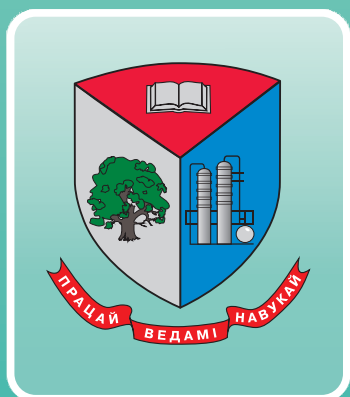


ISSN 2519-402X



ТРУДЫ БГТУ

Научный журнал



Серия 1

**ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО,
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ПЕРЕРАБОТКА
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ**

№ 2 (258) 2022 год

Рубрики номера:

Управление лесами, лесоустройство
и информационные системы в лесном хозяйстве

Лесная экология и лесоводство

Лесовосстановление и лесоразведение

Лесозащита и садово-парковое строительство

Туризм и лесохотничье хозяйство

Лесопромышленный комплекс.
Транспортно-технологические вопросы

Деревообрабатывающая промышленность

Общеинженерные вопросы
лесопромышленного комплекса



Минск 2022

Учреждение образования
«Белорусский государственный
технологический университет»

ТРУДЫ БГТУ

Научный журнал

Издается с июля 1993 года

Серия 1

**ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО,
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ПЕРЕРАБОТКА
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ РЕСУРСОВ**

№ 2 (258) 2022 год

Выходит два раза в год

Минск 2022

Учредитель – учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

Главный редактор журнала – Войтов Игорь Витальевич, доктор технических наук, профессор, Республика Беларусь

Редакционная коллегия журнала:

Шетько С. В., кандидат технических наук, доцент (заместитель главного редактора), Республика Беларусь;
Жарский И. М., кандидат химических наук, профессор (заместитель главного редактора), Республика Беларусь;
Черная Н. В., доктор технических наук, профессор, Республика Беларусь;
Прокопчук Н. Р., член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор, Республика Беларусь;
Водопьянов П. А., член-корреспондент НАН Беларуси, доктор философских наук, профессор, Республика Беларусь;
Новикова И. В., доктор экономических наук, профессор, Республика Беларусь;
Наркевич И. И., доктор физико-математических наук, профессор, Республика Беларусь;
Куликович В. И., кандидат филологических наук, доцент, Республика Беларусь;
Торчик В. И., доктор биологических наук, Республика Беларусь;
Барчик Стэфан, доктор наук, профессор, Словацкая Республика;
Жантасов К. Т., доктор технических наук, профессор, Республика Казахстан;
Харша Ратнавира, доктор наук, профессор, Королевство Норвегия;
Пайвинен Ристо, доктор наук, профессор, Финляндская Республика;
Шкляр Б. Ш., профессор, Государство Израиль;
Кох Барбара, доктор наук, профессор, Федеративная Республика Германия;
Лакида П. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Украина;
Головко М. Ф., член-корреспондент НАН Украины, доктор физико-математических наук, профессор, Украина;
Бир Петр, доктор технических наук, профессор, Республика Польша;
Савельев А. Г., кандидат технических наук, профессор, Латвийская Республика;
Агриракис Панос, доктор наук, Греческая Республика;
Горинштейн Ш., доктор наук, профессор, Государство Израиль;
Эркаев А. У., доктор технических наук, профессор, Республика Узбекистан;
Башкиров В. Н., доктор технических наук, профессор, Российская Федерация;
Каклаускас А., доктор экономических наук, профессор, Литовская Республика;
Каухова И. Е., доктор фармацевтических наук, профессор, Российская Федерация;
Хассель Л. Г., доктор наук, профессор, Королевство Швеция;
Флюрик Е. А., кандидат биологических наук, доцент (секретарь), Республика Беларусь.

Редакционная коллегия серии:

Черная Н. В., доктор технических наук, профессор (главный редактор серии), Республика Беларусь;
Козлов Н. Г., доктор химических наук, профессор (заместитель главного редактора серии), Республика Беларусь;
Звягинцев В. Б., кандидат биологических наук, доцент, Республика Беларусь;
Каплич В. М., доктор биологических наук, профессор, Республика Беларусь;
Крук Н. К., кандидат биологических наук, доцент, Республика Беларусь;
Носников В. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Республика Беларусь;
Шетько С. В., кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь;
Торчик В. И., доктор биологических наук, Республика Беларусь;
Парфенов В. И., академик НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор, Республика Беларусь;
Булавик И. М., доктор сельскохозяйственных наук, Республика Беларусь;
Кох Барбара, доктор наук, профессор, Федеративная Республика Германия;
Лакида П. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Украина;
Бабай Б. Я., кандидат технических наук, доцент, Украина;
Герц Э. Ф., доктор технических наук, профессор, Российская Федерация;
Пайвинен Ристо, доктор наук, профессор, Финляндская Республика;
Саевич К. Ф., доктор биологических наук, профессор, Республика Беларусь;
Сарнацкий В. В., доктор биологических наук, Республика Беларусь;
Валентиниане Инга, кандидат технических наук, доцент, Литовская Республика;
Усенья В. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Республика Беларусь;
Коробко Е. В., доктор технических наук, профессор, Республика Беларусь;
Вавилов А. В., доктор технических наук, профессор, Республика Беларусь;
Бир Петр, доктор технических наук, профессор, Республика Польша;
Барчик Стэфан, доктор наук, профессор, Словацкая Республика;
Савельев А. Г., кандидат технических наук, профессор, Латвийская Республика;
Балтрушайтис Антанас, кандидат технических наук, Литовская Республика;
Башкиров В. Н., доктор технических наук, профессор, Российская Федерация;
Богданович Н. И., доктор технических наук, профессор, Российская Федерация;
Игнатович Л. В., кандидат технических наук, доцент (ответственный секретарь), Республика Беларусь;
Гордей Д. В., кандидат биологических наук (секретарь), Республика Беларусь.

Адрес редакции: ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.

Телефоны: главного редактора журнала – (+375 17) 343-94-32;

главного редактора серии – (+375 17) 374-80-46.

E-mail: root@belstu.by, <http://www.belstu.by>

Свидетельство о государственной регистрации средств массовой информации
№ 1329 от 23.04.2010, выданное Министерством информации Республики Беларусь.

Журнал включен в «Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований»

Educational institution
“Belarusian State Technological University”

PROCEEDINGS OF BSTU

Scientific Journal

Published monthly since July 1993

Issue 1

**FORESTRY.
NATURE MANAGEMENT.
PROCESSING OF RENEWABLE
RESOURCES**

No. 2 (258) 2022

Published biannually

Minsk 2022

Publisher – educational institution “Belarusian State Technological University”

Editor-in-chief – Voitau Ihar Vital’evich, DSc (Engineering), Professor, Republic of Belarus

Editorial (Journal):

Shet’ko S. V., PhD (Engineering), Associate Professor (deputy editor-in-chief), Republic of Belarus;
Zharskiy I. M., PhD (Chemistry), Professor (deputy editor-in-chief), Republic of Belarus;
Chernaya N. V., DSc (Engineering), Professor, Republic of Belarus;
Prokopchuk N. R., Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Republic of Belarus;
Vodop’yanov P. A., Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Philosophy), Professor, Republic of Belarus;
Novikova I. V., DSc (Economics), Professor, Republic of Belarus;
Narkevich I. I., DSc (Physics and Mathematics), Professor, Republic of Belarus;
Kulikovich V. I., PhD (Philology), Associate Professor, Republic of Belarus;
Torchik V. I., DSc (Biology), Republic of Belarus;
Barcik Štefan, DSc, Professor, Slovak Republic;
Zhantasov K. T., DSc (Engineering), Professor, Republic of Kazakhstan;
Harsha Ratnaweera, DSc, Professor, Kingdom of Norway;
Paivinen Risto, DSc, Professor, Republic of Finland;
Shklyar B. Sh., Professor, State of Israel;
Koch Barbara, DSc, Professor, Federal Republic of Germany;
Lakida P. I., DSc (Agriculture), Professor, Ukraine;
Golovko M. F., Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, DSc (Physics and Mathematics), Professor, Ukraine;
Beer Piotr, DSc (Engineering), Professor, Republic of Poland;
Savel’yev A. G., PhD (Engineering), Professor, Republic of Latvia;
Agryrakis Panos, DSc, Republic of Greece;
Gorinshteyn Sh., DSc, Professor, State of Israel;
Erkayev A. U., DSc (Engineering), Professor, Republic of Uzbekistan;
Bashkirov V. N., DSc (Engineering), Professor, Russian Federation;
Kaklauskas A., DSc (Economics), Professor, Republic of Lithuania;
Kaukhova I. E., DSc (Pharmaceutics), Professor, Russian Federation;
Hassel L. G., DSc, Professor, Kingdom of Sweden;
Flyurik E. A., PhD (Biology), Associate Professor (secretary), Republic of Belarus.

Editorial (Issue):

Chernaya N. V., DSc (Engineering), Professor (managing editor), Republic of Belarus;
Kozlov N. G., DSc (Chemistry), Professor (sub-editor), Republic of Belarus;
Zvyagintsev V. B., PhD (Biology), Associate Professor, Republic of Belarus;
Kaplich V. M., DSc (Biology), Professor, Republic of Belarus;
Kruk N. K., PhD (Biology), Associate Professor, Republic of Belarus;
Nosnikov V. V., PhD (Agriculture), Associate Professor, Republic of Belarus;
Shet’ko S. V., PhD (Engineering), Associate Professor, Republic of Belarus;
Torchik V. I., DSc (Biology), Republic of Belarus;
Parfenov V. I., Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Biology), Professor, Republic of Belarus;
Bulavik I. M., DSc (Agriculture), Republic of Belarus;
Koch Barbara, DSc, Professor, Federal Republic of Germany;
Lakida P. I., DSc (Agriculture), Professor, Ukraine;
Babay B. Ya., PhD (Engineering), Associate Professor, Ukraine;
Gerts E. F., DSc (Engineering), Professor, Russian Federation;
Paivinen Risto, DSc, Professor, Republic of Finland;
Saevich K. F., DSc (Biology), Professor, Republic of Belarus;
Sarnatskiy V. V., DSc (Biology), Republic of Belarus;
Valentiniane Inga, PhD (Agriculture), Associate Professor, Republic of Lithuania;
Usenya V. V., DSc (Agriculture), Professor, Republic of Belarus;
Korobko E. V., DSc (Engineering), Professor, Republic of Belarus;
Vavilov A. V., DSc (Engineering), Professor, Republic of Belarus;
Beer Piotr, DSc (Engineering), Professor, Republic of Poland;
Barcik Štefan, DSc, Professor, Slovak Republic;
Savel’yev A. G., PhD (Engineering), Professor, Republic of Latvia;
Baltrushaitis Antanas, PhD (Engineering), Republic of Lithuania;
Bashkirov V. N., DSc (Engineering), Professor, Russian Federation;
Bogdanovich N. I., DSc (Engineering), Professor, Russian Federation;
Ignatovich L. V., PhD (Engineering), Associate Professor (executive editor), Republic of Belarus;
Gordey D. V., PhD (Biology) (secretary), Republic of Belarus.

Contact: 13a, Sverdlova str., 220006, Minsk.

Telephones: editor-in-chief (+375 17) 343-94-32;

managing editor (+375 17) 374-80-46.

E-mail: root@belstu.by, <http://www.belstu.by>

УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ, ЛЕСОУСТРОЙСТВО И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

FOREST MANAGEMENT, FOREST INVENTORY AND INFORMATION SYSTEMS IN FORESTRY

УДК 630*526:630*527

С. И. Минкевич, Н. П. Демид, В. В. Коцан, П. В. Севрук, М. В. Балакир

Белорусский государственный технологический университет

ТАКСАЦИЯ И ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ УЧЕТ ЗАГОТОВЛЕННЫХ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

В работе рассматриваются применяемые методы таксации лесоматериалов, используемые лесотаксационные нормативы, в том числе в исторической ретроспективе. Основная таблица используемого стандарта ГОСТ 2708-75 разработана А. А. Крюдиным для еловых комлевых бревен, затем стандарт был распространен на бревна всех пород. Предложен подход корректировки основной таблицы ГОСТ 2708-75 на основе использования местных данных о сбегах стволов (для среднего разряда высот по каждой породе с учетом конкретных сочетаний диаметров и длины сортиментов). Белорусские пользователи ЕГАИС отмечают, что внедрение электронной системы учета древесины не отменило бумажный документооборот: необходимость оформления в лесных условиях товарно-транспортных накладных (ТТН) в бумажном виде в 4 экземплярах (в том числе стоимостной учет и пр.); печать ТД Лес в ЕГАИС в 3 экземплярах. В польском лесном хозяйстве документ на отпуск лесопроductии не включает стоимостные данные. В украинском лесном хозяйстве в лесных условиях печатается только провозной документ (ТТН-ліс), заполнение бумажных версий ТТН не требуется. В зарубежных странах основной лесной метод определения объемов заготавливаемых лесоматериалов на лесосеке – использование данных бортового компьютера харвестера. Для корректного определения объема заготовленных лесоматериалов требуется постоянная калибровка механизма считывания параметров заготавливаемых бревен и определения их объема.

Ключевые слова: учет древесины, таксация лесопроductии, лесоматериалы круглые, метод поштучный, таблицы объемов, метод штабельный, система электронная.

Для цитирования: Минкевич С. И., Демид Н. П., Коцан В. В., Севрук П. В., Балакир М. В. Таксация и хозяйственный учет заготовленных круглых лесоматериалов: история и современность // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 5–19.

S. I. Minkevich, N. P. Demid, V. V. Kotsan, P. V. Sevruk, M. V. Balakir

Belarusian State Technological University

MEASUREMENTS AND ACCOUNTING OF HARVESTED ROUND WOOD: HISTORY AND PRESENT

The paper considers the applied methods of measurements of round wood, used forest measurements standards, including in historical retrospect. The main table of the used standard GOST 2708-75 was developed by A. A. Krudiner for spruce butt logs, then the standard was extended to logs of all species. An approach is proposed for correcting the main table of GOST 2708-75 based on the use of local data on stem form values (for the average height category for each species, taking into account specific combinations of diameters and lengths of assortments). Belarusian users of the State Automated Information System (EGAIS) note that the introduction of the electronic accounting system has not

canceled paper document flow (including the need to issue waybill (TTN) in paper form in 4 copies in forest conditions (including cost accounting data, etc.); print TD-Les EGAIS waybill in 3 copies)). In the Polish forestry, the document for sale of forest products does not include cost data. In Ukrainian forestry, in forest conditions, only the transport document (TTN-lis) is printed, filling out paper versions of the TTN is not required. In foreign forest countries, the main forest method for determining the volumes of harvested wood in a logging area is the use of harvester on-board computer data. To correctly determine the volume of harvested timber, constant calibration of the mechanism for reading the parameters of harvested logs and determining their volume is required.

Key words: accounting of wood, measurements of harvested timber, round wood, piece by piece method, volume tables, geometric method, electronic system.

For citation: Minkevich S. I., Demid N. P., Kotsan V. V., Sevruc P. V., Balakir M. V. Measurements and accounting of harvested round wood: history and present. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 5–19 (In Russian).

Введение. В соответствии с действующими нормативно-правовыми актами (НПА) основной объем древесины реализуется лесхозами Беларуси в заготовленном виде. Совершенствование методов таксации заготовленных круглых лесоматериалов (КЛМ), дальнейшее развитие технологий хозяйственного учета актуальны для лесного комплекса страны. Согласно Указу Президента Республики Беларусь № 50 от 18.02.2021 «О совершенствовании деятельности по учету древесины» в лесном хозяйстве осуществлен переход к использованию единой государственной автоматизированной информационной системы учета древесины и сделок с ней (ЕГАИС). В этой связи также представляет интерес анализ зарубежного опыта внедрения и функционирования электронных систем учета древесины.

В работе рассматриваются применяемые методы таксации лесоматериалов, используемые лесотаксационные нормативы, в том числе в исторической ретроспективе; использованы литературные и статистические данные, накопленный опыт авторов и экспертные мнения практических работников. Классические ручные методы таксации КЛМ, используемые в лесных условиях, не потеряли актуальности.

Основная часть. Несомненно, что какие-то приемы учета заготовленной древесины применялись на территории современной Беларуси в Средневековье, в период ВКЛ и Речи Посполитой, когда уже существовал внутренний и внешний рынок лесной древесной продукции [1]. Поскольку внешняя торговля осуществлялась с Западной Европой, в том числе с Пруссией (через порты Балтики) [1], очевидно, что это были передовые методики того времени, скорее всего, основанные на применении формул стереометрии (и, возможно, таблиц) для поштучного учета ценных сортиментов (типа слипперов, ванчесов, мачтового леса и пр.). На внутреннем рынке, вероятно, применялся и групповой учет для малоценной продукции, прежде всего для дров

(например, единицей могла быть стандартная гужевая повозка). Детали тех методов нам пока неизвестны, еще ждут своего заинтересованного исследователя в архивах, значительная часть которых находится за рубежом.

О разработке специальных нормативов для учета круглого леса в период нахождения наших земель в составе Российской империи достоверно известно из источников: в конце 19 – начале 20 в. многие крупные российские лесоводы (Арнольд, Тур, Турский, Климашевский, Рудзкий, Орлов и др.) [2, 3] по различным методикам составили свои таблицы объемов бревен для поштучного учета. Однако широкое применение получили только таблицы А. А. Крюденера (1913), основанные на ранее составленных им же таблицах объема и сбег ствол ели, однако рекомендованные к применению для всех древесных пород [2–4]. Эти таблицы учитывали только верхний диаметр и длину сортиментов, т. е. предназначались для массового учета бревен (партий, а не отдельных сортиментов) в предположении, что их средний сбеги приемлемо отличается от табличного. Впоследствии Г. М. Турским (1925) эти нормативы были пересчитаны из традиционных русских [2] (или дюймовых? [4]) единиц в метрические меры, а в 1944 г. после некоторых расчетных дополнений профессора Н. П. Анучина по размерам и графическому выравниванию таблицы объемов КЛМ утверждены в качестве ГОСТ 2708-44. В 1975 г. профессором Анучиным упомянутые таблицы еще раз камерально расширены и дополнены по диаметрам и длинам, в том числе на основании обмера 4011 бревен ряда пород в связи с большими систематическими ошибками (в среднем до 26,1% [2]) для мелких сортиментов из вершинной части стволов (с повышенным сбегом не менее 1 см/м) составлена отдельная таблица [2]. Введенный тогда же ГОСТ 2708-75 впоследствии переутвержден, его 4 таблицы (для срединнокомлевых бревен, рудничного коротыя, длинных (мачтовых) и вершинных бревен) в Беларуси

применяются до сих пор, являясь основным нормативом при поштучном ручном учете КЛМ. Множительные таблицы ГОСТа широко известны у практиков под профессионально-жаргонным названием «кубатурник». В советский период было замечено [5], что сбега в таблицах стволов по Крюденеру отличается от сбега в таблицах Союзлеспрома, к которым восходят сортиментные таблицы для многих территорий бывшего СССР [2], что дало основание аналогичным методом составить «союзлеспромские» таблицы объемов бревен для срединно-комлевой части (70% от длины стволов [5]) и вычислить для каждого разряда высот сортиментных таблиц поправочные коэффициенты для корректирования данных таблицы ГОСТа. Эти коэффициенты [5] и соответствующие им рассчитанные нами средние систематические ошибки представлены в табл. 1. Видно, что отклонения объемов КЛМ из сортиментных таблиц особенно велики в крайних разрядах. Видимо, данный подход к корректировке основной таблицы ГОСТ 2708-75 может быть применен и в нашей стране путем использования местных данных о сбегах (для среднего разряда высот по каждой породе).

