical conf. Krasnoyarsk : SibSTU, 2009. Vol. 1, pp. 327–334.
3. Analysis of the velocity distribution of the suspension jet during its flow in the working organs of the jet – barrier grinding plant / A. A. Erofeeva [et al.] // Lesnoy vestnik. 2010. No. 4, pp. 157–160.
4. Feitelson L. A., Kovtun V. P. Shear flow of monodisperse fibrous compositions // Heat and mass transfer in polymer systems and suspensions : materials international. schools-seminars // Minsk, 1984. Part II, pp. 198–205.
5. Erofeeva A. A., Kovalev V. I., Alashkevich Yu. D. Determination of the coefficient of dynamic viscosity of waste paper mass // Lesnoy zhurnal. 2011. No. 4, pp. 115–119.
6. Patent 2441217 Russian Federation. Method of measuring the viscosity of non-Newtonian liquids / Yu. D. Alashkevich, V. I. Kovalev, A. A. Erofeeva. No. 2010144231/28; application 28.10.2010; publ. 27.01.2012. 5 p.

© Алашкевич Ю. Д., Фомкина А. А., 2023

Поступила в редакцию 20.10.2022
Принята к печати 10.05.2023

**ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ И ДЛИНЫ БРЕВНА НА ЗАВИСИМОСТЬ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА
ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ОТ КОЛИЧЕСТВА ИХ ТОЛЩИН В ПОСТАВЕ****В. В. Огурцов, Е. В. Каргина, И. С. Матвеева**

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: vogurtsov@mail.ru

Данная работа посвящена продолжению исследований авторов по установлению закономерностей влияния количества толщин досок в поставе на их объёмный выход. Результаты этих исследований представлены в данном журнале в статье «Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе». Для детализации обнаруженных не явных зависимостей определялись величины снижения объёмного выхода пиломатериалов в оптимальных поставках для различных диаметров и длин брёвен. Установлено, что при распиловке, например, брёвен диаметром 22 см. и длиной 3,0 м. ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» при оптимизации поставка приводит к снижению объёмного выхода на 1,43 %. Дальнейшее ужесточение до «не более 2-х толщин» приводит к снижению объёмного выхода на 1,37 %. Анализ полученных результатов показывает, что изменение объёмного выхода пиломатериалов при изменении диаметра и длины брёвен носит колебательный характер из-за непрерывности размеров бревна и дискретности размеров «вписываемых в бревно пиломатериалов». Для ослабления мешающего эффекта колебательности при определении влияния диаметра и длины бревна на величину снижения объёмного выхода пиломатериалов в следствие малотолщинности поставов расширили диапазоны сравниваемых диаметров и длин брёвен и перешли к средним значениям. Установили, что среднее снижение объёмного выхода для оптимальных поставов и диаметров 14 и 30 см. составляет соответственно 0,82 и 1,56 %, а для длин брёвен 3,0 и 6,5 м. – 1,57 и 0,83 %. Для поставов близких к оптимальным снижение составляет 1,3; 1,83 и 2,41; 1,24 %. Таким образом, ужесточение ограничения по количеству толщин досок в поставе приводит к снижению объёмного выхода пиломатериалов на величину, которая зависит от диаметра и длины бревна: чем больше диаметр и меньше длина, тем в большей мере объёмный выход зависит от количества толщин досок в поставе.

Ключевые слова: бревно, распиловка, постав, объёмный выход, пиломатериал.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 252–256

**INFLUENCE OF THE THICKNESS AND LENGTH OF A LOG ON THE DEPENDENCE
OF THE VOLUME YIELD OF SAWN WORK ON THE NUMBER
OF THEIR THICKNESS IN THE SET****V. V. Ogurtsov, E. V. Kargina, I. S. Matveeva**

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: vogurtsov@mail.ru

This work is devoted to the continuation of the research of the authors to establish patterns of influence of the number of thicknesses of boards in the set on their volume output. The results of these studies are presented in this journal in the article "Dependence of the volumetric yield of lumber on the number of their thicknesses in the set". To refine the revealed implicit dependencies, the values of the decrease in the volumetric yield of sawn timber in optimal sets for various diameters and lengths of logs were determined. It has been established that when sawing, for example, logs with a diameter of 22 cm and a length of 3.0 m, the tightening of restrictions from "no more than 4 thicknesses in the set" to "no more than 3" when optimizing the set leads to a decrease in volume output by 1.43 %. Further tightening to "no more than 2 thicknesses" leads to a decrease in volumetric yield by 1.37 %. The analysis of the obtained results shows that the change in the volumetric yield of sawn timber with a change in the diameter and length of the logs is oscillatory due to the continuity of the log dimensions and the discreteness of the dimensions of "lumber fit into the log". To reduce the interfering effect of fluctuations in determining the influence of the diameter and length of a log on the magnitude of the decrease in the volumetric yield of lumber due to the small thickness of the posts, we expanded the ranges of compared diameters and lengths of logs and switched to average values. It was found that the average decrease in volume output for optimal sets and diameters of 14 and 30 cm is 0.82 and 1.56 %, respectively, and for log lengths of 3.0 and 6.5 m – 1.57 and 0.83 %. For deliveries close to optimal, the reduction

is 1.3; 1.83 and 2.41; 1.24 %. Thus, tightening the limit on the number of thicknesses of boards in a set leads to a decrease in the volume yield of sawn timber by a value that depends on the diameter and length of the log: the larger the diameter and the shorter the length, the more the volume yield depends on the number of thicknesses of boards in the set.

Keywords: log, sawing, setting, volume output, lumber.