При этом поправки следует вычислить и внести с учетом конкретных сочетаний диаметров и длины сортиментов, а также учесть соотношения чистых пород в объеме заготовок.

Отметим, что в Финляндии [6] существуют разные таблицы объемов еловых и сосновых бревен для северной и южной частей страны, т. е. для разных средних классов бонитета и, следовательно, для разного среднего сбега.

В последнем национальном стандарте по учету круглых лесоматериалов СТБ 1667-2012 [7] закреплены для применения еще несколько поштучных методов учета. При этом секционный

метод автоматизированного определения объема устройствами харвестеров и продольных транспортеров для калибровки также предусматривает использование таблиц ГОСТа, а несколько более точные (основанные на применении стереометрических формул) методы срединного сечения и двух (концевых) сечений значительно более трудоемки и поэтому могут применяться не в качестве основных рабочих, а только экспертных методов.

Групповые методы учета в Беларуси практикуют издавна. В основном используется метод, именуемый сейчас [7] штабельным, а ранее – геометрическим. Он основан на использовании коэффициентов полндревесности (заполнения), отражающих долю древесины в полном (складочном, вместе с воздушными промежутками между сортиментами) объеме сформированных штабелей или пачек. Для разных условий применения (КЛМ и различных сечений дров на малых лесных складах, в том числе на лесосеках; КЛМ на больших лесных складах; при перевозке судами; при сплаве плотами; автомобильным и железнодорожным транспортом) разработаны и отражены в ряде стандартов советского периода системы соответствующих коэффициентов и условия их определения и применения. При этом, как и в действующих национальных стандартах СТБ 1667-2012, СТБ 1510-2012 [8], предусматривалось непосредственное определение коэффициентов полндревесности путем измерений выборок параметров сортиментов, а также использование таблиц рекомендованных коэффициентов – последнее в данный период является наиболее распространенной практикой. Таким образом, результат применения штабельного метода в значительной мере определяется надежностью таблиц коэффициентов полндревесности.

Таблица 1

Поправки П к объемам бревен из табл. 1 ГОСТ 2708-75 относительно аналогичного норматива, составленного на основании таблиц Союзлеспрома, а также соответствующие этим поправкам систематические ошибки С

Порода	Показатель	Значения показателей по разрядам высот							В среднем
		1б	1а	1	2	3	4	5	
Сосна	П	0,9385	0,9566	0,9705	0,9908	1,0107	1,0356	1,0507	0,9933
Ель	П	–	0,9625	0,9792	0,9953	1,0087	1,0203	1,0526	1,0031
Дуб	П	–	0,9590	0,9700	0,9779	1,0043	1,0301	1,0543	1,0090
Осина	П	–	0,9699	0,9790	0,9830	1,0080	1,0250	–	0,9930
Береза	П	–	0,9720	0,9833	1,0065	1,0124	1,0336	–	1,0016
Сосна	С	–6,2	–4,3	–3,0	–0,9	+1,1	+3,6	+5,1	–0,7
Ель	С	–	–3,8	–2,1	–0,5	+0,9	+2,0	+5,3	+0,3
Дуб	С	–	–4,1	–3,0	–2,2	+0,4	+3,0	+5,4	+0,9
Осина	С	–	–3,0	–2,1	–1,7	+0,8	+2,5	–	–0,7
Береза	С	–	–2,8	–1,7	+0,6	+1,2	+3,4	–	+0,2
В среднем	–	–	–3,6	–2,4	–0,9	+0,9	+2,9	+5,3	0,0

Относительно деловых КЛМ в более ранней версии местного стандарта (СТБ 1667-2006 [9]) указано, что для них коэффициенты полноресурсности установлены с учетом данных 2003 г. российского центра «Лесэксперт» АО ЦНИИМЭ, а также белорусских материалов «контрольных измерений штабелей балансов, проводимых специалистами организаций Минлесхоза» [9].

Групповой метод среднего объема дополнительно рекомендован для учета КЛМ действующими национальными нормативными актами [7], но практически не применяется из-за того, что не дает преимущества в снижении погрешности (те же $\pm 5\%$ средней ошибки в объеме, что и при штабельном методе) при большей трудоемкости и сложности (требуется подсчет и учет числа бревен в штабеле, обязательный обзор диаметров не менее чем 10% сортиментов).

Весовой метод [2] предусматривает деление веса древесины нетто на вес единицы ее объема, что можно выполнять только в условиях нижнего склада с наличием стационарных весов соответствующей немалой грузоподъемности на организованной площадке. Этот метод также был застандартизирован в советский период (ОСТ 13-59-82 «Лесоматериалы круглые. Весовой метод определения объема и оценка качества»). Он оперативен, однако сложен технологически, требует специального оборудования, и в Беларуси его применяют немногие субъекты хозяйствования только для текущего внутреннего учета, а не для расчетов за лесопroduкцию. Вес единицы объема древесины объективно зависит от множества непостоянных факторов, его установление с приемлемой погрешностью требует наличия специализированной лаборатории, которая постоянно проводит измерения коэффициентов «объем/масса» по значительным статистически обоснованным выборкам, что могут себе позволить предприятия с годовыми объемами лесозаготовок в сотни тысяч кубометров.

Ниже представлены краткие положения по результатам анализа зарубежного и современного белорусского опыта таксации и хозяйственного учета заготовленных КЛМ.

Российская Федерация. Для определения объема КЛМ применяется межгосударственный стандарт ГОСТ 32594-2013 «Лесоматериалы круглые. Методы измерений» (введен с 01.01.2015) [10]. В стандарте изложены основные положения европейского стандарта EN 1309-2:2006. Методы определения объема лесоматериалов объединены в две большие группы: поштучные и групповые методы. Предложены к использованию следующие поштучные методы: а) метод срединного сечения; б) метод усеченного конуса; в) секционный метод; г) метод верхнего диаметра и среднего сбега; д) метод таблиц объемов по

ГОСТ 2708; е) метод концевых сечений; ж) метод измерения объема круглых лесоматериалов по верхнему диаметру и сбегу. Очевидно, что практическое применение сохраняет метод таблиц объемов по ГОСТ 2708 [11, 12].

Из групповых методов предложены: а) групповой метод определения объема бревен в штабеле, сформированном на складе (на земле); б) групповой метод определения объема бревен в штабеле, сформированном на железнодорожном и автомобильном транспорте; в) весовой метод определения объема партии. Стандарт указывает, что «выбор метода зависит от требуемой нормы точности определения объема лесоматериалов и технологичности процесса измерения». Для практических целей, на наш взгляд, следовало более конкретно прописать, в каких случаях необходимо применять предложенные методы таксации лесоматериалов.

В системе стандартов для таксации и учета КЛМ сохранились документы, использовавшиеся на протяжении нескольких десятилетий. Таблицы объемов КЛМ применяются по ГОСТ 2708-75 (как и в Беларуси). Технические условия на КЛМ хвойных и лиственных пород в России приведены соответственно в ГОСТ 9463-2016 и ГОСТ 9462-2016 (сохранил действие также ГОСТ 9462-88), в Беларуси в 2007 г. были приняты СТБ 1711-2007 и СТБ 1712-2007. По маркировке лесоматериалов в России действует ГОСТ 2292-88, в Республике Беларусь в 2016 г. введен СТБ 2426-2015 [13].

Для контроля за лесозаготовками, импортом, экспортом и внутренними продажами древесины внедрена единая государственная автоматизированная информационная система (ЕГАИС учета древесины и сделок с ней (ЛесЕГАИС)) [14]. Все индивидуальные предприниматели и юридические лица, занимающиеся торговлей древесиной, обязаны работать через ЛесЕГАИС. Система учета древесины охватывает этапы с момента рубки до покупки конечным покупателем. Отличительной особенностью российского опыта ЛесЕГАИС является наличие большого количества лесопользователей, которые самостоятельно регистрируются в системе учета древесины и обязаны вносить оперативные данные.

Система внедрена с 2015 г., однако с 1 января 2022 г. обязательным условием является оформление электронного сопроводительного документа при транспортировке древесины.

Многие авторы [15–18] отмечают, что в настоящее время существует ряд нерешенных проблем в работе с ЛесЕГАИС России.

Украина. Лесной фонд Украины насчитывает 10,4 млн га (9,6 млн га покрытые лесом), общий запас лесов оценивается в 2,1 млрд м³,

лесистость – 15,9% (9-е место по лесной площади среди европейских стран) [19].

Незаконные рубки составили 54,3 тыс. м³ в 2020 г., что на 54% меньше данных 2019 г. [19]. Внедрение электронного учета древесины (ЭУД) позволило улучшить технологию оперативного хозяйственного учета заготовленной лесопродукции, создать условия прозрачности потоков ее движения, открытости данных для общественности (рисунок). Вопрос создания системы электронного учета древесины в Украине поднимался еще в 2009 г., но тогда так и не был решен. Концепция создания единой государственной системы электронного учета древесины была одобрена еще в 2009 г. Однако электронная система на уровне всех лесопользователей так эффективно тогда и не заработала [19].

Украинский опыт ЭУД – система фиксации и оформления движения лесопродукции с применением средств автоматизации (на всех этапах лесозаготовительных работ) с занесением и передачей информации покладного, штабельного учета с помощью информационных технологий (для дальнейшего использования в бухгалтерском и управленческом учете) [20].

До недавнего времени система ЭУД эксплуатировалась исключительно государственными предприятиями, находящимися в ведении Государственного агентства лесных ресурсов Украины (Гослесенство). В юрисдикции Гослесенства находятся около 73% площадей украинских лесов. Информация об остальных лесах (около 27% на 01.01.2022), движении древесины других лесопользователей (не подключенных в базу данных (БД) ЭУД) в системе отсутствовала [21]. Результатом возобновления активных попыток внедрения

электронного учета стал запуск системы учета древесины на базе ГП «ЛИАЦ» в ноябре 2019 г., а по состоянию на март 2020 г. к системе были подключены уже 526 постоянных лесопользователей, из которых 341 – государственные предприятия, организации и учреждения, 144 – коммунальные предприятия и 41 – другие лесопользователи (95% всей древесины) [19].

В 2021 г. была разработана «Инструкция по ведению электронного учета древесины», которая утверждена приказом Министерства защиты окружающей среды и природных ресурсов Украины (27 сентября 2021 г. № 621) и зарегистрирована в Министерстве юстиции Украины (13 октября 2021 г. за № 1343/36965). Использование инструкции обязательно для всех лесопользователей и лесфондодержателей в Украине. С 01.01.2022 вся древесина, не учтенная в ЭУД, признается незаконной [21].

Основными функциями системы ЭУД являются: 1) онлайн-мониторинг и контроль использования лесных ресурсов; 2) формирование единого реестра учета древесины; 3) анализ и сравнение информационных данных относительно качества и объема древесины на всех этапах лесозаготовки; 4) переход на электронный документооборот, интеграция информационных потоков между системой ЭУД и бухгалтерскими программами; 5) подтверждение легальности заготовки древесины, борьба с ее нелегальным теневым оборотом; 6) повышение эффективности управленческих решений; 7) контроль движения древесины от заготовки до таможенного контроля. В системе функционируют отдельные модули: регистрация, инвентаризация, приемка, перемещение, вывозка, реализация и др. [22].

1. Верхний склад (лесосека)

- Маркировка бирками и учет в смартфоне
- Вывозка и реализация



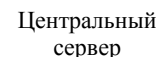
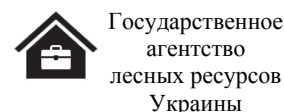
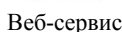
2. Придорожный (промежуточный) склад

- Приемка, складирование
- Разделка хлыстов на сортименты
- Вывозка и реализация



3. Нижний склад (цех переработки)

- Приемка, складирование
- Разделка хлыстов на сортименты
- Маркировка и учет пиломатериалов
- Реализация



Общая схема системы электронного учета древесины в Украине

Одним из важных условий организации электронного учета лесопродукции является своевременная, достоверная, качественная первичная информация по заготовке, хранению, реализации и использованию на собственные нужды лесопродукции на всех стадиях производства и местах хранения. Первичные документы при осуществлении хозяйственной операции составляются с помощью карманного персонального компьютера (КПК), распечатываются на мобильном принтере, информация со всеми необходимыми реквизитами передается средствами телекоммуникаций в бухгалтерию предприятия, производственный отдел и другие структуры подразделений. Государственное предприятие «Укрлесконсалтинг» разработало программное обеспечение (ПО), позволяющее использовать в системе ЭУД смартфоны на операционной системе (ОС) Android. Функционал разработанного ПО позволяет выполнять полный цикл работ по ведению ЭУД и одновременно экономить средства на закупке оборудования. Предлагаемый программный продукт позволяет печатать все необходимые документы с помощью термопринтера АРЕХ 3 и его аналогов, разработанная система адаптирована к производственным процессам.

Процесс ЭУД полностью основывается на электронном документообороте, основу составляет ПО, позволяющее контролировать этапы движения древесины (вся учетная информация передается в электронном виде). Важным результатом работы системы является сокращение бумажного документооборота и различных видов отчетности между производственными подразделениями предприятия, недопущение теневого обращения древесины.

Система ЭУД позволяет отслеживать всю цепочку движения заготовленной древесины (от места ее заготовки до конечного потребителя).

Таким образом, с помощью реестра происхождения древесины по нумерации бирки, которой маркируется древесина, можно проверить данные ее заготовки, а именно: место и время, название заготовочной бригады, характеристику маркированной продукции.

На сегодняшний день именно единая государственная система электронного учета является единственным инструментом, который позволяет государству отслеживать происхождение древесины от момента заготовки до реализации за пределы Украины, и тем самым становится невозможным оборот древесины неизвестного (сомнительного) происхождения [23].

С целью усиления борьбы с теневым рынком древесины общественности предоставляется возможность принимать активное участие в процессе контроля легальности древесины. ГП «ЛИИЦ» Гослесагенства Украины предоставлен открытый и понятный механизм, позволяющий осуществлять проверку законности заготовленных лесоматериалов и новогодних деревьев в режиме онлайн на сайте www.ukrforest.com [24]. В ресурсе для пользователя доступно несколько вариантов формирования запроса (по номеру бирки лесопродукции, новогоднего дерева, номеру транспортного средства (ТС) или товарно-транспортной накладной (ТТН) [24, 25].

Отдельно на базе ГП «ЛИИЦ» был запущен электронный реестр выданных лесорубочных билетов; информация о выданных лесных и лесорубочных билетах субъектами хозяйствования обновляется ежедневно. По состоянию на 16.10.2021 в реестре было обнародована информация о 118,8 тыс. выданных разрешительных билетов на заготовку древесины [19].

В последнее время система ЭУД претерпела значительные доработки и усовершенствования, что позволило более эффективно построить работу по учету древесины (табл. 2).

Таблица 2

Элементы усовершенствования системы электронного учета древесины в Украине

Главные аспекты	Полученный результат
Система ЭУД распространялась на государственные предприятия, находящиеся в ведении Гослесагенства Украины (73% площади лесного фонда)	Инструкция по ведению электронного учета древесины, которая утверждена приказом Министерства защиты окружающей среды и природных ресурсов Украины (27 сентября 2021 г., № 621) и зарегистрирована в Министерстве юстиции Украины (13 октября 2021 г., № 1343/36965), обязательна для использования всеми лесопользователями и владельцами лесов
Недостаточное обеспечение ответственных сотрудников КПК	КПК на ОС Windows заменены более доступными смартфонами на ОС Android
Корректировка ошибочных записей	Создан колл-центр с операторами, которые оперативно вносят изменения
Плохая мобильная связь для передачи данных на сервер	Имеется возможность загрузки данных на сервер при появлении устойчивого сигнала мобильной связи (при выходе в зону уверенного приема сигнала)

Тем не менее в работе системы ЭУД следует выделить некоторые недостатки, в частности: 1) проблема потери бирок (при приемке бирки, набитые на бревна, теряются во время транспортировки либо удаляются третьими лицами при хранении); 2) реализация остатков на складе в случае ухудшения качества древесины со временем; 3) отслеживание цепи поставок лесопроизводства в случае переработки круглых лесоматериалов в пиломатериалы; 4) при поломке ТС перегрузка материалов с одного автомобиля в другой меньшей грузоподъемности.

Польша. Организационная структура управления государственными лесами (7,3 млн га) имеет иерархическую структуру: лесничество – надлесничество – региональная дирекция – генеральная дирекция (национальный уровень). Учет древесины в государственных лесах Польши ведется на разных этапах – от материалов лесоустройства, подготовки лесосек – до заготовки и вывозки лесопроизводства [26].

Процесс учета, контроля заготовки и движения лесопроизводства в государственных лесах объединен в единую информационную подсистему, которая является главной составной частью отраслевой информационной системы System Informatyczny Lasów Państwowych (SILP). SILP представляет собой ИТ-инструмент, учитывающий сложность всех хозяйственных и финансовых процессов и реализующий на практике комплексный подход оперативного хозяйственного, бухгалтерского учета, анализа результатов и планирования деятельности на разных уровнях иерархической структуры управления [27]. Таким образом, в лесном хозяйстве изначально (с начала 1990-х годов) был принят комплексный подход информатизации на основе разработки и постепенного совершенствования единой информационной системы с тематическими подсистемами (хозяйственными и финансовыми блоками) для принятия обоснованных управленческих решений, эффект от которых может быть получен не только «завтра», но и через 80–100 лет [28].

Разработка отдельных (не взаимосвязанных) компьютерных программ не позволяла реализовать комплексный подход информатизации хозяйственного и финансового учета, поддержки принятия оптимальных решений в условиях многовариантности среды и вариативности хозяйственных данных [29, 30].

Первичным источником информации о лесах является лесоустройство. Таксационные характеристики хранятся в поведельных базах данных (БД) на уровне лесничества. Доступ к БД осуществляется через АРМ SILP – в процессе планирования и контроля лесохозяйственных мероприятий (лесовосстановление, подготовка лесосек, материальная оценка) и через ГИС [29].

Как известно, отличительной особенностью польского лесного хозяйства является то, что работы по лесозаготовкам не входят в обязанности надлесничества. Все лесозаготовительные работы выполняются специализированными организациями или частными лицами (на конкурсной основе). Ход лесозаготовительных работ контролируется инженером по надзору и лесничим. Расчет с заготовителем за оказанные услуги выполняется после приемки заготовленной древесины. Ответственным лицом за приемку древесины является лесничий. В присутствии представителя лесозаготовителя производится обмер заготовленной древесины (используется поштучный или геометрический метод). В полевой компьютер (регистратор) лесничего заносится информация об объекте рубок: лесничество, квартал, выдел, рубка, заготовитель. Данные приемки древесины заносятся лесничим в регистратор в полевых условиях. Результаты обмера и осмотра каждого бревна в случае поштучного учета (номер бирки, порода, диаметры верхний и на середине бревна, длина, класс качества) служат входными данными для расчета объема бревна по нормативам, заложенным в программное обеспечение регистратора. Приемка балансовой и дровяной древесины выполняется в штабеле, используется геометрический метод (измерение длины и высоты штабеля в метрах, занесение данных в регистратор; расчет объема древесины); в регистраторе хранится информация о принятом штабеле древесины с уникальным идентификационным кодом (номер бирки). По мере приемки древесины в течение рабочего дня от разных заготовителей лесничий передает в электронном виде данные о принятой древесине в надлесничество. Передача данных происходит исключительно в электронном виде (регистратор – сервер надлесничества). После приемки древесина поступает под охрану лесничего. После регистрации (подтверждения) данных на сервере надлесничества лесничий получает техническую возможность на ее отпуск; электронная система фиксирует приход лесопроизводства на виртуальный склад [29, 30].

Весь складской учет древесины автоматизирован. Первичная информация об объемах заготовленной и оприходованной древесины хранится в БД сервера надлесничества (также цены на продукцию (прайс-лист с минимально допустимыми ценами реализации, а также текущими ценами на древесину (в зависимости от типа и качества) постоянно обновляется)). В полевом регистраторе лесничего хранится информация об объемах заготовленной и оприходованной древесины в лесничестве.

Продажу древесины осуществляет надлесничество. Вышестоящие органы управления устанавливают минимальные цены реализации.

Отпуск древесины главным образом осуществляют лесничества (лесничий). Принимать древесину может сам покупатель или доверенное лицо. В регистратор заносится информация о покупателе, номере ТС, дате отпуска. Учет отпускаемой древесины может быть выполнен до или после погрузки ее на транспорт (в регистратор заносится информация о каждом бревне (поштучный учет (номер бирки)) или штабеле (номер бирки штабеля). После занесения данных в регистратор, лесничий распечатывает на портативном принтере три экземпляра квитанции об отпущенной продукции (с данными о продавце, покупателе, перевозчике, номере ТС, дате отпуска, объеме древесины для всей партии и для каждого бревна (номер, порода, диаметр, объем)). Первый экземпляр – потребителю, второй – в надлесничество, третий – лесничему. Квитанция, переданная потребителю, является официальным документом, подтверждающим право на владение древесиной, и дающим возможность провоза ее по всей территории Польши. При отпуске древесины лесничий не ведет стоимостной учет отпускаемой древесины. Информация об отпущенной древесине в этот же день поступает (в электронном виде) в надлесничество. Отпущенная древесина снимается с учета у лесничего после передачи данных в надлесничество. После получения сведений об отпуске продукции из лесничества надлесничество выписывает счет-фактуру в адрес потребителя. Счет-фактура выписывается на объем древесины, отпущенной потребителю в течение всего рабочего дня.

Таким образом, лесничество не ведет финансовый учет, при отпуске древесины потре-

бителю не указываются цена и стоимость древесины. Особенностью учета круглых лесоматериалов является отсутствие указаний на их целевое назначение (например, сортимент с диаметром в верхнем отрезе 14 см и более (длина не нормирована)). По просьбе потребителя древесина может быть раскряжевана на сортименты требуемой длины, но первоначальный учет и последующий отпуск ведутся без такой раскряжевки. При учете в лесных условиях применяется два основных метода таксации круглых лесоматериалов (поштучный, геометрический).

Республика Беларусь. Реализация круглых лесоматериалов проводится с указанием их назначения. Технические требования к круглым лесоматериалам в зависимости от их назначения установлены в государственных стандартах Республики Беларусь СТБ 1711-2007 «Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия», СТБ 1712-2007 «Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия» [13]. В стандартах установлены конкретные назначения для круглых лесоматериалов 1, 2 и 3-го сортов. Стандарты на лесопродукцию разрабатываются специализированным проектным институтом УП «Белгипролес» [31]. Нормативная база представлена стандартами, которые заменили действующие ранее общесоюзные стандарты (табл. 3, 4).

В то же время уже начиная с годовых биржевых торгов на 2020 г. в лесной отрасли используется механизм реализации круглых лесоматериалов без указания их целевого назначения (по сортам А–D, табл. 5).

Таблица 3

Основные ТНПА таксации и хозяйственного учета круглых лесоматериалов в Беларуси

Обозначение / технологический номер	Наименование	Состояние	Дата введения в действие
СТБ 1667-2012	Лесоматериалы круглые. Методы измерения размеров и определения объема	Взамен	01.07.2012
СТБ 1510-2012	Дрова. Технические условия		01.07.2012
ГОСТ 2708-75	Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов		01.01.1977
ТКП 086-2007 (02080)	Порядок определения коэффициентов перевода массы круглых лесоматериалов в плотный объем	Введен впервые	01.09.2007
СТБ 2426-2015	Лесоматериалы круглые. Правила приемки, методы контроля, сортировка, маркировка и транспортировка		01.03.2016
СТБ 1711-2007	Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия		01.05.2007
СТБ 1712-2007	Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия		01.05.2007
СТБ 2187-2011 (EN 1315:2010)	Лесоматериалы круглые. Классификация по размерам		01.07.2011
СТБ EN 1310-2012	Лесоматериалы круглые и пиломатериалы. Методы измерения пороков		01.07.2012
СТБ EN 1311-2012	Лесоматериалы круглые и пиломатериалы. Методы измерения биологических повреждений		01.06.2012
Серия СТБ EN 844 (2008–2014)	Лесоматериалы круглые и пиломатериалы. Терминология (12 шт.)		

В табл. 5 представлены краткие данные биржевых торгов (со ссылками на используемые стандарты) реализации КЛМ Ивацевичского лесхоза за первый квартал 2020 и 2021 гг. (фрагмент). Анализ показал, что использовались государственные стандарты, гармонизированные с европейскими нормативами (EN), в которых установлены сорта круглых лесоматериалов для отдельных пород, классификация по диаметрам и длине вне зависимости от породы и назначения (табл. 5). Анализ статистических отчетных данных лесхозов показывает, что часть дровяной древесины реализуется по новым стандартам как деловая древесина сорта D, требования по качеству снижены (в сравнении с данными стандартов на КЛМ целевого назначения третьего сорта (табл. 6).

Таким образом, в настоящее время могут использоваться как стандарты 1711-2007, 1712-2007 с указанием назначения КЛМ, так и СТБ, приведенные в соответствии с положениями европейских стандартов (EN) (без указания «назначения»), см. табл. 3, 4. В табл. 6 представлены результаты сравнительного анализа требований по сортности стандартов 2007 г. и стандартов серии EN.

В лесном хозяйстве Беларуси функционирует единая государственная автоматизированная информационная система учета древесины и сделок с ней (ЕГАИС) [32]. ЕГАИС состоит из двух частей – сервисной и клиентской. Сервисная – с центральной базой данных и специальными приложениями, которые обрабатывают запросы, команды пользователей. Клиентская построена на приложениях для персонального компьютера и мобильных приложениях. Связь между сервером и клиентом идет через интернет. База данных и сервисные приложения размещены на облачных сервисах с защищенной инфраструктурой. Для работы ЕГАИС необходимо дополнительное оборудование – смартфон, комплект для биркования, мобильный термомпринтер для печати провозного документа «ТД-Лес», GPS-трекер для транспорта, везущего древесину [33].

Десктопное приложение позволяет проводить администрирование системы, формирование отчетной документации и оперативного учета продукции для принятия управленческих решений.

Таблица 4

Основные стандарты классификации и оценки сортности лесоматериалов (серии EN)

Стандарт		Специфические требования
Номер	Название	
СТБ 2316-1-2013 (EN 1927-1:2008)	Лесоматериалы круглые хвойных пород. Сортировка по качеству. Часть 1. Ель и пихта	Правила сортировки по качеству, характеристики сортов КЛМ ели и пихты
СТБ 2316-2-2013 (EN 1927-2:2008)	Лесоматериалы круглые хвойных пород. Сортировка по качеству. Часть 2. Сосна	Правила сортировки по качеству и характеристики сортов КЛМ сосны
СТБ 2315-1-2013 (EN 1316-1:2012)	Лесоматериалы круглые лиственных пород. Сортировка по качеству. Часть 1. Дуб, ясень	Правила сортировки по качеству и характеристики сортов КЛМ дуба черешчатого и ясеня обыкновенного
СТБ 2315-2-2013 (EN 1316-2:2012)	Лесоматериалы круглые лиственных пород. Сортировка по качеству. Часть 2. Береза, осина, ольха	Правила сортировки по качеству и характеристики сортов КЛМ березы, осины, ольхи

Таблица 5

Анализ объемов реализованных круглых лесоматериалов Ивацевичского лесхоза (выборка)

Метод таксации лесоматериалов	Объемы по сортам лесоматериалов, м ³ /%				Основные стандарты
	A	B	C	D	
Первый квартал 2020 г.					
Поштучный	$\frac{130}{0,3}$	$\frac{3390}{8,7}$	$\frac{5350}{13,7}$	–	ГОСТ 2708-75; СТБ 1667-2012; СТБ 2316-2-2013; СТБ 2187-2011; СТБ 2315-2-2013; СТБ 2316-1-2013
Геометрический	–	–	$\frac{40}{0,1}$	$\frac{30\ 075}{77,2}$	
Первый квартал 2021 г.					
Поштучный	$\frac{59,4}{0,6}$	$\frac{418,6}{4,1}$	$\frac{444}{4,3}$	–	ГОСТ 2708-75; СТБ 1667-2012; СТБ 2315-1-2013; СТБ 2316-2-2013; СТБ 2187-2011; СТБ 2315-2-2013
Геометрический	–	–	$\frac{2400}{23,2}$	$\frac{7000}{67,8}$	

Таблица 6

Анализ основных требований по качеству круглых лесоматериалов сосны по СТБ (фрагмент)

Признак, определяющий качество	Допуски согласно СТБ 2316-2-2013 (верхнее значение (сорта А–D)) и СТБ 1711-2007 (нижнее значение (сорта 1–3))			
	$\frac{A}{1}$	$\frac{B}{2}$	$\frac{C}{3}$	$\frac{D}{-}$
Сучки сросшиеся здоровые, см	Не допускаются	Не более 5	Не более 8	Допускаются
	Не более 3	Не более 5	Допускаются	–
Сучки несросшиеся, см	Нет	Не более 4	Не более 7	Допускаются
	Не более 3	Не более 5	Допускаются	–
Сучки гнилые, см	Не допускаются	Не допускаются	Не более 4	Допускаются
	Не допускаются	Не допускаются	Не более 5	–
Кривизна, см/м Кривизна простая, %*	Не более 1	Не более 1,5	Не более 3	Не более 4,5
	Не более 1	Не более 1,5	Не более 2	–
Нарост	Не допускается	Незначительный	Допускается	Допускается
	Не нормируется			
Сбежистость, см/м**	Не учитывается	Не более 1,5	Не более 2,5	Без ограничений
	Не нормируется			

* Сложная кривизна (СТБ 1711-2007) допускается в размере половины нормы простой кривизны.

** Для лесоматериалов диаметром менее 35 см (на середине бревна без коры).

Мобильное приложение позволяет вносить информацию о заготовке древесины на лесосеке (модуль «Оперативный учет»), учет древесины на складе, перемещение древесины (модуль «Лесосклад»), контроль перемещения древесины (модуль «Контроль транспорта»).

В ЕГАИС работают все юридические лица, ведущие лесное хозяйство, также все основные покупатели древесины. Анализ статей затрат (на примере одного лесхоза, см. табл. 7) показывает, что основную часть затрат составили закупки технических средств, необходимых для работы (мобильные телефоны (37,3% всех затрат), термопринтеры (44,8%)). В табл. 7 представлены только прямые затраты. Нам не удалось собрать данные о затратах на подготовку персонала (обучение сотрудников) и на другие косвенные затраты (включенные в другие статьи).

В соответствии с «Положением о порядке обмера, маркировки, учета древесины в заготовленном виде» (в редакции постановления Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 19.08.2021 г. № 12) ежедневному учету на лесосеке подлежит древесина, заготовленная многооперационной лесозаготовительной техникой, оборудованной измерительной системой учета, а также заготовленная древесина твердолиственных пород (дуба, ясеня, бука, клена) вне зависимости от способов ее заготовки. Древесина, заготовленная иными способами, или древесина других пород, находящаяся в заготовленном виде на лесосеке, подлежит учету 1-го числа месяца, следующего за отчетным. Вывезенная древесина в заготовленном виде с лесосеки на промежуточный лесопромышленный склад подлежит ежедневному учету непосредственно на

данном промежуточном лесопромышленном складе, но не позднее окончания светлого времени суток дня, следующего за днем вывозки [34].

При внесении данных о заготовленной древесине на лесосеке указывается способ заготовки (ручной, механизированный). При ручной заготовке вносятся сведения по породе древесины, количеству деловой древесины, дров, ликвида из кроны. При внесении данных механизированной заготовки пользователю необходимо указать породу, группу диаметров, длину сортамента и количество деловой древесины, дров, ликвида из кроны.

При учете древесины на складе используются групповой и поштучный методы учета. При поштучном методе производится учет путем указания количества круглых лесоматериалов по ступеням толщины, и программа автоматически рассчитывает объем (по ГОСТ 2708-75). При групповом методе учет производится двумя способами: рассчитывается по параметрам штабеля деловых лесоматериалов (поленницы дров), коэффициенту полндревесности, и вручную, когда объем вносится пользователем.

При групповом методе определение объема осуществляется с округлением до 0,01 м³, при поштучном – до 0,001 м³. При поштучном обмере КЛМ твердолиственных пород (дуба, ясеня, бука, клена), погруженных в ТС, бирка наносится на торец каждого круглого лесоматериала (перед транспортировкой). Биркование КЛМ иных пород, подлежащих поштучному обмеру и КЛМ всех пород, подлежащих групповому обмеру, погруженных в ТС, осуществляется путем нанесения бирки на торец одного из этих КЛМ перед транспортировкой.

Таблица 7

Основные статьи затрат Ивацевичского лесхоза для работы с ЕГАИС

Наименование статьи расходов	Количество, шт.	Доля от общей суммы (с НДС), %
Автоматическое устройство для выталкивания пластиковых бирок	46	11,9
Мобильный телефон Blackview	73	37,3
Бирка для маркировки древесины	20 000	2,3
Чековый принтер TSC Alpha-3R	46	44,8
Услуги, связанные с использованием ЕГАИС (за месяц)	19 031	2,9
Изготовление слоя выделов с разбивкой по лесничествам	1	0,7
Итого	–	100,0

Планируется включение в ЕГАИС новых функций, в том числе материально-денежной оценки лесосеки, выписки разрешительных документов, приемки продукции конечным потребителем, а также дальнейшее совершенствование функций поддержки принятия оптимальных управленческих решений.

Заключение. В лесном хозяйстве используются автоматизированные системы учета объемов древесины лесозаготовок и движения лесопродукции. В Польше процесс учета, контроля заготовки и движения лесопродукции в государственных лесах объединен в единую информационную подсистему, которая является главной составной частью отраслевой информационной системы SILP. В Украине функционирует система электронного учета древесины. В последнее время система ЭУД претерпела значительные доработки (по замечаниям пользователей) и усовершенствования, что позволило более эффективно построить работу по учету древесины. В России началось полномасштабное использование электронной системы учета сделок с древесиной (ЛесЕГАИС). Особенностью системы является значительное количество пользователей, разнообразие цепочек движения заготовленной лесопродукции, участие лесопользователей разных форм собственности.

Белорусские пользователи ЕГАИС (работники лесхозов) отмечают, что внедрение электронной системы не отменило бумажный документооборот (оформление документации в лесных условиях на один лесовоз может занимать до 1,5 ч рабочего времени (ТТН в бумажном виде в 4 экземплярах; печать «ГД Лес» в трех экземплярах)). Необходимо оформление бумажной версии ТТН в лесных условиях; заполняются в том числе стоимостные данные в ТТН, при этом требуется аккуратное заполнение «бумажной» версии ТТН, поскольку цены различные по разным биржевым договорам и пр. В Польше отпуск древесины лесничим в лесу не включает стоимостной учет, заполняются только данные по размерам, породам и объему лесопродукции. Счет-фактура высылается в конце рабочего дня

специалистами надлесничества. В украинском лесном хозяйстве на первоначальном этапе внедрения ЭУД мастер леса также заполнял одновременно и ТТН «от руки», и электронный документ. В настоящее время мастер леса печатает в лесных условиях только провозной документ (ТТН-ліс) на термопринтере, заполнение иных бумажных документов не требуется (внедрена электронная система документооборота).

Метод верхнего диаметра (из группы поштучных методов по СТБ 1667-2012), а также штабельный метод (групповые методы) остаются наиболее востребованными рабочими методами учета заготовленной лесопродукции. Необходимо создание рабочих методик уточнения коэффициентов полндревесности. Основная таблица используемого стандарта ГОСТ 2708-75 «Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов» была разработана А. А. Крюдиным еще в 1913 г. для еловых комлевых бревен. Затем стандарт был распространен на бревна всех пород. Целесообразно уточнение метода верхнего диаметра (внесение поправок в объемы из основной таблицы ГОСТ 2708-75 на основе использования местных данных о сбеге стволов (для среднего разряда высот по каждой породе с учетом конкретных сочетаний диаметров и длины сортиментов)).

Зарубежный опыт показывает, что основным «лесным» методом определения объемов заготавливаемых лесоматериалов на лесосеке является использование данных бортовых компьютеров многооперационных лесозаготовительных машин (харвестерная лесозаготовка). Для корректного определения объема заготовленных КЛМ требуется постоянная калибровка механизма считывания параметров заготавливаемых бревен и определения их объема.

В целом отмечается тенденция сокращения лесных ручных измерений и переход к учету только при приемке лесосырья на лесозаводах, где используются более точные технологии оценки объема и качества лесоматериалов (технологии лазерного сканирования, рентген-сканера бревен, взвешивания сортиментов и пр.) при их приемке на сортировочных линиях. Переход

к таксации древесины на сортировочной линии лесозавода позволило внедрить наиболее прогрессивные автоматизированные системы учета КЛМ. Для таксации в лесных условиях перспективным

является переход к учету по данным бортовых компьютеров многооперационных лесозаготовительных машин (с постоянной калибровкой считывающего механизма).