ВВЕДЕНИЕ

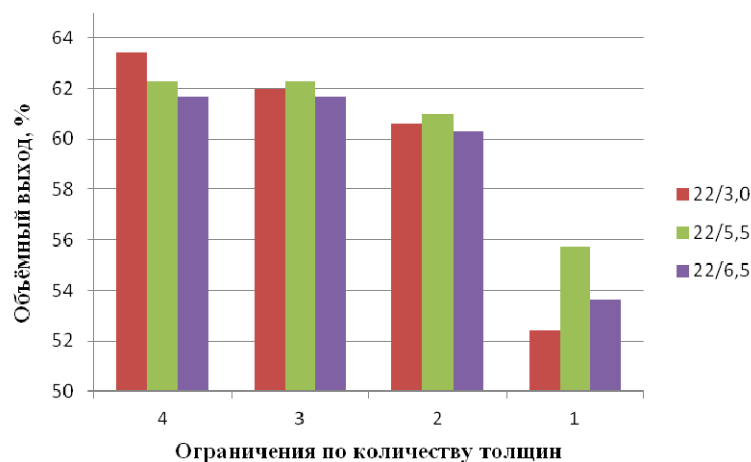
В настоящее время на лесопильных предприятиях с массовой крупно-поточной технологией бревно-пильное оборудование с посортиментной оптимизацией (с гибкими поставками) практически повсеместно вытесняет оборудование с жёсткими поставками. Генерирование оптимального поставка для каждого бревна с учётом его особенностей формы и размеров позволяет существенно повышать объёмный выход пиломатериалов [1; 5]. Однако использовать потенциал гибких поставок с оптимизацией по критерию объёмного выхода пиломатериалов на крупных предприятиях практически невозможно из-за технологических ограничений, основное из которых – количество толщин досок в поставе. Нужна оптимизация не в рамках лесопильного цеха, а в рамках всего производственного процесса, поскольку эффективность следующих за лесопильным цехом сортировочно-пакетирующих операций в решающей степени зависит от количества толщин досок в поставе [4–13]. Для глобальной оптимизации поставок необходимо, прежде всего, знать зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества толщин досок в поставе. Поэтому в статье авторов «Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе», опубликованной в данном журнале, исследуется влияние числа толщин на объёмный выход пиломатериалов. Установлено, что ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода до 0,2 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – до 1,3 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,68...6,57 %. При этом замечено, что на полученные результаты оказывает влияние толщина и длина бревна. Причём, влияние существенное, но его характер не определяется из проведённых исследований. Данная работа является продол-

жение указанной выше статьи и посвящается детализации влияния толщины и длины бревна на зависимости объёмного выхода от количества досок в поставе.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование влияния толщины и длины бревна на зависимость объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения по максимальному количеству толщин досок в поставе проводятся на брёвнах толщиной и длиной 14 см / 5,5 м, 18 см / 5,5 м, 22 см / 3,0 м, 22 см / 5,5 м, 22 см / 6,5 м, 26 см / 5,5 м, 30 см / 5,5 м. Основные методические положения описаны в работе авторов, опубликованной в данном журнале. Имитационные исследования процесса раскроя брёвен на пиломатериалы осуществляются с использованием математических и имитационных моделей, представленных в работах авторов [1-3]. Для детализации обнаруженных не явных зависимостей определяются величины снижения объёмного выхода пиломатериалов в оптимальных поставках для различных диаметров и длин брёвен. Результаты представлены на рисунке и в табл. 1.

По рисунку видно, что длина бревна оказывает некоторое влияние на степень зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения по количеству толщин досок в поставе. Переход от четырёхтолщинных поставок на двухтолщинные для брёвен толщиной 22 см. и длиной 3; 5,5; 6,5 м. снижает объёмный выход пиломатериалов соответственно на 2,8 %; 1,26 %; 1,38 %. То есть, характер зависимостей при шаге длин 1...1,5 м явно не определяется. Можно уверенно говорить лишь о некой тенденции увеличения степени влияния количества толщин в ограничении математической модели оптимизационной задачи на объёмный выход пиломатериалов из короткомерных брёвен.



Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе при различных длинах брёвен

В табл. 1 элемент, например, 1,43 означает, что при распиловке брёвен диаметром 22 см. и длиной 3,0 м. ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» (вариант 4-3) при оптимизации поставка приводит к снижению объёмного выхода на 1,43 %. Дальнейшее ужесточение до «не более 2-х толщин» (вариант 3-2) приводит к снижению объёмного выхода на 1,37 %.

Анализ табл. 2 показывает, что изменение объёмного выхода пиломатериалов при изменении диаметра и длины брёвен носит колебательный характер. Дело в том, что известные зависимости объёмного выхода пиломатериалов от диаметра и длины бревна также имеют колебательную составляющую из-за непрерывности размеров бревна и дискретности размеров «вписываемых в бревно пиломатериалов». Так, если, например, для диаметра бревна № 1 определён оптимальный постав, а у бревна № 2 диаметр несколько больше, но не настолько, что бы «получилась» дополнительная доска, то объёмный выход снижается, так как объём бревна увеличивается, а объём досок не меняется. При дальнейшем увеличении диаметра наступает момент, когда «в бревно уже вписывается дополнительная доска» и возникает скачок объёмного выхода пиломатериалов, который перекрывает предшествующее его снижение. При дальнейшем увеличении диаметра бревна процесс повторяется. А, если объёмный выход имеет колебательную составляющую, то и изменение объёмного выхода должно иметь такую составляющую. Для ослабления мешающего эффекта колебательности при определении влияния диаметра бревна на величину снижения объёмного выхода пиломатериалов в следствие малотолщинности поставов суммируются столбцы для диаметра 14 и 30 см. и определяются средние значения. То есть, увеличивается шаг диаметров и сглаживается колебательность результатов. Получаем: 0,82 и 1,56 %. Для определения влияния длины бревна суммируются строки 3,0 и 6,5 и

находятся средние значения. Получаем: 1,57 и 0,83 %. Таким образом, анализ показывает, что ужесточение ограничения по количеству толщин досок в поставе приводит к снижению объёмного выхода пиломатериалов на величину, которая зависит от диаметра и длины бревна: чем больше диаметр и меньше длина, тем в большей мере объёмный выход зависит от количества толщин досок в поставе. Эта закономерность весьма ожидаема, поскольку объёмный выход также возрастает с увеличением диаметра и уменьшением длины бревна. Следует всегда иметь в виду, что эти зависимости носят некий «пилообразный характер», не позволяющий «разглядеть» объективные закономерности на коротком диапазоне длин и толщин брёвен.