Список литературы

1. Янушко А. Д. Экономика лесного хозяйства. Минск: ИВЦ Минфина, 2004. 368 с.
2. Анучин Н. П. Лесная таксация. М.: Лесная пром-сть, 1982. 552 с.
3. Верхунов П. М. Таксация леса. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. 396 с.
4. Богданова Е. Л. Методическое пособие по таможенному оформлению и таможенному контролю экспортируемых лесоматериалов (на основе методик МВИ 203-01-2007, МВИ 203-02-2007, МВИ 203-03-2007, МВИ 203-04-2007). СПб.: СПбГУИТМО, 2010. 98 с.
5. Емелин Б. А. Исчисление объемов круглых лесоматериалов // Лесное хозяйство. 1994. № 8. С. 50–53.
6. Вариводина И. Н. Особенности определения объема круглых лесоматериалов в России и за рубежом // ФГБОУ «Воронежская лесотехническая академия». URL: <https://proderevo.net/industries/wooden-logging/tekhnologii-lesozagotovok/osobennosti-opredeleniya-ob-ema-kruglykh-lesomaterialov-v-rossii-i-za-rubezhom.html> (дата обращения: 14.03.2022).
7. Лесаматеріалы круглыя. Метады вымярэння памераў і вызначэння аб'ёму: СТБ 1667-2012 (EN 1309-2^2006, НЕQ). Мінск: Белстандарт, 2012. 10 с.
8. Дровы. Тэхнічныя ўмовы: СТБ 1510-2012. Мінск: Белстандарт, 2012. 8 с.
9. Балансы. Методы определения объема: СТБ 1667-2006. Минск: Госстандарт, 2006. 8 с.
10. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) // URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost> (дата обращения: 20.01.2022).
11. Курицын А. К. Проблемы учета круглых лесоматериалов и варианты их решения // Инновации и технологии в лесном хозяйстве: материалы Международ. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 22–23 марта 2011 г. СПб., 2011. С. 209–220.
12. Стариков А. В., Батурич К. В. Исследование и анализ методов учета заготовленной древесины в России и зарубежных странах // Лесотехнический журнал. 2015. № 4. С. 103–114.
13. Национальный фонд технических нормативных правовых актов. URL: <https://tnpa.by/#!/index> (дата обращения: 20.01.2022).
14. Единая государственная автоматизированная информационная система учета древесины и сделок с ней. URL: <https://lesegais.ru/> (дата обращения: 15.01.2022).
15. Частные вопросы // Федеральное агентство лесного хозяйства. URL: <https://lesegais.ru/pomosh-i-rodderjka> (дата обращения: 04.03.2022).
16. Городник П. Н. Порядок, роль, применение и актуальность информационной системы ЕГАИС ЛЕС // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 38. С. 854–861.
17. Кузьминых Ю. В., Грязнов С. Е. ЛесЕГАИС в системе контроля лесного экспорта // Цифровые технологии в лесном секторе: материалы II Всерос. науч.-практ. конф.-вебинара, Санкт-Петербург, 18–19 февр. 2021 г. СПб., 2021. С. 72–74.
18. Лес сбивается с учета // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5152753> (дата обращения: 04.03.2022).
19. Ринок деревини та лісоматеріалів України: як працює та що стримує розвиток? / П. Яворський [та ін.] Київ: KSE Institute, 2021. 170 с.
20. Електронний облік деревини // ДП «Мукачівське ЛГ». URL: <https://mukachevolis.com.ua/informatsiya/elektronyj-oblik-derevynu/> (дата звернення: 22.02.2022).
21. Всі лісокористувачі відтепер зобов'язані користуватися системою електронного обліку деревини // Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua/news/vsi-lisokoristuvachi-vidteper-zobovuzani-koristuvatisya-sistemoyu-elektronnoho-obliku-derevini> (дата звернення: 19.01.2022).
22. Вицега Р. П., Минкевич С. И. Анализ опыта внедрения и использования систем электронного учета заготовленной древесины в европейских странах // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2018. № 2. С. 5–12.
23. Системи електронного обліку деревини в Україні // Державне підприємство «Шепетівське лісове господарство». URL: <https://sheplis.com.ua/narjami/elektronni-oblik-derevini.html/> (дата звернення: 22.02.2022).
24. Створюємо ліси разом // Державне підприємство «Лісогосподарський інноваційно-аналітичний центр». URL: <https://www.ukrforest.com/> (дата обращения: 22.02.2022).
25. Kravets P. Support for development of a general public involvement mechanism to control logged wood transportation in Ukraine: Final report. Kiev: FLEG II (ENPI East), 2016. 34 p.

26. Минкевич С. И., Буй А. А., Машковский В. П. Зарубежный опыт учета заготовленной древесины // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2012. Вып. 72: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 330–336.

27. System informatyczny lasów państwowych (SILP) // Lasy państwowe. URL: <https://www.lasy.gov.pl/pl/edukacja/slovník/s/system-informatyczny-lasow-panstwowych-silp> (дата обращения: 08.03.2022).

28. System informatyczny lasów państwowych (SILP) // Encyklopedia Leśna. URL: <https://www.encyklopedialesna.pl/haslo/system-informatyczny-lasow-panstwowych-silp/> (дата обращения: 08.03.2022).

29. Nasza praca // Lasy państwowe. URL: <https://www.lasy.gov.pl/pl/nasza-praca> (дата обращения: 10.03.2022).

30. Буй А. А., Машковский В. П., Минкевич С. И. Пути совершенствования организации учета древесины в Беларуси на основе зарубежного опыта. Минск: В.И.З.А. ГРУПП, 2012. 88 с.

31. Стандартизация // УП «Белгипролес». URL: <https://belgiproles.by/be/cherry-services/standartizaciya/> (дата обращения: 10.03.2022).

32. О ЕГАИС // РУП «Белгослес». URL: https://belgosles.by/?page_id=529 (дата обращения: 11.03.2022).

33. Руководство пользователя по работе с ЕГАИС // ЕГАИС Беларусь. URL: <https://egais-info.by/instrukciya-egais> (дата обращения: 20.02.2022).

34. Положение о порядке обмера, маркировки, учета древесины в заготовленном виде: постановление М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь от 19.08.2021 № 12 // Информационно-правовая система. Нормативка.by. URL: <https://normativka.by/lib/document/500248382/sid/737cf26185fc4e36b0331abf22b02a69#serialnumber=10> (дата обращения: 22.02.2022).

References

1. Yanushko A. D. *Ekonomika lesnogo khozyaystva* [Economics of Forestry]. Minsk, IVTs Minfina Publ., 2004. 368 p. (In Russian).

2. Anuchin N. P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest Taxation]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1982. 552 p. (In Russian).

3. Verkhunov P. M. *Taksatsiya lesa* [Forest Taxation]. Yoshkar-Ola, MarGTU Publ., 2009. 396 p. (In Russian).

4. Bogdanova E. L. *Metodicheskoye posobiye po tamozhennomu oformleniyu i tamozhennomu kontrolyu eksportiruyemykh lesomaterialov (na osnove metodik MVI 203-01-2007, MVI 203-02-2007, MVI 203-03-2007, MVI 203-04-2007)* [Guidelines for Customs Clearance and Customs Control of Exported Round Wood (Based on the Methods of MVI 203-01-2007, MVI 203-02-2007, MVI 203-03-2007, MVI 203-04-2007)]. St. Petersburg, SPBGUITMO Publ., 2010. 98 p. (In Russian).

5. Yemelin B. A. Calculation of Volumes of Round Wood. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1994, no. 8, pp. 50–53 (In Russian).

6. Varivodina I. N. Features of Determining the Volume of Round Wood in Russia and Abroad. Available at: <https://proderevo.net/industries/wooden-logging/tekhnologii-lesozagotovok/osobennosti-opredeleniya-ob-ema-kruglykh-lesomaterialov-v-rossii-i-za-rubezhom.html> (accessed 14.03.2022) (In Russian).

7. STB 1667-2012 (EN 1309-2^2006, NEQ). Round Wood: Methods for Measuring Dimensions and Determining Volumes. Minsk, Belstandart Publ., 2012. 10 p. (In Belarusian).

8. STB 1510-2012. Firewood: Specifications. Minsk, Belstandart Publ., 2012. 8 p. (In Belarusian).

9. STB 1667-2006. Balances. Volume Determination Methods. Minsk, Gosstandart Publ., 2006. 8 p. (In Russian).

10. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Rosstandart). Available at: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost> (accessed 20.01.2022) (In Russian).

11. Kuritsyn A. K. Problems of Accounting for Round Wood and Options for their Solution. *Innovatsii i tekhnologii v lesnom khozyaystve: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Innovations and Technologies in Forestry: Materials of the International Scientific and Practical Conference]. St. Petersburg, pp. 209–220 (In Russian).

12. Starikov A. V., Baturin K. V. Research and Analysis of Accounting Methods for Harvested Wood in Russia and Foreign Countries. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Magazine], 2015, no. 4, pp. 103–114 (In Russian).

13. National Fund of Technical Normative Legal Acts. Available at: <https://tnpa.by/#!/index> (accessed 20.01.2022) (In Russian).

14. Unified State Automated Information System for Accounting for Wood and Transactions with it. Available at: <https://lesegais.ru/> (accessed 15.01.2022) (In Russian).

15. Private questions. Available at: <https://lesegais.ru/pomosh-i-podderjka> (accessed 04.03.2022) (In Russian).

16. Gorodnik P. N. The Order, Role, Application and Relevance of the Information System EGAIS LES. *Innovatsii. Nauka. Obrazovaniye* [Innovation. The science. Education], 2021, no. 38, pp. 854–861 (In Russian).

17. Kuz'minykh Yu. V., Gryaznov S. Ye. LesEGAIS in the Timber Export Control System. *Tsifrovyye tekhnologii v lesnom sektore: materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii-vebinara* [Digital Technologies in the Forest Sector: Materials of the II All-Russian Scientific and Practical conference-webinar]. St. Petersburg, pp. 72–74 (In Russian).

18. The forest Goes off Track. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/5152753> (accessed 04.03.2022) (In Russian).

19. Yavors'kyi P., Pavyts'ka Yu., Kukhta P., Lytvynov V. *Rynok derevyiny ta lisomaterialiv Ukrayiny: yak pratsyuye ta shcho strymue rozvytok?* [The Market of Wood and Timber of Ukraine: How Does it Work and What Hinders Development?]. Kyiv, KSE Institute Publ., 2021. 170 p. (In Ukrainian).

20. Electronic Wood Accounting. Available at: <https://mukachevolis.com.ua/informatsiya/elektronyj-oblik-derevyiny/> (accessed 22.02.2022) (In Ukrainian).

21. All Forest Users are Now Required to Use an Electronic Timber Accounting System. Available at: <https://forest.gov.ua/news/vsi-lisokoristuvachi-vidteper-zobovyazani-koristuvatisya-sistemoyu-elektronnogo-obliku-derevini> (accessed 19.01.2022) (In Ukrainian).

22. Vitsega R. R., Minkevich S. I. Analysis of Experience of Electronic Accounting Systems for Registration of Harvested Wood Volume in European Countries. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature management. Processing of renewable resources, 2018, no. 2, pp. 5–12 (In Russian).

23. Electronic Wood Accounting Systems in Ukraine. Available at: <https://sheplis.com.ua/naprjami/elektronnii-oblik-derevini.html/> (accessed 22.02.2022) (In Ukrainian).

24. We Create Forests Together. Available at: <https://www.ukrforest.com/> (accessed 22.02.2022) (In Ukrainian).

25. Kravets P. Final report Support for development of a general public involvement mechanism to control logged wood transportation in Ukraine: Final report. Kiev, FLEG II (ENPI East) Publ., 2016. 34 p.

26. Minkevich S. I., Buy A. A., Mashkovsky V. P. Foreign Experience in Accounting for Harvested Wood. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2012, issue 72: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 330–336 (In Russian).

27. System informatyczny lasów państwowych (SILP). Available at: <https://www.lasy.gov.pl/pl/edukacja/slownik/s/system-informatyczny-lasow-panstwowych-silp> (accessed 08.03.2022) (In Polish).

28. System informatyczny lasów państwowych (SILP). Available at: <https://www.encyklopedialesna.pl/haslo/system-informatyczny-lasow-panstwowych-silp/> (accessed 08.03.2022) (In Polish).

29. Nasza praca. Available at: <https://www.lasy.gov.pl/pl/nasza-praca> (accessed 10.03.2022) (In Polish).

30. Buy A. A., Mashkovsky V. P., Minkevich S. I. *Puti sovershenstvovaniya organizatsii ucheta drevesiny v Belarusi na osnove zarubezhnogo opyta* [Ways to Improve the Organization of Wood Accounting in Belarus Based on Foreign Experience]. Minsk, V.I.Z.A. GRUPP Publ., 2012. 88 p. (In Russian).

31. Standardization. Available at: <https://belgiproles.by/be/cherry-services/standartizaciya/> (accessed 10.03.2022) (In Russian).

32. About EGAIS. Available at: https://belgosles.by/?page_id=529 (accessed 11.03.2022) (In Russian).

33. Manual for Working with EGAIS. Available at: <https://egais-info.by/instrukciya-egais> (accessed 20.02.2022) (In Russian).

34. Regulations on the Procedure for Measuring, Marking, Accounting for Harvested Wood: Decree of the Ministry of Forestry, 19.08.2021, no. 12. Available at: <https://normativka.by/lib/document/500248382/sid/737cf26185fc4e36b0331abf22b02a69#serialnumber=10> (accessed 22.02.2022) (In Russian).

Информация об авторах

Минкевич Сергей Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: minkevich@belstu.by

Демид Николай Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: demid@belstu.by

Коцан Владимир Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Wolodia250@belstu.by

Севрук Павел Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sevrukpv@belstu.by

Балакир Михаил Викторович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: balakirm@gmail.com

Information about the authors

Minkevich Siarhei Ivanavich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: minkevich@belstu.by

Demid Nikolay Petrovich – PhD (Agriculture), Assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: demid@belstu.by

Kotsan Vladimir Vasil'evich – PhD (Agriculture), Assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Wolodia250@belstu.by

Sevruk Pavel Vladimirovich – PhD (Agriculture), Assistant Lecturer, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sevrukpv@belstu.by

Balakir Mikhail Viktoravich – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Occupational Safety. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: balakirm@gmail.com

Поступила 15.03.2022

УДК 630*232

О. А. Севко, В. В. Коцан

Белорусский государственный технологический университет

ЗАВИСИМОСТЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ И ЕЛИ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ СЛОЖНОГО ДРЕВОСТОЯ

Представлено исследование влияния изменения пространственной структуры на радиальный прирост деревьев сосны и ели в сложном древостое. Полученные результаты позволяют оценить эффективность проводимых в древостое рубок ухода и оптимизировать в дальнейшем рубки ухода для максимизации прироста древостоев и получения максимальной прибыли от лесовыращивания.

На основании анализа пространственного распределения деревьев в сложном древостое проведена оценка влияния на радиальный прирост рассматриваемых деревьев сосны и ели расстояний до пней, образовавшихся в результате рубок ухода. При этом учитывалось межвидовое влияние растущих рядом деревьев. Также использовался регрессионный анализ зависимости радиального прироста от пространственной структуры древостоя вокруг исследуемых деревьев. Радиальный прирост изучался по кернам, отсканированным и измеренным с помощью *Quantum GIS*.

Детальное изучение радиального прироста показывает, что рубка соседних деревьев дает увеличение радиального прироста центральных деревьев сосны от 20 до 50%. В среднем для исследуемых деревьев – 30%. Увеличение радиального прироста у деревьев ели после рубки, согласно измерениям годичных слоев кернов, достигает 58–71%, в среднем для исследуемых деревьев – 49,2%.

Ключевые слова: текущий прирост, пространственная структура, сложный древостой, регрессионный анализ.

Для цитирования: Севко О. А., Коцан В. В. Зависимость радиального прироста сосны и ели от изменения пространственной структуры сложного древостоя // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 20–26.

O. A. Sevko, V. V. Kotsan

Belarusian State Technological University

DEPENDENCE OF THE RADIAL GROWTH OF PINE AND SPRUCE FROM CHANGES IN SPATIAL STRUCTURE COMPLEX STAND

A study of the influence of changes in the spatial structure on the radial growth of pine and spruce trees in a complex forest stand is presented. The results obtained make it possible to evaluate thinnings carried out in the forest stand and optimize thinnings in the future to maximize the growth of forest stands and obtain the maximum profit from forest cultivation.

Based on the spatial distribution of trees in a complex forest stand, an assessment was made of the influence on the radial growth of the considered pine and spruce trees of the distance to the stumps formed as a result of thinning. Taking into account the interspecific influence of trees growing nearby. The study used a regression analysis of the dependence of the radial growth on the spatial structure of the forest stand around the trees under study. Radial growth was studied from cores scanned and measured using *Quantum GIS*.

It was revealed that the increase in increment in volume 5 years after the thinning of thinning. A detailed study of the radial increment shows that the felling of neighboring trees gives an increase in the radial increment of the central pine trees from 20 to 50%. On average for the studied trees – 30%. The increase in radial growth in spruce trees after felling, according to the measurements of annual layers of cores, reaches 58–71%, on average for the trees under study – 49.2%.

Key words: current growth, spatial structure, complex forest stand, regression analysis.

For citation: Sevko O. A., Kotsan V. V. Dependence of the radial growth of pine and spruce from changes in spatial structure complex stand. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 20–26 (In Russian).

Введение. В настоящее время наиболее актуально создание смешанных и сложных древостоев, так как они являются более устойчивыми к болезням и вредителям, что особенно актуально для лесного хозяйства нашей страны в связи с массовыми усыханиями хвойных лесов.

Проведя сравнительный анализ поврежденных сосновых насаждений в условиях массовых усыханий, Пупенко А. В. и Севко О. А. выявили, что менее устойчивыми являются чистые сосновые насаждения. При практически равных долях чистых и смешанных древостоев усыхают

в подавляющем большинстве чистые насаждения сосны (91%) [1].

Береза является основной сопутствующей лиственной породой в сосновых насаждениях и оказывает различное влияние на сосну [2, 3]. По результатам многочисленных исследований И. Н. Рахтеенко можно сделать вывод, что характер влияния березы на развитие сосны в сложных и смешанных насаждениях зависит от состава насаждений [4, 5].

При небольшой примеси (20–30%) береза оказывает положительное влияние на рост и развитие сосны, выступая в качестве здорового конкурента и подгона для сосны. С увеличением доли березы в составе насаждения она оказывает угнетающее действие на сосну [6, 7].

Ф. Н. Харитонович в своих работах утверждает, что в большинстве случаев береза оказывает антагонистическое влияние на сосну и ель, особенно в наиболее благоприятных для ее произрастания лесорастительных условиях. По наблюдениям И. Н. Рахтеенко, более всего береза оказывает отрицательное действие в почве, путем вытеснения корневых систем сосны в нижние менее плодородные слои [5].

В работах О. А. Неволлина и О. О. Ереминой изложено утверждение, что для сосново-березовых насаждений характерен переход в сложные насаждения путем появления жизнеспособного подростка ели с последующим образованием ею второго яруса [7]. При этом отмечено, что возможно успешное развитие только елового подростка, так как ель является теневыносливым древесным видом.

Исследования изменчивости таксационных показателей в сложных сосново-березовых насаждениях отражены в различных белорусских и зарубежных литературных источниках [8–10].

При изучении изменчивости биологической продуктивности деревьев в насаждении многие ученые выделяют особую роль внутривидовых и межвидовых отношений, конкуренции между произрастающими рядом деревьями. Вклад конкуренции, или количественное выражение конкурентных отношений, предлагается определять с использованием индекса конкуренции (CI). Такому подходу следовали С. Н. Сеннов, В. В. Коцан, О. А. Севко [11–14].

Исследования естественного возобновления ели под пологом приспевающих и спелых насаждений, проведенные К. В. Лабохой и Д. В. Шиманом [15], показали, что более успешное естественное возобновление ели наблюдается в подзоне грабово-дубово-темнохвойных лесов и дубово-темнохвойных лесов, в которых обеспечение подростом спелых и приспевающих насаждений ели составляет 47,7 и 45,5% соответственно.

В работах В. Н. Коновалова и В. Л. Зарубиной [16, 17] рассматривалось развитие подпологовой ели в березняках черничных. Выявлена обратная связь интенсивности роста ели и возраста березы. При увеличении возраста березы у подпологовой ели наблюдается дефицит солнечной энергии, что приводит к снижению ростовых процессов. Для сохранения высокой жизнедеятельности ели в березняках необходимо своевременно осуществлять меры содействия путем проведения рубок ухода.