В связи с организационно-технологическими причинами и контрактными обязательствами производителям пиломатериалов приходится отказываться от поставов, оптимизированных по критерию максимизации объёмного выхода пиломатериалов. Поэтому, исследования, представленные в табл. 1, повторяются с использованием вместо оптимальных поставов пяти лучших поставов для каждой размерной группы брёвен. Результаты представлены в табл. 2.

Для ослабления описанного выше мешающего эффекта колебательности суммируются столбцы для диаметра 14 и 30 см и определяются средние значения. Получаем: 1,3 и 1,83 %. Для определения влияния длины бревна суммируются строки 3,0 и 6,5 м и находятся средние значения. Получаем: 2,41 и 1,24 %. Видим, что, чем толще и короче бревно, тем значительнее влияние количества толщин досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов. То есть, закономерности, выявленные выше для оптимальных поставов, сохраняют свою силу и для поставов, близких к оптимальным. Таким образом, толщина и длина бревна может усиливать или ослаблять зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе в среднем в 1,5...2 раза.

Таблица 1
Величины снижения объёмного выхода пиломатериалов при изменении ограничения по количеству толщин пиломатериалов в оптимальном поставе

Длина бревна, м	Изменение максимального количества толщин	Величина снижения объёмного выхода (%) для диаметра бревна (см)				
		14	18	22	26	30
3,0	4-3	0	0	1,43	0	0,33
	3-2	2,11	0	1,37	0,70	1,92
5,5	4-3	0	0	0	0,02	0,21
	3-2	0	0,38	1,26	0,03	0,63
6,5	4-3	0	0,17	0,02	0	0,49
	3-2	0,36	0,23	1,36	0,40	1,10

Таблица 2
Величины среднего (из пяти лучших поставов) снижения объёмного выхода пиломатериалов при изменении ограничения по количеству толщин пиломатериалов в поставе

Длина бревна, м	Изменение максимального количества толщин	Величина снижения объёмного выхода (%) для диаметра бревна (см)				
		14	18	22	26	30
3,0	4-3	0,42	0,03	1,08	0,28	0,64
	3-2	2,12	2,73	1,66	1,33	1,76
5,5	4-3	0	0,1	0,1	0,15	0,36
	3-2	0,97	0,99	1,81	1,19	0,95
6,5	4-3	0	0,1	0,08	0,08	0,64
	3-2	0,49	1,05	1,48	1,13	1,13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ужесточение ограничения по количеству толщин досок в поставе приводит к снижению объёмного выхода пиломатериалов на величину, которая зависит от диаметра и длины бревна: чем больше диаметр и меньше длина, тем в большей мере объёмный выход зависит от количества толщин досок в поставе.

2. Закономерности, выявленные для оптимальных поставов, сохраняют свою силу и для поставов, близких к оптимальным.

3. Изменение толщины и длины бревна может усиливать или ослаблять зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе в среднем в 1,5...2 раза.

4. Результаты аналогичных исследований позволяют предположить, что на выявленные зависимости оказывают снижающее влияние случайные характеристики формы и размеров брёвен. Поэтому полученные результаты, представленные в двух статьях данного журнала, показывают предельное влияние ограничения по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов. В дальнейших работах авторов будет рассматриваться корректирующее влияние отмеченных вероятностных характеристик брёвен на зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества толщин досок в поставе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Огурцов В. В. Теория брусо-развальной распиловки брёвен : монография. Красноярск : СибГТУ, 2011. 230 с.
- Каргина Е. В., Матвеева И. С., Огурцов В. В. Теоретические основы расчёта поставов для распиловки брёвен с пороками формы // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1-2. С. 141–145.
- Каргина Е. В., Ридель Л. Н., Матвеева И. С., Огурцов В. В. Алгоритм имитационных исследований экономической эффективности лесопильных предприятий // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1-2. С. 146–153.
- Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. М. : Лесная промышленность, 1975. 208 с.
- Калитеевский Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. Издание второе, исправленное и дополненное. СПб. : ПРОФИКС, 2008. 496 с.
- Héberta F., Grondinb F., Plaice J. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry // *Applied Mathematical Modelling*. 2000. Vol. 24, Is. 8-9. P. 677–687. DOI: 10.1016/S0307-904X(00)00009-3.
- Hinostroza I., Pradenasa L., Parada V. Board cutting from logs: Optimal and heuristic approaches for the problem of packing rectangles in a circle // *International Journal of Production Economics*. 2013. Vol. 145, Is. 2. P. 541–546. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.04.047.
- Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawn Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3). P. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.

9. Lin W., Wang J., Wu J., Vallance D. De. Log Sawing Practices and Lumber Recovery of Small Hardwood Sawmills in West Virginia. // *Forest Products Journal*. 2011. No 61 (3). P. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.

10. Montero R. S., Moya R. Reducing Warp and Checking in 4 by 4 Beams from Small-Diameter Tropical Species (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, and *Cordia alliodora*) Obtained by Turning the Pith Inside Out // *Forest Products Journal*. 2015. No 65 (5-6). P. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.

11. Murara Junior M. I., M. P. da Rocha, Trugilho P. F. Estimate of pine lumber yield using two sawing methods // *Floresta e Ambiente*. 2013. Vol. 20, No. 4. P. 556–563. ref. 7.

12. Petutschnigg A. J., Katz H. A loglinear model to predict lumber quality depending on quality parameters of logs // *Holz als Roh – und Werkstoff*. 2005. Vol. 63. P. 112–111. DOI: 10.1007/s00107-004-0537-3.

13. Blatner K. A., Keegan III C. E., Daniels J. M., Morgan T. A. Trends in Lumber Processing in the Western United States. Part III: Residue Recovered versus Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2012. No 62 (6). P. 429–433. DOI: 10.13073/FPJ-D-12-00024.1.

REFERENCES

- Ogurtsov V. V. Theory of bar-breaking sawing of logs : monograph. Krasnoyarsk : SibGTU, 2011. 230 p.
- Kargina E. V., Matveeva I. S., Ogurtsov V. V. Theoretical bases of calculation of stands for sawing logs with shape defects // *Coniferous boreal zone*. 2011. Vol. 28, No. 1-2, pp. 141–145.
- Kargina E. V., Ridell L. N., Matveeva I. S., Ogurtsov V. V. Algorithm for simulation studies of the economic efficiency of sawmill enterprises. 2011. Vol. 28, No. 1-2, pp. 146–153.
- Turushev VG Technological foundations of automated production of lumber. M. : Lesnaya promyshlennost', 1975. 208 p.
- Kaliteevsky R. E. Sawmilling in the XXI century. Technology, equipment, management. Second edition, corrected and enlarged. St. Petersburg : PROFIX, 2008. 496 p.
- Héberta F., Grondinb F., Plaice J. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry // *Applied Mathematical Modelling*. 2000. Vol. 24, Is. 8-9, pp. 677–687. DOI: 10.1016/S0307-904X(00)00009-3.
- Hinostroza I., Pradenasa L., Parada V. Board cutting from logs: Optimal and heuristic approaches for the problem of packing rectangles in a circle // *International Journal of Production Economics*. 2013. Vol. 145, Is. 2, pp. 541–546. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.04.047.
- Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawn Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3). P. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.
- Lin W., Wang J., Wu J., Vallance D. De. Log Sawing Practices and Lumber Recovery of Small Hardwood Sawmills in West Virginia. // *Forest Products*

Journal. 2011. No 61 (3). P. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.

10. Montero R. S., Moya R. Reducing Warp and Checking in 4 by 4 Beams from Small-Diameter Tropical Species (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, and *Cordia alliodora*) Obtained by Turning the Pith Inside Out // *Forest Products Journal*. 2015. No 65 (5-6). P. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.

11. Murara Junior M. I., M. P. da Rocha, Trugilho P. F. Estimate of pine lumber yield using two sawing methods // *Floresta e Ambiente*. 2013. Vol. 20, No. 4, pp. 556–563. ref. 7.

12. Petutschnigg A. J., Katz H. A loglinear model to predict lumber quality depending on quality parameters of logs // *Holz als Roh – und Werkstoff*. 2005. Vol. 63, pp. 112–111. DOI: 10.1007/s00107-004-0537-3.

13. Blatner K. A., Keegan III C. E., Daniels J. M., Morgan T. A. Trends in Lumber Processing in the Western United States. Part III: Residue Recovered versus Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2012. No 62 (6), pp. 429–433. DOI: 10.13073/FPJ-D-12-00024.1.

© Огурцов В. В., Каргина Е. В.,
Матвеева И. С., 2023

Поступила в редакцию 20.01.2023
Принята к печати 10.05.2023

ЗАВИСИМОСТЬ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ОТ КОЛИЧЕСТВА ИХ ТОЛЩИН В ПОСТАВЕ

В. В. Огурцов, Е. В. Каргина, И. С. Матвеева

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: vogurtsov@mail.ru

При проектировании производственных процессов крупных лесопильных предприятий с пакетным обращением пиломатериалов решается задача оптимизации количества толщин досок в поставе. В настоящее время проблема выбора количества толщин в поставе получает новое звучание, поскольку всё более широкое распространение в лесопилении получает бревнопильное оборудование с гибкими поставами, когда для каждого бревна автоматически устанавливается оптимальный постав в соответствии с его формой и размерами. Такая посортиментная оптимизация вновь подталкивает лесопильщиков к увеличению количества толщин в поставе. В данной статье решается задача установления предельного (эталонного) влияния ограничения по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов без учёта снижающего влияния случайных характеристик. Установлено, что зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения толщин досок в поставе имеют два ярко выраженных участка: участок слабой зависимости от «без ограничений» до «не более двух толщин» и участок сильной зависимости от «не более двух толщин» до «не более одной толщины». Ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода от 0 до 0,2072 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – от 0 до 1,2639 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,6760...6,5691 %. Если можно пренебрегать снижением объёмного выхода до 0,2 %, то следует исключать из рассмотрения четырёхтощинные поставки, а если допустимо из соображений гармонизации производственного процесса снижение выхода до 1,3 %, то целесообразно отказываться также от трёхтощинных поставов. При некоторых сочетаниях размеров брёвен при переходе на малотолщинные поставки наблюдается скачок потерь объёмного выхода.

Ключевые слова: бревно, распиловка, постав, объёмный выход, пиломатериал.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 3, P. 257–261

DEPENDENCE OF THE VOLUME YIELD OF SAWN WORK ON THE NUMBER OF THEIR THICKNESS IN THE SET

V. V. Ogurtsov, E. V. Kargina, I. S. Matveeva

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: vogurtsov@mail.ru

When designing the production processes of large sawmills with batch handling of sawn timber, there is a question of optimizing the number of thicknesses of boards in a set. Currently, the problem of choosing the number of thicknesses in the set is getting a new sound, since log sawing equipment with flexible sets is becoming more widespread in sawmilling, when the optimal set is automatically set for each log in accordance with its shape and size. This sort of assortment optimization is once again pushing sawmills to increase the number of thicknesses in the set. When designing the production processes of large sawmills with batch handling of sawn timber, there is a question of optimizing the number of thicknesses of boards in a set. Currently, the problem of choosing the number of thicknesses in the set is getting a new sound, since log sawing equipment with flexible sets is becoming more widespread in sawmilling, when the optimal set is automatically set for each log in accordance with its shape and size. This sort of assortment optimization is once again pushing sawmills to increase the number of thicknesses in the set. The tightening of restrictions from “no more than 4 thicknesses in the set” to “no more than 3” leads to a decrease in volumetric yield from 0 to 0.2072 %, and – from “no more than 3” to “no more than 2-x” – from 0 to 1.2639 %. The transition to the restriction “no more than 1 thickness” from “no more than 2” causes a very significant decrease in volume output by 3.6760 ... 6.5691 %. If it is possible to neglect the decrease in volume yield to 0.2 %, then four-thickness fittings should be excluded from consideration, and if it is acceptable for reasons of harmonization of the production process to reduce

the yield to 1.3 %, then it is advisable to also refuse three-thickness fittings. With some combinations of log sizes, when switching to small-thickness logs, a jump in volume output losses is observed.

Keywords: log, sorting, sawing, setting, optimization.