Исследования межвидовых и внутривидовых отношений между деревьями в древостое, как правило, оцениваются либо без учета характеристик центрального дерева, но с выявлением оптимального радиуса влияния; либо с учетом характеристик центрального дерева, но без выявления оптимального радиуса влияния [18].

В исследованиях В. А. Усольцева и М. М. Семешева эти подходы совмещаются. Влияние нескольких показателей конкуренции на фитомассу и прирост ствола дерева оценивается с учетом его таксационных характеристик и установлением оптимального радиуса влияния [19].

Основная часть. В данной работе представлены результаты исследования, проведенного в сложном сосново-березовом древостое со вторым ярусом ели в возрасте 65 лет, расположенном в 11-м выделе 49-го квартала Негорельского учебно-опытного лесхоза (табл. 1).

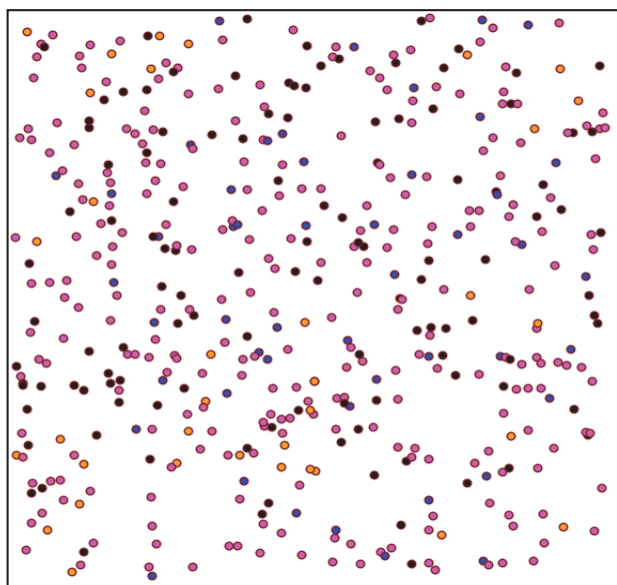
Таблица 1

Таксационные показатели древостоя

Порода	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Сумма площадей сечений, м ²	Запас, м ³
Сосна	69	32,1	26,8	14,5	175
Ель	25	17,3	17,3	28,3	273
Береза	65	31,3	27,4	18,5	235
Всего	–	–	–	61,3	683

Влияние изменения пространственной структуры оценивалось параллельно с межвидовыми отношениями в древостое.

На пробной площади для каждого дерева в системе условных координат методом линейных засечек с помощью ультравзучкового дальномера определялись координаты. Далее проводилась детальная таксация деревьев: для каждого из них измерялся диаметр в двух взаимно перпендикулярных направлениях, высота самого дерева и высота начала кроны, возраст, класс роста по Крафту, 4 радиуса кроны. На основании экспериментальных данных с помощью компонентов QGIS была сформирована цифровая карта пробной площади (рис. 1) с векторным и атрибутивными слоями.

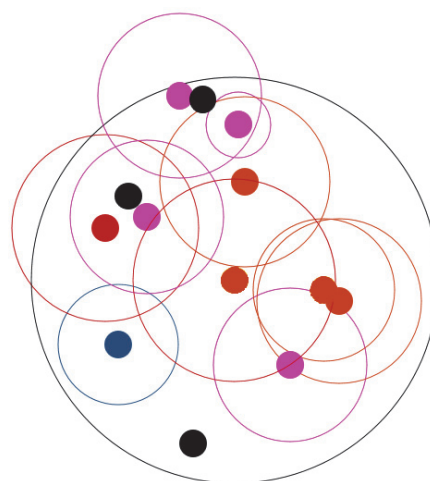


● – сосна; ● – ель; ● – береза; ● – пень

Рис. 1. Цифровая карта пробной площади

На основании стратифицированной выборки определялось по 10% стволов сосны и ели, на которые визуальное оказывалось влияние соседствующих деревьев, или окруженных пнями деревьев (рис. 2), определялись круги конкуренции. У данных деревьев брались керны, на основании анализа которых в последствии определялся средний годичный радиальный прирост, а также исследовалось изменение радиального прироста за последние 10 лет.

При этом оценивалась зависимость радиального прироста центральных деревьев сосны и ели от расстояния до соседних деревьев и до вырубленных при рубках ухода. На первом этапе собирались данные по всем центральным и соседним деревьям с учетом средних расстояний.



● – сосна; ● – ель; ● – береза; ● – пень

Рис. 2. Круг конкуренции влияния соседних деревьев

Регрессионный анализ выявил, что оптимальными для описания зависимости радиального прироста от средних показателей соседних деревьев и среднего расстояния до них являются параболы 3-го порядка (коэффициент детерминации для сосны – 0,37, для ели – 0,47).

Однако данный метод оценки влияния изменения пространственной структуры на прирост не дает полной картины. Для получения уточненных данных у деревьев, имеющих в своих кругах конкуренции от 3 пней и более, определялось среднее расстояние до пней, появившихся в результате рубки ухода; по кернам измерялся радиальный прирост для каждого года и оценивалось его увеличение после рубки (табл. 2). Графическое изображение позволяет увидеть увеличение радиального прироста сосен через год после рубки (рис. 3).

Таблица 2

Расчет увеличения радиального прироста сосны

Номер слоя	Номер дерева							
	10	261	283	391	395	54	74	7
1	0,74	0,86	1,62	1,83	1,23	1,86	0,93	0,60
2	0,99	0,97	1,66	1,91	1,28	2,07	1,01	0,88
3	0,97	1,11	1,78	2,02	1,30	2,12	1,03	1,15
4	1,14	1,16	1,85	2,07	1,45	2,14	1,08	1,16
5	1,27	1,17	1,98	2,18	1,49	2,17	1,14	1,27
6	1,88	1,24	2,06	2,18	1,52	2,29	1,16	1,52
7	1,64	1,24	2,08	2,23	1,53	2,29	1,27	1,80
8	1,53	1,71	2,16	2,48	1,72	2,46	1,39	1,93
9	1,56	1,76	2,32	2,75	1,77	2,59	1,74	2,44
10	1,64	2,14	2,43	3,00	1,88	3,28	1,98	2,48
Средний радиальный прирост до рубки, мм	0,96	0,98	1,69	1,96	1,27	2,07	1,01	0,95
Средний радиальный прирост после рубки, мм	1,67	1,49	2,13	2,47	1,62	2,58	1,45	1,91
Увеличение среднего радиального прироста, %	42,51	34,23	20,66	20,65	21,60	19,77	30,34	50,26

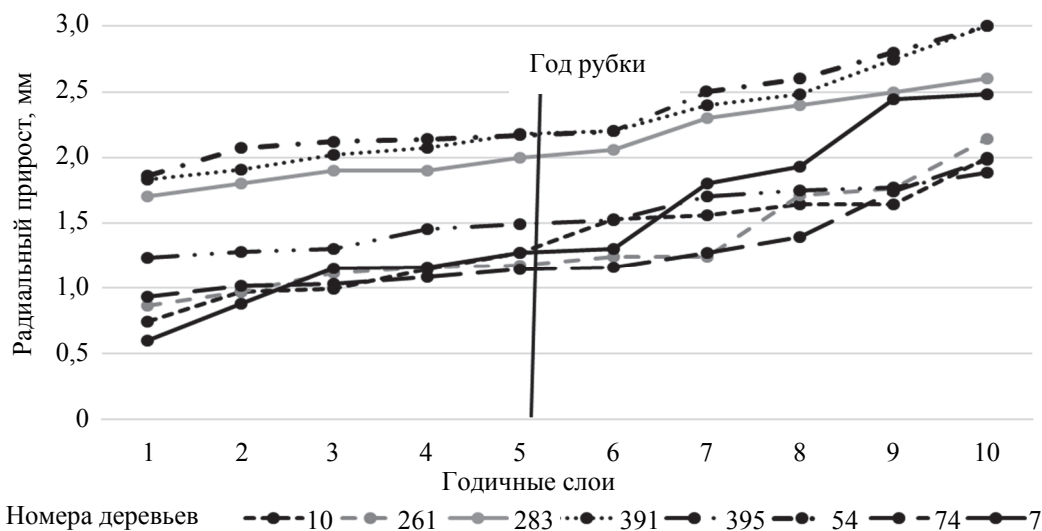


Рис. 3. Увеличение радиального прироста сосны по годичным слоям

В результате было выявлено, что после рубки близстоящих деревьев прирост значительно увеличился. Детальное изучение радиального прироста показывает, что рубка соседних деревьев дает увеличение радиального прироста центральных деревьев сосны от 20 до 50%. В среднем для исследуемых деревьев – 30%.

Увеличение радиального прироста у деревьев ели после рубки, согласно измерениям годичных слоев кернов, достигает 58–71% (табл. 3), в среднем для исследуемых деревьев – 49,2%. Различия между средними приростами деревьев, находившихся под влиянием до рубки, и деревьев, не подверженных влиянию срубленных деревьев, оказались также значительными. У деревьев, которые находились под влиянием, после проведения рубки средний радиальный прирост увеличился по сравнению

с приростом деревьев без влияния на 30–50% (рис. 4).

Исследование показало, что изучение влияния изменения пространственной структуры должно проводиться не по усредненным данным, а отдельно для каждого дерева, причем с ежегодной оценкой радиального прироста и сравнением его изменения в различных условиях.

Далее на основании ширины годичного слоя рассчитывался прирост дерева по объему. Процент текущего прироста по объему определялся по способу Шнейдера:

$$P_V = (Ki) / D,$$

где K – коэффициент, зависящий от протяженности кроны и энергии роста в высоту; i – ширина годичного слоя, мм; D – диаметр без коры на высоте 1,3 м в настоящее время, см.

Таблица 3

Расчет увеличения радиального прироста ели

Номер слоя	Номер дерева							
	191	246	318	138	242	236	233	305
1	0,40	0,55	1,62	0,89	0,79	0,24	0,37	1,34
2	0,24	0,73	1,22	0,74	0,99	0,34	0,50	1,27
3	0,34	1,42	1,14	0,60	0,99	0,36	0,55	1,17
4	0,53	1,32	1,12	0,62	1,29	0,73	0,41	0,92
5	0,99	1,74	0,97	0,77	0,97	0,92	0,46	1,10
6	0,60	1,81	1,44	0,87	1,54	1,19	0,75	1,22
7	0,84	1,41	2,83	1,54	1,22	1,18	0,58	2,55
8	1,14	2,26	2,63	1,74	1,33	0,91	0,73	2,31
9	1,17	1,49	3,03	1,34	1,42	1,17	0,78	2,73
10	1,04	1,39	3,71	1,49	1,23	1,60	1,41	1,78
Средний радиальный прирост до рубки, мм	0,38	1,00	1,21	0,71	0,93	0,31	0,46	1,16
Средний радиальный прирост после рубки, мм	0,96	1,68	2,93	1,29	1,24	1,10	0,85	2,12
Увеличение среднего радиального прироста, %	60,65	40,43	58,59	44,66	25,33	71,77	45,94	45,21

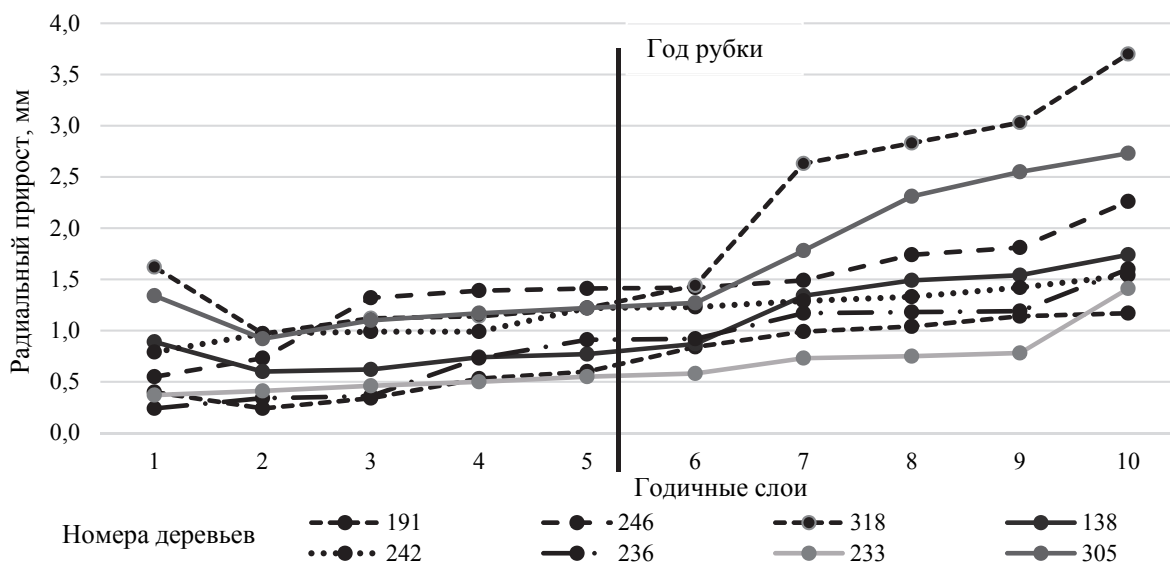


Рис. 4. Увеличение радиального прироста ели по годичным слоям

Таблица 4
Изменение прироста деревьев сосны

Номер дерева	Прирост по объему				Увеличение прироста по объему, %
	до рубки		после рубки		
	м³	%	м³	%	
10	0,25	11,48	0,39	17,46	5,98
261	0,15	19,67	0,22	29,90	10,24
283	0,31	28,17	0,40	35,50	7,33
391	0,36	33,75	0,45	42,53	8,78
395	0,27	18,26	0,34	23,29	5,03
54	0,43	31,76	0,54	39,59	7,83
74	0,14	22,49	0,19	32,29	9,80
7	0,18	16,95	0,36	34,08	17,13

Таблица 5
Изменение прироста деревьев ели

Номер дерева	Прирост по объему				Увеличение прироста по объему, %
	до рубки		после рубки		
	м³	%	м³	%	
191	0,01	18,51	0,04	46,77	28,26
246	0,10	24,09	0,16	40,47	16,38
318	0,13	26,28	0,32	63,64	37,36
138	0,04	28,30	0,07	51,42	23,12
242	0,08	26,24	0,11	34,99	8,75
233	0,02	11,63	0,06	41,25	29,63
305	0,02	18,61	0,03	34,39	15,78

Это должно учитываться при формировании лучших по составу сложных насаждений, что в

свою очередь позволит снизить отрицательное влияние конкурентных отношений между деревьями различных пород.

Заключение. Изменение пространственной структуры в результате проведения рубок ухода позволяет увеличить радиальный прирост, а следовательно, и прирост по объему растущих стволов на 50–70%.

Для оптимизации процесса лесовыращивания и достижения максимальных показателей радиального прироста и прироста по объему следует учитывать влияние пространственной структуры при проектировании мероприятий по возобновлению древостоев, а также формированию лучших по составу смешанных насаждений рубками ухода, что в свою очередь снизит отрицательное влияние конкурентных отношений между деревьями различных пород.

Результаты данной работы можно использовать для планирования рубок ухода за древостоями. Формирование пространственной структуры может улучшить эффект проведения рубок ухода, так как даст возможность оптимизировать отбор деревьев в рубку, что будет способствовать улучшению качества рубок и увеличению количества получаемых сортиментов, а также максимальной продуктивности насаждений в более короткие сроки.

Данная работа выполнена при поддержке БРФФИ.

Список литературы

1. Севко О. А., Пупенко А. В. Сравнительный анализ показателей чистых и смешанных сосновых насаждений в условиях массового усыхания в подзоне широколиственно-сосновых лесов Беларуси // Лесное хозяйство: тез. докл. 82-й науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием), Минск, 1–14 февр. 2019 г. Минск, 2019. С. 18.

2. Романов В. С. Изучение сосново-березовых культур в лесах БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Минск, 2056. 18 с.
3. Взаимоотношения древесных пород в чистых и смешанных насаждениях / И. Н. Рахтеенко [и др.] // Эколого-физиологические основы взаимодействия растений в фитоценозах. Минск: Наука и техника, 1976. С. 117–123.
4. Рахтеенко И. Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. М.: Гослесбумиздат, 1952. 104 с.
5. Попов В. К. Сосново-березовые культуры Центральной лесостепи. Воронеж: Квадрат, 1997. 224 с.
6. Грибанов В. Я. Пространственная структура сосновых и лиственных деревьев // Продуктивность лесных фитоценозов. Красноярск, 1984. С. 42–47.
7. Неволин О. А., Еремина О. О. Подрост и его значение в формировании высокопродуктивных сосновых лесов европейского севера России. Архангельск: Изв. высш. учеб. заведений, 1996. 45 с.
8. Коцан В. В. Классификация деревьев на основании пространственной структуры при назначении в рубки ухода // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 24–27.
9. Мирошников В. С. Сосново-березовые насаждения БССР, их строение, лесоводственное и хозяйственное значение: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02. Минск, 1955. 128 с.
10. Рубцов В. И. Биологическая продуктивность сосны в лесной зоне. М.: Наука, 1976. 224 с.
11. Сеннов С. Н. Итоги экспериментального изучения конкуренции в древостоях // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 1993. № 11. С. 160–172.
12. Коцан В. В. Взаимосвязи между таксационными показателями деревьев в кругах конкуренции на примере сосняков мшистых искусственного происхождения // Труды БГТУ. 2014. № 11: Лесное хоз-во. С. 19–22.
13. Севко О. А., Пупенко А. В. Влияние пространственной структуры сосново-березовых древостоев на таксационные показатели деревьев сосны // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2017. № 2. С. 37–42.
14. Севко О. А. Оценка зависимости текущего прироста сосновой части смешанных сосновоберезовых древостоев от их пространственной структуры // Труды БГТУ. 2015. № 1: Лесное хоз-во. С. 41–45.
15. Лабоха К. В., Шиман Д. В. Особенности естественного возобновления под пологом приспевающих и спелых еловых насаждений на почвах недостаточного и умеренного увлажнения // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2010. Вып. XVIII. С. 72–75.
16. Коновалов В. Н., Зарубина Л. В. Оценка жизнеспособности ели в березняке черничном в процессе его возрастного развития // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журн. 2016. № 5 (353). С. 44–60.
17. Зарубина Л. В. Рост подпологового возобновления ели на вырубках березняка черничного // Изв. С.-Петербург. лесотехн. акад. 2016. № 216. С. 58–68.
18. Вайс А. А. Научные основы оценки горизонтальной структуры древостоев для повышения их устойчивости и продуктивности: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.02. Красноярск, 2014. 25 с.
19. Усольцев В. А., Семьшев М. М. Продукционные характеристики с учетом конкуренции деревьев в искусственных и естественных сосняках: сравнительный анализ. Екатеринбург: УрОРАН, 2007. 137 с.