ВВЕДЕНИЕ

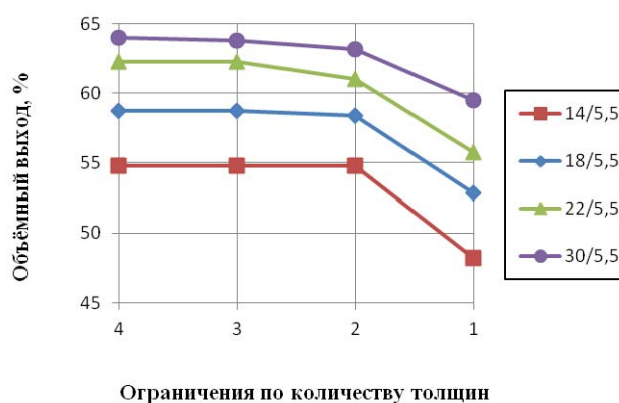
При проектировании производственных процессов крупных лесопильных предприятий с пакетным обращением пиломатериалов всегда [1–5] встаёт вопрос оптимизации количества толщин досок в поставе. С одной стороны, с увеличением количества толщин досок в поставе в соответствии с теорией раскря брёвен увеличивается объёмный выход пиломатериалов, а значит, возрастает выручка предприятия. С другой стороны, с увеличением количества толщинкратно возрастает число сорторазмеров пиломатериалов, а значит, увеличивается количество карманов-накопителей сортировочно-пакетирующего оборудования, растут габариты и металлоёмкость автоматизированных линий, а также объёмы межоперационных запасов между всеми цехами, участками и линиями лесопильного производства. В результате весьма значительно возрастают затраты на производство пиломатериалов. Данная проблема до сих пор теоретически не решена. На практике крупные производители пакетированных пиломатериалов эмпирически пришли к использованию, как правило, двухтолщинных поставов [1; 6; 7]. В настоящее время проблема выбора количества толщин в поставе получает новое звучание, поскольку всё более широкое распространение в лесопилении получает бревнопильное оборудование с гибкими поставами, когда для каждого бревна автоматически устанавливается оптимальный постав в соответствии с его формой и размерами [7; 9–18]. Такая посортиментная оптимизация вновь подталкивает лесопильщиков к увеличению количества толщин в поставе. В результате вновь назревает острая необходимость в решении ранее отложенной проблемы определения предельного количества толщин досок в поставе. Для сопоставления потерь от снижения объёмного выхода пиломатериалов с дивидендами от снижения производственных затрат на их производство необходимо прежде всего знать зависимость выхода пиломатериалов от ограничения по количеству досок в поставе. Опираясь на подобные исследования [1], можно предположить, что на эти зависимости оказывают снижающее влияние случайные характеристики формы и размеров брёвен. Поэтому в данной статье решается задача установления предельного (эталонного) влияния ограничения по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов без учёта снижающего влияния случайных характеристик. В дальнейших работах авторов будет рассматриваться корректирующее влияние отмеченных вероятностных характеристик брёвен на объёмный выход пиломатериалов.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения по максимальному количеству толщин досок в поставе прово-

дятся на брёвнах толщиной и длиной 14 см / 5,5 м, 18 см / 5,5 м, 22 см / 3,0 м, 22 см / 5,5 м, 22 см / 6,5 м, 26 см / 5,5 м, 30 см / 5,5 м. Форма бревна принимается за параболоид вращения, объём бревна определяется с помощью формулы, полученной путём математической обработки таблиц объёмов ГОСТ 2708–75 [1]. Толщины досок (мм): 16, 19, 22, 25, 32, 38, 40, 44, 50, 60, 63. Ширины досок: от 75 мм с градацией 25 мм. Длины досок: от 1,5 м с градацией длины – 0,3 м. Оптимальные поставки определяются методом полного перебора [1; 5]. Например, при «машинной распиловке брёвен» диаметром 26 см количество генерируемых конкурирующих поставов достигает 217150. Имитационные исследования процесса раскря брёвен на пиломатериалов осуществляются с использованием математических и имитационных моделей, описанных в работах [1; 3; 5]. Для установления предельного (эталонного) влияния ограничений по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов блоки генерирования случайных характеристик формы (кривизна, эллиптичность), размеров и базирования брёвен [5] отключаются. Не используются также технологические ограничения по согласованию проходов и минимальной разности толщин досок в поставе. При имитации продольной распиловки брёвен и обрезке боковых досок в компьютерной программе блокируется разделение брёвен на зоны (цилиндрическая и параболическая) и не используется операция искусственного формирования обзола. Так как блоки генерирования случайных характеристик брёвен и процессов их раскря в данных исследованиях не используются, то в машинных экспериментах каждым поставом «распиливается 1 бревно». При этом поочерёдно используется только одно технологическое ограничение из списка: «не более 4 толщин»; «не более 3 толщин»; «не более 2 толщин»; «не более 1 толщины».

Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке.



Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в оптимальном поставе

Оптимальные поставки при различных ограничениях по количеству толщин пиломатериалов в поставе

Диаметр/ длина, см/м	Ограничение количества толщин, не более	Оптимальный постав, мм	Объёмный выход, %
14/3,0	4	16*2-75-16*2; 16-32-40-32-16	55,1876
14/3,0	3	16*2-75-16*2; 16-32-40-32-16	55,1876
14/3,0	2	125; 16*2-44-16*2	53,0821
14/3,0	1		
14/5,5	4	125; 16*2-50-16*2	54,8008
14/5,5	3	125; 16*2-50-16*2	54,8008
14/5,5	2	125; 16*2-50-16*2	54,8008
14/5,5	1	125; 16*7	48,2317
14/6,5	4	125; 16-19-50-19-16	53,5404
14/6,5	3	125; 16-19-50-19-16	53,5404
14/6,5	2	125; 16*2-50-16*2	53,1765
14/6,5	1		
18/3,0	4	16*2-125-16*2; 16*2-38*3-16*2	60,2383
18/3,0	3	16*2-125-16*2; 16*2-38*3-16*2	60,2383
18/3,0	2	16*2-125-16*2; 16*2-38*3-16*2	60,2383
18/3,0	1		
18/5,5	4	16-19-100-19-16; 16-44*3-16	58,7398
18/5,5	3	16-19-100-19-16; 16-44*3-16	58,7398
18/5,5	2	16*2-100-16*2; 16-44*3-16	58,3600
18/5,5	1	16*2-100-16*2; 16*9	52,8577
18/6,5	4	16-19-100-19-16; 16-38-60-38-16	58,2558
18/6,5	3	16-19-100-19-16; 16-44*3-16	58,0858
18/6,5	2	16*2-100-16*2; 16-44*3-16	57,8591
18/6,5	1		
22/3,0	4	16-22-125-22-16; 16*2-50-63-50-16*2	63,4168
22/3,0	3	16*3-125-16*3; 16*2-50-63-50-16*2	61,9882
22/3,0	2	19*2-125-19/2; 19*2-50*3-19*2	60,6162
22/3,0	1	16*3-100-16*3; 16*11	52,4297
22/5,5	4	16*2-22-100-22-16*2; 16-60*3-16	62,2512
22/5,5	3	16*2-22-100-22-16*2; 16-60*3-16	62,2512
22/5,5	2	16*3-100-16*3; 16-60*3-16	60,9873
22/5,5	1	22*2-125-22*2; 22*9	55,7554
22/6,5	4	16-19-150-19-16; 16*2-40-63-40-16*2	61,6637
22/6,5	3	16*2-150-16*2; 16*2-40-63-40-16*2	61,6444
22/6,5	2	16*2-150-16*2; 16*2-44*3-16*2	60,2797
22/6,5	1	16*3-100-16*3; 16*11	53,6248
26/3,0	4	19-22-150-22-19; 19-63*3-19	63,8489
26/3,0	3	19-22-150-22-19; 19-63*3-19	63,8489
26/3,0	2	19*2-150-19*2; 19-63*3-19	63,1491
26/3,0	1		
26/5,5	4	19-25-150-25-19; 16*2-63*3-16*2	63,5182
26/5,5	3	16*2-25-150-25-16*2; 16*2-63*3-16*2	63,5014
26/5,5	2	16*3-150-16*3; 16*2-63*3-16*2	63,4760
26/5,5	1	19*3-150-19*3; 19*13	56,8730
26/6,5	4	16*2-22-150-22-16*2; 16*2-63*3-16*2	63,1596
26/6,5	3	16*2-22-150-22-16*2; 16*2-63*3-16*2	63,1596
26/6,5	2	16*3-150-16*3; 16*2-63*3-16*2	62,7547
26/6,5	1		
30/3,0	4	16-19-25-150-25-19-16; 16-25-60-63-60-25-16	64,5061
30/3,0	3	16-22*2-150-22*2-16; 16-22-63*3-22-16	64,1755
30/3,0	2	16*2-40-125-40-16*2; 16*2-40*5-16*2	62,2530
30/3,0	1		
30/5,5	4	16*2-38-150-38-16*2; 16-22*2-63*3-22*2-16	63,9779
30/5,5	3	16*2-38-16*2; 16*2-38-50*3-38-16,2	63,7707
30/5,5	2	16*4-150-16*4; 16*3-63*3-16*3	63,1362
30/5,5	1	25*3-150-25*3; 25*11	59,4602

Окончание таблицы

Диаметр/ длина, см/м	Ограничение количества толщин, не более	Оптимальный постав, мм	Объёмный выход, %
30/6,5	4	16*2-19-40-100-40-19-16*2; 16-38-60-63-60-38-16	63,8233
30/6,5	3	16*3-25-150-25-16*3; 16*2-25-60*3-25-16*2	63,3347
30/6,5	2	16*4-150-16*4; 16*3-63*3-16*3	62,2334
30/6,5	1		

По таблице и рисунку видно, что при всех представленных толщинах брёвен и наиболее распространённой [1] длине 5,5 м. зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения толщин досок в поставе имеют два ярко выраженных участка: 4-3-2 – участок слабой зависимости и 2-1 – участок сильной зависимости. На первом участке максимально возможные объёмные выходы при ограничениях 4-3-2 соответственно составляют: для брёвен 14/5,5 – 54,8008; 54,8008; 54,8008; для брёвен 18/5,5 – 58,7398; 58,7398; 58,3600; для 22/5,5 – 62,2512; 62,2512; 60,9873; для 30/5,5 – 63,9779; 63,7707; 63,1362. На втором участке: для брёвен 14/5,5 – 54,8008; 48,2317; для 18/5,5 – 58,3600; 52,8577; для 22/5,5 – 60,9873; 55,7554; для 30/5,5 – 63,1362; 59,4602. Таким образом, ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода от 0 до 0,2072 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – от 0 до 1,2639 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,6760...6,5691 %.

Итак, анализ показывает, что если можно пренебрегать снижением объёмного выхода до 0,2 %, то следует исключать из рассмотрения четырёхтолщинные поставки, а если допустимо из соображений гармонизации производственного процесса снижение выхода до 1,3 %, то целесообразно отказываться также от трёхтолщинных поставов. Однако следует иметь в виду, что при некоторых сочетаниях размеров брёвен при переходе на малотолщинные поставки наблюдается скачок потерь объёмного выхода. Например, как видно по таблице, для брёвен 22/3 замена четырёхтолщинного оптимального постава на трёхтолщинный оптимальный постав вызывает снижение объёмного выхода на 1,43 %. Для брёвен 14/3 отказ от трёхтолщинного постава обуславливает снижение выхода на 2,1 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Зависимости объёмного выхода пиломатериалов от величины ограничения толщин досок в поставе имеют два ярко выраженных участка: 4-3-2 толщины досок в поставе – участок слабой зависимости и 2-1 – участок сильной зависимости.

2. Ужесточение ограничений от «не более 4-х толщин в поставе» до «не более 3-х» приводит к снижению объёмного выхода от 0 до 0,2072 %, а – от «не более 3-х» до «не более 2-х» – от 0 до 1,2639 %. Переход к ограничению «не более 1-й толщины» от «не более 2-х» обуславливает весьма значительное снижение объёмного выхода на 3,6760...6,5691 %.