References

1. Sevko O. A., Pupenko A. V. Comparative analysis of indicators of pure and mixed pine plantations in conditions of mass drying in the subzone of broad-leaved pine forests of Belarus. *Lesnoye khozyaystvo tezisy dokladov 82-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov* [Forestry: Abstracts of the Scientific and Technical Conference faculty, Researchers and Graduate Students]. Minsk, 2019, p. 18 (In Russian).
2. Romanov V. S. *Izucheniye sosново-berezovykh kul'tur v lesakh BSSR. Avtoreferat dissertatsii kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [The study of pine-birch crops in the forests of the BSSR. Abstract of thesis PhD (Agriculture)]. Minsk, 1956. 18 p. (In Russian).
3. Rakhteenko I. N., Martinovich B. S., Krot L. A., Kabashnikova G. I. The relationship of tree species in clean and mixed stands. *Ekologo-fiziologicheskiye osnovy vzaimodeystviya rasteniy v fitotsenozakh* [Ecological and Physiological Basis for the Interaction of Plants in Phytocenoses]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1976, pp. 117–123 (In Russian).
4. Rakhteenko I. N. *Kornevyye sistemy drevesnykh i kustarnikovyykh porod* [Root systems of trees and shrubs]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1952. 104 p. (In Russian).
5. Popov V. K. *Sosново-berezovyye kul'tury Tsentral'noy lesostepi* [Pine-birch cultures of the Central forest-steppe]. Voronezh, Kvadrat Publ., 1997. 224 p. (In Russian).
6. Griбанov V. Ya. The spatial structure of pine and deciduous trees. *Produktivnost' lesnykh fitotsenozov* [Productivity of forest phytocenoses]. Krasnoyarsk, 1984, pp. 42–47 (In Russian).

7. Nevolin O. A., Eremina O. O. *Podrost i yego znachenije v formirovanii vysokoproduktivnykh sosnovykh lesov yevropeyskogo severa Rossii* [Undergrowth and its importance in the formation of highly productive pine forests in the European North of Russia]. Arkhangelsk, Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy Publ., 1996. 45 p. (In Russian).

8. Kotsan V. V. Classification of trees based on spatial structure when assigned to thinning. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 1: Forestry, pp. 24–27 (In Russian).

9. Miroshnikov V. S. *Sosnovo-berezovyye nasazhdeniya BSSR, ikh stroyeniye, lesovodstvennoye i khozyaystvennoye znachenije. Dissertatsiya kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Pine-birch plantations of the BSSR, their structure, silvicultural and economic significance. Dissertation DSc (Agriculture)]. Minsk, 1955. 128 p. (In Russian).

10. Rubtsov V. I. *Biologicheskaya produktivnost' sosny v lesnoy zone* [Biological productivity of pine in the forest zone]. Moscow, Nauka Publ., 1976. 224 p. (In Russian).

11. Sennov S. N. Results of an experimental study of competition in stands. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [St.-Petersburg Forestry Engineering Academy], 1993, no. 11. pp. 160–172 (In Russian).

12. Kotsan V. V. The relationship between taxation indicators of trees in the circles of competition on the example of mossy pine forests of artificial origin. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 1: Forestry, pp. 19–22 (In Russian).

13. Sevko O. A., Pupenko A. V. Influence of the spatial structure of pine-birch forest stands on taxation indicators of pine trees. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources, 2017, no. 2, pp. 37–42 (In Russian).

14. Sevko O. A. Assessment of the dependence of the current growth of the pine part of mixed pine-birch stands on their spatial structure. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 1: Forestry, pp. 41–45 (In Russian).

15. Labokha K. V., Shiman D. V. Features of natural regeneration under the canopy of ripening and ripe spruce plantations on soils of insufficient and moderate moisture. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2010, issue XVIII, pp. 72–75 (In Russian).

16. Kononov V. N., Zarubina L. V. Evaluation of the viability of spruce in a blueberry birch forest in the process of its age development. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [News of higher educational Institutions. Forest Journal], 2016, no. 5 (353), pp. 44–60 (In Russian).

17. Zarubina L. V. Growth of under-log renewal of spruce in felling areas of blueberry birch forest. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the Saint-Petersburg Forestry Academy], 2016, no. 216, pp. 58–68 (In Russian).

18. Vays A. A. *Nauchnyye osnovy otsenki gorizontol'noy struktury drevostoyev dlya povysheniya ikh ustoychivosti i produktivnosti. Avtoreferat dissertatsii kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Scientific basis for assessing the horizontal structure of forest stands for increasing their stability and productivity. Abstract of thesis DSc (Agriculture)]. Krasnoyarsk, 2014. 25 p. (In Russian).

19. Usoltsev V. A., Semyshev M. M. *Produktivnyye kharakteristiki s uchetom konkurentsii derev'yev v iskusstvennykh i estestvennykh sosnyakakh: sravnitel'nyy analiz* [Productive characteristics taking into account the competition of trees in artificial and natural pine forests: a comparative analysis]. Ekaterinburg, UrORAN Publ., 2007. 137 p. (In Russian).

Информация об авторах

Севко Оксана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: o.sevko@belstu.by

Коцан Владимир Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Wolodia250@belstu.by

Information about the authors

Sevko Oksana Aleksandrovna – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: o.sevko@belstu.by

Kotsan Vladimir Vasil'yevich – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Wolodia250@belstu.by

Поступила 15.03.2022

ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЛЕСОВОДСТВО

FOREST ECOLOGY AND SILVICULTURE

УДК 630*385:574.4:502.4

А. Ю. Комар

Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купрэвича Национальной академии наук Беларуси

ГЕАБАТАНІЧНАЯ ХАРАКТАРЫСТЫКА ХВАЁВЫХ БАЛОТНЫХ ФІТАЦЭНОЗАЎ ЗАКАЗНІКА «НАЛІБОЦКІ» ВА ЁМОВАХ ДЭГРАДАЦЫІ АСУШАЛЬНЫХ СІСТЭМ

Сучасны склад і структура лясной расліннасці заказніка «Налібоцкі» знаходзіцца пад моцным уплывам асушальных каналаў. Як вынік такога ўплыву узнікаюць цяжасці пры вызначэнні тыпаў лесу, асабліва хваёвых лясоў.

Фларыстычны склад і структура забалочаных лясоў залежыць ад ступені асушэння і глыбіні залягання тарфяной паклады. На дадзенай тэрыторыі сярод лясоў фармацыі *Pinus sylvestris* вылучаны пяць тыпаў фітацэнозаў для якіх прыведзена дакладная геабатанічная характарыстыка.

Прыведзены на аснове фларыстычнай класіфікацыі Й. Браун-Бланке аналіз паказаў, што ў залежнасці ад ступені асушэння, глыбіні залягання тарфяной паклады і падлеглай пароды ў хвойніках на асушаных балотах вылучаны пяць груп фітацэнозаў (фітацэнонаў). Першая група – хмызнячкова-сфагнавых хвойнікаў, другая – чарнічна-багуновых хвойнікаў, трэцяя – папарацева-доўгаімховых хвойнікаў, чацвёртая – малініева-чарнічных хвойнікаў, пятая – малініева-сфагнава-чарнічных хвойнікаў. Для кожнай групы дадзена падрабязная геабатанічная характарыстыка.

Ключавыя словы: гідралесамеліярацыя, балотныя хвойнікі, фларыстычная класіфікацыя, фітацэнон, сукцэсія, заказнік «Налібоцкі».

Для цытавання: Комар А. Ю. Геабатанічная характарыстыка хваёвых балотных фітацэнозаў заказніка «Налібоцкі» ва ўмовах дэградацыі асушальных сістэм // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 27–36.

A. Yu. Komar

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

GEOBATANICAL CHARACTERISTICS OF PINE PHYTOCENOSES ON RAISED BOGS OF THE NALIBOKSKY NATURE RESERVE IN CONDITIONS OF DEGRADATION OF DRAINAGE SYSTEMS

The modern composition and structure of the forest vegetation of the Naliboksky Nature Reserve is strongly influenced by drainage channels. As a result of this influence, difficulties arise in determining the types of forests, especially pine forests.

The floral composition and structure of wetlands depends on the degree of drainage and depth of peat deposits. In this territory, among the forests of the *Pinus sylvestris* formation, five types of phytocenoses have been identified for which an accurate geobotonic characteristic is given.

The analysis carried out on the basis of the floristic classification of Y. Brown-Blanke showed that, depending on the degree of drainage, the depth of the peat deposit and the underlying rock in the drained pine divide, five groups of phytocenoses (phytocenones) were identified. The first group is shrubby-sphagnum pine forests, the second group is blueberry-ledum pine forests. The third is fern-long-moss pine forests. The fourth – raspberry-blueberry pine forests, the fifth-raspberry-sphagnum-blueberry pine forests. A detailed geobotanical characteristic is given for each group.

Key words: drainage of forest land, bog pine forests, floristic classification, phytocenone, succession, Naliboksky Nature Reserve.

For citation: Komar A. Yu. Geobotanical characteristics of pine phytocenoses on raised bogs of the Naliboksky nature reserve in conditions of degradation of drainage systems. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 27–36 (In Belarusian).

Уводзіны. Хваёвыя лясы на верхавых балотах з'яўляюцца важным кампанентам балотных экасістэм. Тут маюць месца рэдкія і ўнікальныя віды як фаўны, так і флоры. Паводле спісу рэдкіх і тыповых біятопаў [1], балотныя хвойнікі адносяцца да катэгорыі bog woodland – 91D0 (у адпаведнасці з ЕЕС Habitats Directive [2]). Захаванне балот прадугледжана Нацыянальнай стратэгіяй і Планам дзеянняў па захаванні і ўстойліваму выкарыстанню біялагічнай разнастайнасці [3].

Самая густая сетка з лясных асушальных каналаў на тэрыторыі Беларусі была пракладзена ў 60–70-я гг. XX ст. на тэрыторыі заказніка «Налібоцкі».

Паколькі гэты час характарызаваўся паніжэннем сярэднегадавой колькасці ападкаў [4], то на кліматычнае асушэнне наклалася гідралесамеліярацыя, што садзейнічала пераасушэнню лясоў [5].

Пасля распаду СССР у Беларусі фактычна прыпыніліся як даследаванні эфектыўнасці лесаасушэння і яго наступстваў [6], так і сам догляд і рэканструкцыя гідралесамеліярацыйных сістэм, што было абумоўлена галоўным чынам эканамічнымі фактарамі [7]. На момант даследавання (2021 г.) меліярацыйныя каналы зараслі балотным разнатраўем, пакрыліся гідрафільнымі (пераважна сфагнавымі) імхамі і ў значнай ступені страцілі функцыянальнае значэнне [8].

Значны ўклад у развіццё балотазнаўства і класіфікацыі расліннасці з выкарыстаннем школы Браун-Бланке ў Беларусі на сучасным этапе зрабілі Н. А. Зелянкевіч, Дз. Г. Грумо, А. В. Соцінаў, Р. У. Цвірко [9–12]. Тым не менш застаюцца не да канца вывучанымі пытанні класіфікацыі меліярацыйна-вытворных асацыяцый балотных хваёвых лясоў.

Асноўная частка. Вывучэнне расліннага покрыва меліяраваных хвойнікаў праведзена маршрутна-дэтальным спосабам і стацыянарна.

Палявыя і камеральныя даследаванні выкананы ў адпаведнасці з агульнапрынятымі ў геабатаніцы, лесазнаўстве, фларыстыцы, глебазнаўстве і матэматычнай статыстыцы метадамі [13–19].

Геабатанічныя апісанні выконваліся ў межах асушальнай сеткі не далей за 50 м ад канала. Як паказваюць даследаванні [20], менавіта на такую адлегласць на верхавых балотах прыходзіцца асноўны ўплыў канала. У найбольш характэрных фітацэнозах адбіраліся ўзоры торфу для аналізу яго асноўных паказчыкаў. Назву раслінаў удакладнялі па зборніках [21, 22].

У камеральных умовах таблічна апрацаваны геабатанічныя апісанні. Для гэтага выкарыстоўвалася праграма Juice [23]. Кластэрны аналіз для першаснага сартавання апісанняў і выдзялення груп

супольніцтваў (фітацэнозаў) выконваўся на платформе TWINSpan [24, 25].

Наступным крокам была выбаркоўка апісанняў у межах кожнай групы (кластараў). Далей праводзіўся аналіз з вылучэннем дыягнастычных (D), канстантных (C), дамінантных (Dm) відаў і складаннем характарызавальных і синаптычных табліц.

З усіх папулярных індэксаў разнастайнасці выкарыстоўваўся індэкс відавога багацця (S). Для размежавання вылучаных фітацэнозаў па відавой разнастайнасці разлічваліся індэкс Шэнана H , паказчыкі відавой разнастайнасці: α_1 – агульная колькасць відаў сінтаксона; α_2 – сінтэтычная разнастайнасць (сярэдняя колькасць відаў у апісанні); α_3 – адносна сінтэтычная разнастайнасць ($\alpha_{\max} - \alpha_{\min} / \alpha_2$); β_w – індэкс β -разнастайнасці Уіттэкера; \min/\max – мінімальны/максімальны значэнні, якія разлічваліся па дапаможніку [26].

Фітаіндыкацыйны аналіз праведзены з выкарыстаннем шкал Эленберга [14], і на іх аснове зроблена ардынацыя расліннасці метадам галоўных кампанент (PCA).

Згодна з фларыстычнай класіфікацыяй хваёвыя лясы на верхавым балоце адносяцца да двух асацыяцый [10]:

1) *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* (de Kleist, 1929) класа *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al., 1939;

2) *Sphagno-Pinetum sylvestris* (Kobendza, 1930) Navratilova in Chytry (ed.) 2011 класа з *Oxycocco-Sphagnetum* Br.-Bl. et Tüxen ex Westhoff et al., 1946.

У ходзе палявых даследаванняў выявілася, што фактычна на тэрыторыі заказніка «Налібоцкі» амаль не засталася хвойнікаў сфагнавых, прыналежных да асацыяцыі *Sphagno-Pinetum sylvestris*, якія фіксаваліся лесаўпарадкаваннем 1970–80-х гг., таму аналіз праводзіўся для асацыяцыі *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* (Kleist, 1929) класа *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al., 1939, якім згодна з дамінантнай класіфікацыяй адпавядаюць хвойнікі багуновыя [27]. У межах гэтай асацыяцыі выкарыстоўваючы кластарны аналіз было выдзелена 5 фітацэнозаў (табл. 1, рыс. 1).

Працоўная назва групы давалася па дамінаванні відаў.

1. **Група хмыхнякова-сфагнавых хвойнікаў** (на рыс. 1 адпавядае калонцы 1) – слабапарушаны хвойнік багуновы IV–V класаў банітэту. Сярэдняя глыбіня торфу 1,6 м.

У наглебавым покрыве тут даміруе *Ledum palustre*, значную плошчу займаюць *Vaccinium uliginosum*, характэрнай рысай дадзенага фітацэнона з'яўляецца наяўнасць *Oxycoccus palustris*, *Andromeda polifolia* і *Polytrichum strictum* (рыс. 2).

Таблиця 1

Характеристика вилучених фітаценоз

Група фітаценозу	Кількість апісань, шт.	Кількість видів	Індекс Шенана	Торф, м	Баніт	Діягностичні види	Канстантні види	Домінантні види
1. Хмизнячкова-сфагновья хвойні	6	27	2,827	1,6	IV-V	<i>Oxycoccus palustris</i> (75,1), <i>Andromeda polifolia</i> (61,7), <i>Eriophorum vaginatum</i> (49,3), <i>Vaccinium uliginosum</i> (45,3), <i>Ledum palustre</i> (44,1), <i>Polytrichum strictum</i> (85,7)	<i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Pleurozium schreberi</i> (83), <i>Dicranum polysetum</i> (83), <i>Betula pubescens</i> (67), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (50)	<i>Vaccinium uliginosum</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Ledum palustre</i> (100), <i>Eriophorum vaginatum</i> (100), <i>Oxycoccus palustris</i> (83), <i>Polytrichum strictum</i> (67)
2. Чарнічна-багновья хвойні	17	45	3,013	1,2	IV-III	<i>Vaccinium uliginosum</i> (45,3), <i>Ledum palustre</i> (44,1), <i>Andromeda polifolia</i> (43,6), <i>Eriophorum vaginatum</i> (43,4)	<i>Vaccinium myrtillus</i> (100), <i>Pleurozium schreberi</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Picea abies</i> (94), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (82), <i>Hylocomium splendens</i> (67)	<i>Pleurozium schreberi</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Vaccinium myrtillus</i> (94), <i>Ledum palustre</i> (94), <i>Vaccinium uliginosum</i> (65)
3. Папарцева-доўгаімовья хвойні	9	58	3,333	0,7	III-II	<i>Oxalis acetosella</i> (79,2), <i>Lycopodium annotinum</i> (78,2), <i>Rubus idaeus</i> (77,6), <i>Circaea alpina</i> (66,7), <i>Dryopteris carthusiana</i> (60,9), <i>Trisetalia europaea</i> (58,9)	<i>Vaccinium myrtillus</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Pleurozium schreberi</i> (88), <i>Dicranum polysetum</i> (75), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (62), <i>Betula pubescens</i> (62), <i>Picea abies</i> (50)	<i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Pleurozium schreberi</i> (88), <i>Vaccinium myrtillus</i> (75), <i>Picea abies</i> (75), <i>Dryopteris carthusiana</i> (50), <i>Rubus idaeus</i> (38)
4. Малінева-чарнічна хвойні	29	64	3,210	0,4	II-I	<i>Sphagnum girgensohnii</i> (48,3), <i>Molinia caurelea</i> (47,0), <i>Carex nigra</i> (45,0)	<i>Vaccinium myrtillus</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Pleurozium schreberi</i> (93), <i>Dicranum polysetum</i> (90), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (86), <i>Betula pubescens</i> (90), <i>Picea abies</i> (86), <i>Frangula alnus</i> (79), <i>Ledum palustre</i> (69), <i>Hylocomium splendens</i> (69)	<i>Vaccinium myrtillus</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Pleurozium schreberi</i> (90), <i>Picea abies</i> (45), <i>Hylocomium splendens</i> (45), <i>Molinia caurelea</i> (41)
5. Малінева-сфарнава-чарнічна хвойні	10	36	2,985	0,2	I-Ia	<i>Molinia caurelea</i> (50,9), <i>Rhytidadelphus triquetrus</i> (36,2), <i>Betula pendula</i> (36,2), <i>Picea abies</i> (34,7)	<i>Vaccinium myrtillus</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Vaccinium vitis-idaea</i> (90), <i>Pleurozium schreberi</i> (90), <i>Dicranum polysetum</i> (70), <i>Sorbus aucuparia</i> (70)	<i>Vaccinium myrtillus</i> (100), <i>Pinus sylvestris</i> (100), <i>Pleurozium schreberi</i> (90), <i>Picea abies</i> (90), <i>Molinia caurelea</i> (60), <i>Hylocomium splendens</i> (60)

Synoptic table with categorical frequency and standardised fidelity index (phi coefficient)

Number of releves:	6	16	11	26	10	
releves 69	1	2	3	4	5	
Species 90						
<i>Andromeda polifolia</i>	6 6	V 60.4	V 41.3	I ---	I ---	. ---
<i>Vaccinium uliginosum</i>	6 6	V 40.3	V 40.3	III ---	III ---	. ---
<i>Ledum palustre</i>	6 6	V 40.8	V 40.8	II ---	IV 13.3	. ---
<i>Oxycoccus palustris</i>	6 6	V 75.4	III 14.3	I ---	. ---	. ---
<i>Polytrichum strictum</i>	9 9	V 83.6	I ---	I ---	I ---	. ---
<i>Sphagnum magellanicum</i>	9 9	V 66.3	II 6.6	I ---	I ---	. ---
<i>Sphagnum angustifolium</i>	9 9	V 83.2	II ---	. ---	I ---	. ---
<i>Sphagnum fallax</i>	9 9	V 89.4	. ---	. ---	. ---	. ---
<i>Eriophorum vaginatum</i>	6 6	V 46.2	V 39.9	III ---	II ---	. ---
<i>Dicranum scoparium</i>	9 9	. ---	II 51.6	. ---	. ---	. ---
<i>Vaccinium myrtillus</i>	6 6	III ---	V 16.7	V 16.7	V 16.7	. ---
<i>Melampyrum pratense</i>	6 6	. ---	II 31.4	I ---	II 20.9	. ---
<i>Phragmites australis</i>	6 6	. ---	. ---	III 10.0	. ---	. ---
<i>Polytrichum commune</i>	9 9	. ---	I ---	IV 39.9	II ---	II 2.4
<i>Rubus idaeus</i>	5 5	. ---	I ---	III 62.0	I ---	. ---
<i>Lycopodium annotinum</i>	6 6	. ---	. ---	IV 68.1	II 5.0	. ---
<i>Dryopteris carthusiana</i>	6 6	. ---	I ---	V 54.8	IV 24.5	II ---
<i>Lysimachia vulgaris</i>	6 6	. ---	. ---	I 27.2	. ---	. ---
<i>Circaea alpina</i>	6 6	. ---	. ---	II 48.0	. ---	. ---
<i>Oxalis acetosella</i>	6 6	. ---	. ---	III 56.5	I ---	. ---
<i>Moehringia trinervia</i>	6 6	. ---	I 13.3	I 25.1	. ---	. ---
<i>Naumburgia thyrsoflora</i>	6 6	. ---	. ---	I 27.2	. ---	. ---
<i>Dryopteris expansa</i>	6 6	. ---	. ---	I 27.2	. ---	. ---
<i>Milium effusum</i>	6 6	. ---	. ---	I 38.9	. ---	. ---
<i>Trientalis europaea</i>	6 6	. ---	. ---	IV 40.2	II 7.8	II 13.8
<i>Molinia caerulea</i>	6 6	. ---	I ---	II ---	V 49.6	V 47.3
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	9 9	. ---	. ---	. ---	II ---	. ---
<i>Salix cinerea</i>	5 5	. ---	. ---	I 9.7	I 24.3	. ---
<i>Carex nigra</i>	6 6	. ---	. ---	I 5.4	II 33.9	. ---
<i>Pteridium aquilinum</i>	6 6	. ---	. ---	. ---	II ---	II 27.3

Рис. 1. Кластерны анализ для першага сартавання апісанняў і выдзялення груп фітацэнозаў (фітацэнонаў) на платформе TWINSpan (слупок адпавядае групе фітацэнозаў)

Дыягнастычныя віды (%): *Oxycoccus palustris* (75,1), *Andromeda polifolia* (61,7), *Eriophorum vaginatum* (49,3), *Vaccinium uliginosum* (45,3), *Ledum palustre* (44,1), *Polytrichum strictum* (85,7).