3. Если можно пренебрегать снижением объёмного выхода до 0,2 %, то следует исключать из рассмот-

рения четырёхтолщинные поставки, а если допустимо из соображений гармонизации производственного процесса снижение выхода до 1,3 %, то целесообразно отказываться также от трёхтолщинных поставов.

4. При некоторых сочетаниях размеров брёвен при переходе на малотолщинные поставки наблюдается скачок потерь объёмного выхода.

5. Можно предположить, что на выявленные зависимости оказывают снижающее влияние случайные характеристики формы и размеров брёвен. Тогда они показывают предельное (эталонное) влияние ограничения по количеству досок в поставе на объёмный выход пиломатериалов. В дальнейших работах авторов будет рассматриваться корректирующее влияние отмеченных вероятностных характеристик брёвен на зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества толщин досок в поставе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

- Огурцов В.В. Теория брусо-развальной распиловки брёвен : монография. Красноярск : СибГТУ, 2011. 230 с.
- Фергин В. Р. Развитие теории раскря пиловочного сырья // Лесн. журн. (Изв. высш. учеб. заведений) 2018. № 4. С. 107–117.
- Каргина Е. В., Матвеева И. С., Огурцов В. В. Теоретические основы расчёта поставов для распиловки брёвен с пороками формы // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1-2. С. 141–145.
- Агапов А. И. Оптимизация раскря пиловочника крупных размеров : монография. Киров : Вятский государственный университет, 2021. 407 с.
- Каргина Е. В., Ридель Л. Н., Матвеева И. С., Огурцов В. В. Алгоритм имитационных исследований экономической эффективности лесопильных предприятий // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 28, № 1-2. С. 146–153.
- Турушев В. Г. Технологические основы автоматизированного производства пиломатериалов. М. : Лесная промышленность, 1975. 208 с.
- Калитевский Р. Е. Лесопиление в XXI веке. Технология, оборудование, менеджмент. Издание второе, исправленное и дополненное. СПб. : ПРО-ФИКС, 2008. 496 с.
- Бегункова Н. О. Применение информационно-математического моделирования для прогнозирования выхода радиальных пиломатериалов при развальном способе раскря бревен. Текст: непосредственный // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 2 (54). С. 155–159.
- Глебов И. Т. Развитие лесопильного производства в России : учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 180 с.

10. Makkonen M. *Renewing the sawmill industry: studies on innovation, customer value and digitalization*. Academic Dissertation. Helsinki, Finland, University of Helsinki, 2019. 65 p.
11. Johansson J. Mechanical processing for improved products made from Swedish hardwood // *Acta Wexionensia* 2008, vol. 157, p. 58.
12. Chang S. J., Gazo R. Measuring the Effect of Internal Log Defect Scanning on the Value of Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2009. 59 (11-12), pp. 56–59. DOI: 10.13073/0015-7473-59.11.56.
13. Héberta F., Grondinb F., Plaice J. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry // *Applied Mathematical Modelling*. 2000. Vol. 24, Is. 8-9, pp. 677–687. DOI: 10.1016/S0307-904X(00)00009-3.
14. Hinostroza I., Pradenasa L., Parada V. Board cutting from logs: Optimal and heuristic approaches for the problem of packing rectangles in a circle // *International Journal of Production Economics*. 2013. Vol. 145, Is. 2, pp. 541–546. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.04.047.
15. Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawn Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3), pp. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.
16. Lin W., Wang J., Wu J., Vallance D. De. Log Sawing Practices and Lumber Recovery of Small Hardwood Sawmills in West Virginia. // *Forest Products Journal*. 2011. No 61 (3), pp. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.
17. Montero R. S., Moya R. Reducing Warp and Checking in 4 by 4 Beams from Small-Diameter Tropical Species (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, and *Cordia alliodora*) Obtained by Turning the Pith Inside Out // *Forest Products Journal*. 2015. No 65 (5-6), pp. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.
18. Murara Junior M. I., M. P. da Rocha, Trugilho P. F. Estimate of pine lumber yield using two sawing methods // *Floresta e Ambiente*. 2013. Vol. 20, No. 4, pp. 556–563. ref. 7.
6. Turushev V. G. Technological foundations of automated production of lumber. M. : Lesnaya promyshlennost', 1975. 208 p.
7. Kaliteevsky R. E. Sawmilling in the XXI century. Technology, equipment, management. Second edition, corrected and enlarged. St. Petersburg : PROFIX, 2008. 496 p.
8. Begunkova N. O. Application of information-mathematical modeling to predict the output of radial lumber in the breakup method of cutting logs. Text: direct // *Systems. Methods. Technologies*. 2022. No. 2 (54), pp. 155–159.
9. Glebov I. T. The development of sawmill production in Russia: a tutorial. St. Petersburg : Lan, 2022. 180 p.
10. Makkonen M. *Renewing the sawmill industry: studies on innovation, customer value and digitalization*. Academic Dissertation. Helsinki, Finland, University of Helsinki, 2019. 65 p.
11. Johansson J. Mechanical processing for improved products made from Swedish hardwood // *Acta Wexionensia* 2008, vol. 157, p. 58.
12. Chang S. J., Gazo R. Measuring the Effect of Internal Log Defect Scanning on the Value of Lumber Produced // *Forest Products Journal*. 2009. 59 (11-12), pp. 56–59. DOI: 10.13073/0015-7473-59.11.56.
13. Héberta F., Grondinb F., Plaice J. Mathematical modeling of curve sawing techniques for lumber industry // *Applied Mathematical Modelling*. 2000. Vol. 24, Is. 8-9, pp. 677–687. DOI: 10.1016/S0307-904X(00)00009-3.
14. Hinostroza I., Pradenasa L., Parada V. Board cutting from logs: Optimal and heuristic approaches for the problem of packing rectangles in a circle // *International Journal of Production Economics*. 2013. Vol. 145, Is. 2, pp. 541–546. DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.04.047.
15. Ikami Y., Matsumura Y., Murata K., Tsuchikawa S. Effect of Crosscutting Crooked Sugi (*Cryptomeria japonica*) Logs on Sawing Yield and Quality of Sawn Lumber // *Forest Products Journal*. 2010. Vol. 60 (3), pp. 244–248. DOI: 10.13073/0015-7473-60.3.244.
16. Lin W., Wang J., Wu J., Vallance D. De. Log Sawing Practices and Lumber Recovery of Small Hardwood Sawmills in West Virginia. // *Forest Products Journal*. 2011. No 61 (3), pp. 216–224. DOI: 10.13073/0015-7473-61.3.216.
17. Montero R. S., Moya R. Reducing Warp and Checking in 4 by 4 Beams from Small-Diameter Tropical Species (*Tectona grandis*, *Gmelina arborea*, and *Cordia alliodora*) Obtained by Turning the Pith Inside Out // *Forest Products Journal*. 2015. No 65 (5-6), pp. 285–291. DOI: 10.13073/FPJ-D-14-00089.
18. Murara Junior M. I., M. P. da Rocha, Trugilho P. F. Estimate of pine lumber yield using two sawing methods // *Floresta e Ambiente*. 2013. Vol. 20, No. 4, pp. 556–563. ref. 7.

REFERENCES

© Огурцов В. В., Каргина Е. В.,
Матвеева И. С., 2023

АВТОРСКАЯ ССЫЛКА

¹**Безруких В. А.** Возможности природопользования бореальной зоны Приенисейской Сибири, с. 206–213

²**Безруких В. А.** Перспективы развития природопользования бореальной зоны Приенисейской Сибири в новых экономических условиях, с. 214–217

Авдеева Е. В., см. ¹Безруких В. А.

Авдеева Е. В., см. ²Безруких В. А.

Алашкевич Ю. Д. Определение силы сдвига слоев течения волокнистой суспензии в полости рабочего цилиндра при её безножевом размоле, с. 248–251

Бабич Н. А., см. Коновалова И. С.

Вайс А. А. Рост и развитие сосняков на северной границе произрастания Красноярского края, с. 218–223

Выводцев Н. В. Изучение процессов роста ясеня маньчжурского по материалам государственной инвентаризации лесов, с. 224–230

Иванов Д. В., см. ¹Безруких В. А.

Каргина Е. В., см. Огурцов В. В.

Каргина Е. В., см. Огурцов В. В.

Козлов Н. В., см. Вайс А. А.

Коновалов Д. Ю., см. Коновалова И. С.

Коновалова И. С. Эколого-ценотическая активность видов растений напочвенного покрова на начальных стадиях формирования лесных культур средней подзоны тайги, с. 231–237

Коротков А. А., см. ²Безруких В. А.

Кузнецова О. А., см. ¹Безруких В. А.

Кузнецова О. А., см. ²Безруких В. А.

Лигаева Н. А., см. ¹Безруких В. А.

Лигаева Н. А., см. ²Безруких В. А.

Матвеева И. С., см. Огурцов В. В.

Матвеева И. С., см. Огурцов В. В.

Норицин Д. В., см. Цепордей И. С.

Огурцов В. В. Влияние толщины и длины бревна на зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе, с. 252–256

Огурцов В. В. Зависимость объёмного выхода пиломатериалов от количества их толщин в поставе, с. 257–261

Паркина О. В. Игорь Юрьевич Коропачинский (1928–2021 гг.), с. 203–205

Смирнов А. В. Влияние географического фактора на степень интрогрессивной гибридизации популяций ели в центральной части Вологодской области, с. 238–242

Усольцев В. А., см. Цепордей И. С.

Фомкина А. А., см. Алашкевич Ю. Д.

Хамитов Р. С., см. Смирнов А. В.

Цепордей И. С. Обоснование использования зимней температуры при прогнозировании климатически обусловленных изменений биомассы лесов Евразии, с. 243–247

AUTHOR'S LINK

¹**Bezrukikh V. A.** Possibilities for environment management in the boreal zone of the Yenisei Siberia, p. 206–213

²**Bezrukikh V. A.** Prospects for the development of nature management in the boreal zone of the Yenisei Siberia under the new economic conditions, p. 214–217

Alashkevich Y. D. Determination of the force of shear of the layers of the flow of a fibrous suspension in the cavity of the working cylinder during its knifeless grinding, p. 248–251

Avdeeva E. V., see ¹Bezrukikh V. A.

Avdeeva E. V., see ²Bezrukikh V. A.

Babich N. A., see Konovalova I. S.

Fomkina A. A., see Alashkevich Y. D.

Ivanov D. V., see ¹Bezrukikh V. A.

Kargina E. V., see Ogurtsov V. V.

Kargina E. V., see Ogurtsov V. V.

Khamitov R. S., see Smirnov A. V.

Konvalov D. Yu., see Konovalova I. S.

Konvalova I. S. Ecological and cenotic activity of ground cover plant species at the initial stages of forest crops formation in middle taiga subzone, p. 231–237

Korotkov A. A., see ²Bezrukikh V. A.

Kozlov N. V., see Vais A. A.

Kuznetsova O. A., see ¹Bezrukikh V. A.

Kuznetsova O. A., see ²Bezrukikh V. A.

Ligaeva N. A., see ¹Bezrukikh V. A.

Ligaeva N. A., see ²Bezrukikh V. A.

Matveeva I. S., see Ogurtsov V. V.

Matveeva I. S., see Ogurtsov V. V.

Noritsin D. V., see Tsepordey I. S.

Ogurtsov V. V. Dependence of the volume yield of sawn work on the number of their thickness in the set, p. 257–262

Ogurtsov V. V. Influence of the thickness and length of a log on the dependence of the volume yield of sawn work on the number of their thickness in the set, p. 252–256

Parkina O. V. Igor Yurievich Koropachinsky (1928–2021), p. 203–205

Smirnov A. V. The influence of the geographical factor on the degree of introgressive hybridization of spruce populations in the central part of the Vologda oblast, p. 238–242

Tsepordey I. S. Rationale of the winter temperature use in forecasting climate-related changes in the biomass of eurasian forests, p. 243–247

Usoltsev V. A., see Tsepordey I. S.

Vais A. A. Growth and development of pine forests on the northern border of growth of Krasnoyarsk region, p. 218–223

Vyvodtsev N. V. Study of the growth processes of the manchurian ash tree based on the materials of the state forest inventory, p. 224–230