Рис. 2. Прыклад хмызнякова-сфагновых хвойнікаў

Канстантныя віды (%): *Pinus sylvestris* (100), *Pleurozium schreberi* (83), *Dicranum polysetum* (83), *Betula pubescens* (67), *Vaccinium vitis-idaea* (50), *Vaccinium myrtillus* (50).

Дамінантныя віды (%): *Vaccinium uliginosum* (100), *Pinus sylvestris* (100), *Ledum palustre* (100), *Eriophorum vaginatum* (100), *Oxycoccus palustris* (83), *Polytrichum strictum* (67).

2. Група чарнічна-багуновых хвойнікаў (рис. 1, калонка 2) – у значнай ступені меліяраваны

хвойнік багуновы IV–III класа банітэту з дамінаваннем *Vaccinium myrtillus*. З’яўляецца першай стадыяй постмеліярацыйнай сукцэсіі багуновых хвойнікаў. Сярэдняя глыбіня торфу 1,2 м (рис. 3).

У наглебавым покрыве дамінавальнае становішча займаюць чарніцы (да 5 балаў па Браўн-Бланке), сустракаецца *Melampyrum pratense*, назіраецца прысутнасць узнаўлення елкі.



Рис. 3. Прыклад чарнічна-багуновых хвойнікаў

Дыягнастычныя віды: *Vaccinium uliginosum* (45,3), *Ledum palustre* (44,1), *Andromeda polifolia* (43,6), *Eriophorum vaginatum* (43,4).

Канстантныя віды (%): *Vaccinium myrtillus* (100), *Pleurozium schreberi* (100), *Pinus sylvestris* (100), *Picea abies* (94), *Vaccinium vitis-idaea* (82), *Hylocomium splendens* (67), *Calluna vulgaris* (47).

Дамінантныя віды (%): *Pleurozium schreberi* (100), *Pinus sylvestris* (100), *Vaccinium myrtillus* (94), *Ledum palustre* (94), *Vaccinium uliginosum* (65).

3. **Група папарацева-доўгаімховых хвойнікаў** па відавым складзе падобная да хвойнікаў прыручаёва-травяных (рыс. 1, калонка 3) – сукцэсія да ельніка, пра што сведчыць наяўнасць другога яруса елкі і яе інтэнсіўнае натуральнае ўзнаўленне, а таксама з'яўленне ў наглебавым покрыве *Lysimachia vulgaris*, *Rubus idaeus*, *Lycopodium annotinum*, *Moehringia trinervia*, *Oxalis acetosella*, *Pteridium aquilinum*. Зрэдку сустракаецца на мінеральных, часцей на тарфяных глебах. Сярэдняя глыбіня торфу 0,7 м, максімальная – 1,3 м.

Дадзеныя лясы фарміруюцца ў мезатрофных умовах на торфах, якія падцілаюцца супескамі і суглінкамі, таму і назіраецца сукцэсія да ельніка чарнічнага (рыс. 4).



Рыс. 4. Прыклад папарацева-доўгаімховых хвойнікаў

4. **Група малініева-чарнічных хвойнікаў** часта з другім ярусам елкі (рыс. 1, калонка 4) – на мінеральных або слабаатарфаваных глебах. Сярэдняя глыбіня торфу – 0,4 м, максімальная – 0,8 м. Перадапошняя стадыя ў сукцэсіі лясоў да чарнічнага тыпу (рыс. 5).

Дыягнастычныя віды (%): *Sphagnum girgensohnii* (48,3), *Molinia caurelea* (47,0), *Carex nigra* (45,0).

Канстантныя віды (%): *Vaccinium myrtillus* (100), *Pinus sylvestris* (100), *Pleurozium schreberi* (93), *Dicranum polysetum* (90), *Vaccinium vitis-idaea* (86), *Betula pubescens* (90), *Picea abies* (86), *Frangula alnus* (79), *Ledum palustre* (69), *Hylocomium splendens* (69), *Vaccinium uliginosum* (62).

Дамінантныя віды (%): *Vaccinium myrtillus* (100), *Pinus sylvestris* (100), *Pleurozium schreberi* (90), *Picea abies* (45), *Hylocomium splendens* (45), *Molinia caurelea* (41).



Рыс. 5. Прыклад малініева-чарнічных хвойнікаў

5. **Група малініева-сфагнава-чарнічных хвойнікаў** адрозніваецца ад чацвёртай групы адсутнасцю балотных відаў, такіх як багун, дурніцы, падвей. Дрэвастан пятай групы больш прадукцыйны (рыс. 1, калонка 5) – на мінеральных або слабаатарфаваных глебах. Глыбіня торфу – да 0,2 м. Апошняя стадыя сукцэсіі меліяраваных балотных лясоў (рыс. 6).



Рыс. 6. Прыклад малініева-сфагнава-чарнічных хвойнікаў

Дыягнастычныя віды (%): *Molinia caurelea* (50,9), *Rhynchospora triquetra* (36,2), *Betula pendula* (36,2), *Picea abies* (34,7), *Frangula alnus* (34,7).

Канстантныя віды (%): *Vaccinium myrtillus* (100), *Pinus sylvestris* (100), *Vaccinium vitis-idaea* (90), *Pleurozium schreberi* (90), *Dicranum polysetum* (70), *Sorbus aucuparia* (70), *Betula pubescens* (50), *Picea abies* (50), *Trientalis europaea* (40).

Дамінантныя віды (%): *Vaccinium myrtillus* (100), *Pinus sylvestris* (100), *Pleurozium schreberi* (90), *Picea abies* (90), *Molinia caurelea* (60), *Hylocomium splendens* (60), *Picea abies* (50).

Паказчыкі відавой разнастайнасці пададзены ў табл. 2.

Так, самы нізкі індэкс Шэнана (2,827) назіраецца ў першым фітаэноне, які адпавядае малапарушаным алігатрофным хвойнікам. Далей пры большай антрапагеннай трансфармацыі супольніцтваў відавое багацце расце. Самы высокі індэкс (3,333) характэрны для трэцяга фітаэнона (табл. 2, 3).

Табліца 2

Параўнанне відавой разнастайнасці груп фітаэнозаў па індэксу Шэнана

Групы	Лік ступеняў свабоды, d_f	Крытэрыі Ст'юдэнта, t_p	$t_{0,05}$
1–2	413	–2,520	1,9659
1–3	425	–5,880	1,9659
1–4	356	–5,510	1,9679
1–5	407	–2,600	1,9659

Статыстычная ацэнка дакладнасці розніцы відавой разнастайнасці паказала, што пры давяральной верагоднасці $p = 0,05$ ёсць розніца відавой разнастайнасці $t_p > t_{0,05}$ паміж першым (найменш парушаным супольніцтвам) і чатырма астатнімі фітаэнонамі рознай стадыі трансфармацыі.

Фітаіндыкацыйныя шкалы Х. Эленберга выступаюць у якасці экалагічнай ацэнкі месцапражыванняў сінтаксонаў. Разлічваліся ў праграме Juice (табл. 3).

Згодна са шкалай *light*, асветленасць паніжаецца ад першага да пятага фітаэнона. Асабліва істотна ніжэйшы паказчык характэрны для трэцяга фітаэнона з-за з'яўлення другога яруса елкі і яе ўзнаўлення. Шкала ўвільгатнення (*moisture*), як і шкала кісліннасці (*soil reaction*), таксама адлюстроўваюць падобную тэндэнцыю – паніжэнне ад першага да пятага фітаэнона, што характарызуе большую трансфармаванасць у выніку асушэння. Шкала багацця (*nutrients*) паказвае павелічэнне ўрадлівасці глебы ад першага да пятага фітаэнона, пры гэтым значэнне трэцяга фітаэнона рэзка адрозніваецца ў бок большай ўрадлівасці.

Ардынацыя паказала, што фітаэноны 1, 2, 4 і 5 – алігатрофная расліннасць, і яны адрозніваюцца па восі ўвільгатнення.

Пры гэтым расліннасць фітаэнонаў 4 і 5 падобная, хоць і назіраецца розніца ў глыбіні тарфяной паклады (сярэдня 0,4 і менш за 0,2 адпаведна). Фітаэнон 3 адносіцца да мезатрофных умоў, што адлюстроўвае вось багацця. Сярэдняя глыбіня торфу дадзенага фітаэнона складае 0,7 м, значыць, торфы падцілаюцца ў дадзеных умовах або пераходнымі або багатымі суглінкамі, што дае падставу прапанаваць гіпотэзу дынамікі расліннасці на верхавым торфе, які падцілаецца больш багатай пародай (суглінкам, або пераходным торфам).

Для графічнага прадстаўлення галоўных экалагічных фактараў, якія вызначаюць сінтаксанамічную структуру, быў выкарыстаны метагалоўных кампанент (РСА) (рыс. 7).

Найбольш высокімі значэннямі сінтэтычнай α -разнастайнасці (сярэдня колькасць відаў у апісанні) і індэкса Шэнана (выраўнаванасць багацця відаў у супольнасцях) адрозніваюцца цэнафлоры трэцяга фітаэнона – хвойнікі папарацева-доўгаімховыя.

Разам з тым адносна невысокі паказчык β -разнастайнасці Уітэкера паказвае на высокае падабенства цэнафлор супольніцтваў (табл. 4).

Найменшая адносная сінтэтычная разнастайнасць характэрна для першага фітаэнона – хвойнікаў хмызнячкова-сфагнавых і адпавядае малапарушаным хвойнікам багуновым.

Яксны аналіз адрозненняў відавога складу вылучаных фітаэнонаў зроблены на падставе спектра цэнатычных груп – груп відаў, якія аб'яднаныя па іх падабенстве да асноўных тыпаў расліннасці канкрэтнага рэгіёна [28] з выкарыстаннем табліц для сасудзістых раслін і мохападобных Маскоўскай вобласці. У самым агульным выглядзе адрозніваюць лясныя, балотныя, водныя і пустазельна-рудэральныя групы. Суадносіны гэтых груп (спектр цэнатычных груп) дазваляюць вызначыць дынамічны стан канкрэтнага супольніцтва і (або) антрапагенную парушанасць [29].

Табліца 3

Паказчыкі фітаіндыкацыі для выдзеленых груп фітаэнозаў па Эленбергу

Групы фітаэнозаў	Асветленасць, L	Тэмпература, T	Кантынентальнасць, C	Вільготнасць, M	Кісліннасць, SR	Багацце, N
1. Хмызнячкова-сфагнавыя хвойнікі	6,95	3,45	5,64	6,94	1,82	2,00
2. Чарнічна-багуновыя хвойнікі	6,37	3,68	5,51	6,51	2,52	2,44
3. Папарацева-доўгаімховыя хвойнікі	5,50	4,20	5,02	5,89	3,65	3,97
4. Малініева-чарнічныя хвойнікі	6,00	3,75	5,32	6,01	3,04	3,00
5. Малініева-сфагнава-чарнічныя хвойнікі	5,90	3,70	5,43	5,13	3,40	3,13

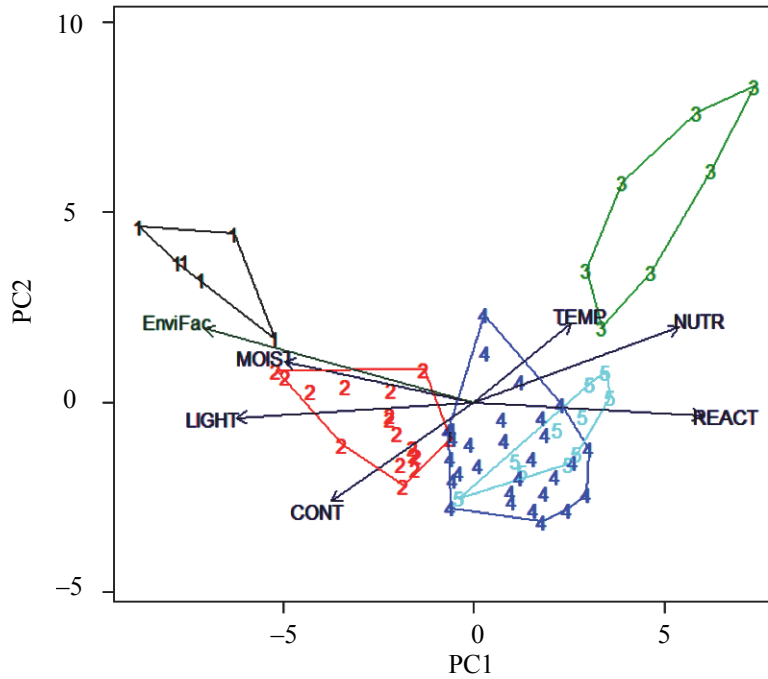


Рис. 7. Ардынацыя груп фітаэнозаў метадам галоўных кампанент (PCA)

Табліца 4

Відавая разнастайнасць фітаэнозаў асушаных лясоў на верхавым балоце

Група фітаэнозаў	Паказчыкі відавой разнастайнасці						
	α_1	α_2	α_{\min}	α_{\max}	α_3	H	β_w
1. Хмызнячкова-сфагнавыя хвойнікі	27	16	14	19	0,316	2,827	0,69
2. Чарнічна-багуновыя хвойнікі	45	18	14	23	0,500	3,013	1,50
3. Папарацева-доўгаімховыя хвойнікі	58	22	13	27	0,636	3,333	1,64
4. Малініева-чарнічныя хвойнікі	64	18	14	25	0,611	3,210	2,56
5. Малініева-сфагнава-чарнічныя хвойнікі	36	16	12	21	0,563	2,985	1,25

У табл. 5 даюцца наступныя літарныя абазначэнні цэнатычных груп (ЦГ): балотныя – Б; лясныя – Л; леса-балотныя – Л-Б; леса-лугавыя – Л-Лг; пустазельна-лясныя – П-Л; пустазельныя – П; лугавыя – Лг; лугава-балотныя – Лг-Б.

Табліца 5

Размеркаванне расліннасці па ЦГ

ЦГ	Фітаэнон, колькасць відаў					Разам
	1	2	3	4	5	
Б	13	12	12	13	–	50
Л	10	18	31	33	24	116
Л-Б	–	1	2	2	1	6
Л-Лг	–	1	1	2	–	4
П-Л	–	4	3	2	–	9
П	–	–	1	1	–	2
Лг	–	–	1	–	–	1
Лг-Б	–	–	–	1	–	1
Разам	23	36	51	54	25	189

Статыстычная ацэнка дакладнасці якаснага адрознення фітаэнацэнтных груп зроблена

з выкарыстаннем крытэрыя згоды хі-квадрат (χ^2) Пірсона (табл. 6).

Табліца 6

Статыстычныя паказчыкі дакладнасці розніцы спектра ЦГ

Групы	Паказчык			
	$\chi^2_{\text{факт}}$	$\chi^2_{\text{тэар}}$	Лік ступеняў свабоды d.f	p-значэнне
1-2	7,844	9,488	4	0,05
1-3	12,109	12,592	6	0,05
1-4	13,506	12,592	6	0,05
1-5	20,417	9,210	2	0,01
4-5	16,201	15,086	5	0,01

З табл. 6 відаць, што статыстычна дакладная розніца ($\chi^2_{\text{факт}} > \chi^2_{\text{тэар}}$) спектра цэнатычных груп назіраецца паміж першым і чацвёртым, першым і пятым фітаэнонамі, таксама ёсць дакладная розніца паміж чацвёртым і пятым фітаэнонамі. Хоць ардынацыя і паказала падабенства паміж чацвёртым і пятым фітаэнонамі, усё ж у спектры

цэнатычных груп яны адрозніваюцца з-за наяўнасці ў чацвёртым фітацэноне балотных відаў (*Andromeda polypholia*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum palustre*), пры тым што ў пятым яны адсутнічаюць зусім.

Заклучэнне. У выніку апрацоўкі звестак геабатанічных апісанняў былі вылучаны пяць фітацэнонаў (груп супольніцтваў) на верхавых балотах Налібоцкай пушчы.

1. Індэкс відавой разнастайнасці Шэнана паказваў дакладную розніцу паміж фітацэнонамі. Крытэрыі Ст'юдэнта розніцы фітацэнонаў 1–2 складае $-2,520$ пры тэарэтычным значэнні, роўным $1,9659$. Для фітацэнонаў 1–3, 1–4, 1–5 яго значэнне складае $-5,880$, $-5,510$, $-2,600$ пры тэарэтычных паказчыках $1,9659$, $1,9679$, $1,9659$ адпаведна.

2. Якасны аналіз спектраў цэнатычных груп паказаў дакладнасць розніцы паміж першым і чацвёртым ($\chi^2_{\text{факт}} = 13,506 > \chi^2_{\text{тэар}} = 12,59; p = 0,05$), першым і пятым ($\chi^2_{\text{факт}} = 20,417 > \chi^2_{\text{тэар}} = 9,210; p = 0,05$), а таксама чацвёртым і пятым фітацэнонамі ($\chi^2_{\text{факт}} = 16,201 > \chi^2_{\text{тэар}} = 15,086; p = 0,01$), што адлюстроўвае ступень трансфармацыі раслінных супольніцтваў.

3. Экалагічная ацэнка месцапражывання сінтаксонаў з выкарыстаннем фітаіндыкацыйных шкалаў Х. Эленберга паказвае, што значэнні па шкале асветленасці (*light*) паніжаюцца ад першага (найменш парушаныя хвойнікі хмызнячкова-сфагнавыя) да пятага (найбольш трансфармаваныя хвойнікі малініева-сфагнава-чарнічныя) фітацэнона, паказчык для трэцяга фітацэнона істотна ніжэйшы (хвойнікі папарацева-доўгаімховыя) з-за з'яўлення другога яруса елкі і яе ўзнаўлення. Шкала ўвільгатнення (*moisture*), як і шкала кісліннасці (*soil reaction*), таксама адлюстроўвае падобную тэндэнцыю – паніжэнне ад першага да пятага фітацэнона, што характарызуе большую трансфармаванасць у выніку асушэння. Шкала багацця (*nutrients*) паказвае павелічэнне ўрадлівасці глебы ад першага да пятага фітацэнона, пры гэтым значэнне трэцяга фітацэнона рэзка адрозніваецца ў бок большай ўрадлівасці.

Патрабуе ўдакладнення прапанаваная гіпотэза дынамікі лясной расліннасці верхавых балотаў. Дэндрахраналагічны аналіз з'яўляецца актуальным напрамкам далейшага вывучэння.

Спіс літаратуры

1. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Растительный мир. Правила выделения и охраны типичных и редких биотопов, типичных и редких природных ландшафтов = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Тэрыторыі. Раслінны свет. Правілы вылучэння і аховы тыповых і рэдкіх біятопаў, тыповых і рэдкіх прыродных ландшафтаў: ТКП 17.12-06-2021 (33140). Минск: М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды, 2021. 90 с.
2. A European network of protected sites under EU legislation // Natura 2000. URL: <http://www.biodiversityaz.org/areas/27/> (date of access: 01.03.2022).
3. Об утверждении национального плана действий по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия на 2016–2020 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 03.09.2015, № 743 // М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь. URL: [Natsionalnyj-plan-dejstvuj-2016-2020.doc](http://natsionalnyj-plan-dejstvuj-2016-2020.doc) (дата обращения: 01.03.2022).
4. Изменения климата Беларуси и их последствия / В. Ф. Логинов [и др.]; под общ. ред. В. Ф. Логинова. Минск: Тонпик, 2003. 330 с.
5. Провести инвентаризацию, оценить состояние и выявить факторы, определяющие динамику олиготрофных сосновых фитоценозов: отчет о НИР (заключ.) / Ин-т экспериментал. ботаники имени В. Ф. Купревича Нац. акад. наук Беларуси, рук. темы М. В. Ермохин. Минск, 2016. 65 с. № ГР 20160741.
6. Якимов Н. И. Состояние и проблемы мелиорации лесов Республики Беларусь // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2014. № 1. С. 13–15.
7. Маслов Б. С., Минаев И. В. Мелиорация и охрана природы. М.: Россельхозиздат, 1985. 271 с.
8. Комар А. Ю., Сцепановіч І. М. Фітацэнатычнае аблічча і санітарны стан лясоў заказніка «Налібоцкі» ва ўмовах дэградацыі асушальных сістэм // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 1 (252). С. 18–25.
9. Груммо Д. Г. Экологическая характеристика растительности сфагновых болот Беларуси // Ботаника: исследования. 2012. Вып. 41. С. 178–200.
10. Флора и растительность верховых болот Беларуси / Н. А. Зеленкевич [и др.]; под ред. А. В. Пугачевского. Минск: СтройМедиаПроект, 2016. 244 с.
11. Созинов О. В., Груммо Д. Г., Зеленкевич Н. А. Эколого-фитоценотический и экологический анализ флоры заказника «Ельня» (Беларусь) // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы III Всерос. науч. конф., Йошкар-Ола, 19–22 апр. 2008 г. Йошкар-Ола, Пушино, 2008. С. 206–208.
12. Груммо Д. Г., Зеленкевич Н. А. Ассоциации сосновых сообществ на верховых болотах севера Беларуси // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2008. Вып. 68: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 370–392.

13. Булохов А. Д., Семенищенков Ю. А. Практикум по классификации и ординации растительности. Брянск: РИО БГУ, 2009. 120 с.
14. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Göttingen: Goltze, 1992. 282 s.
15. Мэгаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / пер. с англ. Н. В. Матвеевой. М.: Мир, 1992. 161 с.
16. Александрова В. Д. К истории понятия ассоциации в геоботанике // Методы выделения растительных ассоциаций. Л., 1971. С. 5–13.
17. Василевич В. И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969. 232 с.
18. Программа и методика биогеоэкологических исследований / Акад. наук СССР, науч. совет по проблемам биогеоэкологии и охраны природы. М., 1974. 403 с.
19. Федорук А. Т. Ботаническая география: полевая практика. Минск: Изд-во БГУ, 1976. 224 с.
20. Eggelsmann R. Zur Erhaltung von Naturschutzgebieten im Moor aus hydrologischer Sicht // Torfforschung. 1975. S. 105–111.
21. Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб.: Изд. СПХВА, 2000. 781 с.
22. Флора Беларуси. Мохообразные: в 2 т. / под ред. В. И. Парфенова; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники имени В. Ф. Купревича. Минск: Беларус. навука, 2004–2009. Т. 2: *Hepaticopsida – Sphagnopsida* / Г. Ф. Рыковский, О. М. Масловский. 2009. 213 с.
23. Tichy L., Holt J. JUICE program for management, analysis and classification of ecological data // Prirodovedecká fakulta, Masarykova Univerzita. URL: www.sci.muni.cz/botany/juice/JUICEman_all.pdf (date of access: 01.03.2022).
24. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures / M. Chytrý [et al.] // Journal of Vegetation Science. 2002. No. 13. P. 79–90.
25. Hill M. O. TWINSPLAN—a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two Way Table by Classification of Individual and Attributes Ecology and Systematics. New York: Cornell University, 1979. 90 p.
26. Shannon C. E., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.
27. Юркевич И. Д., Голод Д. С., Адериho В. С. Растительность Белоруссии, ее картографирование, охрана и использование (с картой растительности Белорусской ССР, М 1 : 600 000). Минск: Наука и техника, 1979. 248 с.
28. Юрцев Б. А. Основные понятия и термины флористики. Пермь: Пермский ун-т, 1991. 80 с.
29. Уланова Н. Г. Эколого-ценотический анализ растительных сообществ. М.: МАКС Пресс, 2014. 80 с.

References

1. ТКР 17.12-06-2021 (33140). Environmental protection and nature management. Territories. Vegetable world. Rules for the allocation and protection of typical and rare biotopes, typical and rare natural landscapes. Minsk, Ministerstvo prirodnikh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy Publ., 2021. 90 p. (In Russian).
2. A European network of protected sites under EU legislation. Available at: <http://www.biodiversityaz.org/areas/27/> (accessed 01.03.2022).
3. On approval of the national action plan for the conservation and sustainable use of biological diversity for 2016–2020: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 03.09.2015, no. 743. Available at: [Natsionalnyj-plan-dejstvuj-2016-2020.doc](#) (accessed 01.03.2022) (In Russian).
4. Loginov V. F., Sachok G. I., Mikuckiy V. S., Mel'nik V. I., Kolyada V. V. *Izmeneniya klimata Belarusi i ikh posledstviya* [Climate change in Belarus and its consequences]. Minsk, Tonpik Publ., 2003. 330 p. (In Russian).
5. *Provesti inventarizatsiyu, otsenit' sostoyaniye i vyyavit' faktory, opredelyayushchiye dinamiku oligotrofnykh sosnovykh fitotsenozov. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote (zaklyuchitel'nyy)* [Conduct an inventory, assess the state and identify factors that determine the dynamics of oligotrophic pine phytocenoses: research report (final)]. Theme leader M. V. Ermohin. Minsk, 2016. 65 p. No. GR 20160741 (In Russian).
6. Yakimov N. I. Status and problems of forest reclamation in the Republic of Belarus. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2014, no. 1, pp. 13–15 (In Russian).
7. Maslov B. S., Minaev I. V. *Melioratsiya i okhrana prirody* [Reclamation and nature protection]. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1985. 271 p. (In Russian).
8. Komar A. Yu., Stepanovich I. M. Phytocenotic appearance and sanitary condition of the forests of the Nalibotsky Nature Reserve in the conditions of degradation of drainage systems. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2022, no. 1 (252), pp. 18–25 (In Belarusian).
9. Grummo D. G. Ecological characteristics of the vegetation of sphagnum bogs in Belarus. *Botanika: issledovaniya* [Botany: research], 2012, issue 41, pp. 178–200 (In Russian).
10. Zelenkevich N. A., Grummo D. G., Sozinov O. V., Galanina O. V. *Flora i rastitel'nost' verkhovykh bolot Belarusi* [Flora and vegetation of raised bogs of Belarus]. Minsk, StroyMediaProekt Publ., 2016. 244 p. (In Russian).

11. Sozinov O. V., Grummo D. G., Zelenkevich N. A. Ecological-phytocenotic and ecological analysis of the flora of the reserve “Yelnya” (Belarus). *Printsipy i sposoby sokhraneniya bioraznoobraziya: materialy III Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii* [Principles and methods of biodiversity conservation: materials of the III All-Russian scientific conference]. Joshkar-Ola, Pushchino, 2008, pp. 206–208 (In Russian).
12. Grummo D. G., Zelenkevich N. A. Associations of pine communities in the raised bogs of the north of Belarus. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of scientific papers of the Forest Institute of the National Academy of Sciences of Belarus]. Gomel', 2008, issue 68: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 370–392 (In Russian).
13. Bulohov A. D., Semenishchenkov Yu. A. *Praktikum po klassifikatsii i ordinatsii rastitel'nosti* [Workshop on classification and ordination of vegetation]. Bryansk, RIO BGU, 2009. 120 p. (In Russian).
14. Ellenberg H. *Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas*. Göttingen, Goltze, 1992. 282 p.
15. Megaran E. *Ekologicheskoye raznoobraziye i yego izmereniye* [Ecological diversity and its measurement]. Moscow, Mir Publ., 1992. 161 p. (In Russian).
16. Aleksandrova V. D. On the history of the concept of association in geobotany. *Metody vydeleniya rastitel'nykh assotsiatsiy* [Methods for identifying plant associations]. Leningrad, 1971, pp. 5–13 (In Russian).
17. Vasilevich V. I. *Statisticheskiye metody v geobotanike* [Statistical Methods in Geobotany]. Leningrad, Nauka Publ., 1969. 232 p. (In Russian).
18. *Programma i metodika biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [Program and methodology of biogeocenological research]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 403 p. (In Russian).
19. Fedoruk A. T. *Botanicheskaya geografiya: polevaya praktika* [Botanical geography: field practice]. Minsk, Izdatel'stvo BGU Publ., 1976. 224 p. (In Russian).
20. Eggelsmann R. Zur Erhaltung von Naturschutzgebieten im Moor aus hydrologischer Sicht. *Torfforschung*, 1975, pp. 105–111.
21. Tsvelev N. N. *Opredelitel' sosudistyykh rasteniy Severo-Zapadnoy Rossii (Leningradskaya, Pskovskaya i Novgorodskaya oblasti)* [Key to vascular plants of Northwestern Russia (Leningrad, Pskov and Novgorod regions)]. St. Petersburg, Izdatel'stvo SPKhVA Publ., 2000. 781 p. (In Russian).
22. Rykovskiy G. F., Maslovskiy O. M. *Flora Belarusi. Mokhoobraznyye: v 2 tomakh. Tom 2: Hepaticopsida – Sphagnopsida* [Flora of Belarus. Bryophytes: in 2 vol. Vol. 2: Hepaticopsida – Sphagnopsida]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2009. 213 p. (In Russian).
23. Tichy L., Holt J. JUICE program for management, analysis and classification of ecological data. Available at: www.sci.muni.cz/botany/juice/JUICEman_all.pdf (accessed 01.03.2022).
24. Chytrý M., Tichy L., Holt J., Botta-Dukat Z. Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science*, 2002, no. 13, pp. 79–90.
25. Hill M. O. TWINSPAN-a FORTRAN Program for Arranging Multivariate Data in an Ordered Two Way Table by Classification of Individual and Attributes Ecology and Systematics. New York: Cornell University, 1979. 90 p.
26. Shannon C. E., Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.
27. Yurkevich I. D., Golod D. S., Aderikho V. S. *Rastitel'nost' Belorussii, eyo kartografirovaniye, okhrana i ispol'zovaniye (s kartoy rastitel'nosti Belorusskoy SSR, M 1: 600 000)* [The vegetation of Belarus, its mapping, protection and use (with a map of the vegetation of the Byelorussian SSR, M 1: 600,000)]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1979. 248 p. (In Russian).
28. Yurtsev B. A. *Osnovnyye ponyatiya i terminy floristiki* [Basic concepts and terms of floristry]. Perm', Permskiy universitet Publ., 1991. 80 p. (In Russian).
29. Ulanova N. G. *Ekologo-tsenoticheskiy analiz rastitel'nykh soobshchestv* [Ecological and cenotic analysis of plant communities]. Moscow, MAKS Press Publ., 2014. 80 p. (In Russian).

Інфармацыя пра аўтара

Комар Артур Юр'евіч – аспірант, малодшы навуковы супрацоўнік сектара маніторынгу расліннага свету. Інстытут эксперыментальнай батанікі імя В. Ф. Купрэвіча Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі (220072, г. Мінск, вул. Акадэмічная, 27, Рэспубліка Беларусь). E-mail: artur.komar@tut.by

Information about the author

Komar Artur Yur'yevich – PhD student, junior researcher, the Sector of Monitoring of Plant World. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademichnaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: artur.komar@tut.by

Пасмыніў 15.03.2022

УДК 630*161.32:630*907.3

Л. Н. Рожков¹, И. Ф. Ерошкина¹, В. Г. Шатравко²¹ Белорусский государственный технологический университет² Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси**ДИНАМИКА ФОРМАЦИИ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ (*PINETA SILVESTRIAE*)
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Рассматриваются результаты формирования сосновой формации за 65-летний период (1956–2021 гг.) при параллельной динамике развития березовой формации. Констатируется тренд роста площадей обеих формаций, что обусловлено приростом лесных земель в лесном фонде. Отмечается нерациональное использование лесных земель. В прибавленной площади лесных земель доля сосновой формации в 1,8 раза меньше рекомендуемой оптимальной, а березовой в 1,7 раза больше оптимальной.

Обсуждаются два разновекторных периода в динамике сосновой и березовой формаций: 1956–1988 и 2001–2021 гг. Последние два десятилетия характеризуются сокращением относительной доли сосновой и увеличением березовой формации в лесном фонде. Причиной является недостаточность или отсутствие осветлений, прочисток и первых прореживаний после качественно выполненного воспроизводства сосновой формации. Установлена интенсивная сукцессия со сменой сосновых молодняков березовыми насаждениями.

Выявлены значительные площади ненормативных по показателям полноты и густоты сосновых молодняков до 30-летнего возраста. Приведена характеристика в разрезе возраста, полноты и густоты ненормативных сосновых молодняков. Рекомендуется индивидуальный способ ухода за биогруппами деревьев сосны в целях предотвращения смены сосны березой.

Установлены группы мелколиственных до 30-летнего возраста древостоев с участием в составе от 1 до 3 единиц сосны. Рассматривается возможность восстановления коренного соснового древостоя в производных мелколиственных древостоях с участием сосны в составе.

Прогнозируется возможность сокращения «убыли» сосновой формации в ежегодном объеме 1,3% от воспроизводства до естественной 0,4% на основе индивидуальных рубок ухода за главной породой в противовес традиционных рубок ухода за насаждениями.

Ключевые слова: формация сосновых лесов, динамика площади, полнота, густота, ненормативные сосновые молодняки, производные мелколиственно-сосновые молодняки.

Для цитирования: Рожков Л. Н., Ерошкина И. Ф., Шатравко В. Г. Динамика формации сосновых лесов (*Pineta silvestriae*) Республики Беларусь // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 37–48.

L. N. Rozhkov, I. F. Eroshkina, V. G. Shatravko¹ Belarusian State Technological University² Central Botanical Garden of the National Academy of Science of Belarus**DYNAMICS OF FORMATION OF PINE FORESTS (*PINETA SILVESTRIAE*)
OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

The results of the formation of the pine formation over a 65-year period (1956–2021) with parallel dynamics of the development of the birch formation are considered. The trend of growth of the areas of both formations is stated, which is due to the growth of forest lands in the forest fund. Irrational use of forest lands is noted. In the added area of forest lands, the proportion of pine formation is 1.8 times less than the recommended optimal, and birch formation is 1.7 times more optimal.

Two different vector periods in the dynamics of pine and birch formations are discussed: 1956–1988 and 2001–2021. The last two decades have been characterized by a decrease in the relative share of pine and an increase in the birch formation in the forest fund. The reason is the insufficiency or absence of lightening, cleaning and the first thinning after a high-quality reproduction of the pine formation. Intensive succession has been established with the replacement of pine saplings by birch plantations.

Significant areas of abnormal in terms of completeness and density of young pine trees up to 30 years of age have been identified. The characteristic in the context of age, completeness and density of abnormal pine young is given. An individual method of caring for pine tree biogroups is recommended in order to prevent the replacement of pine with birch.

Groups of small-leaved stands up to 30 years of age with the participation of 1 to 3 pine units were established. The possibility of restoring the indigenous pine stand in derived small-leaved stands with the participation of pine in the composition is being considered.

The possibility of reducing the “loss” of the pine formation in an annual volume of 1.3% from reproduction to natural 0.4% is predicted on the basis of individual felling of the main breed as opposed to traditional felling of plantings.

Key words: formation of pine forests, dynamics of the area, fullness, density, non-normative pine young forest, derivatives of small-leaved pine young forest.

For citation: Rozhkov L. N., Eroshkina I. F., Shatravko V. G. Dynamics of formation of pine forests (*Pineta silvestriae*) of the Republic of Belarus. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 37–48 (In Russian).

Введение. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь фиксирует 20 лесообразователей из 28 произрастающих в республике древесных видов. Лесорастительные условия, запросы на сырьевой, экологический и социальный ресурсы лесов безоговорочно указывают на целесообразность выращивания хвойных и твердолиственных насаждений, как компонентов коренных лесных экосистем Беларуси. Среди них сосна обыкновенная является одним из наиболее ценных лесообразующих древесных видов.

Изменения землепользования, интенсификация лесопользования и другие факторы способствовали проявлению в сосновой формации разнообразных дигрессивно-демутационных процессов.

В лесном фонде Минлесхоза увеличилась площадь и средний запас сосновых насаждений. При этом, однако, имеет место нежелательная тенденция уменьшения относительной доли сосняков в формационной структуре лесов: 1956 г. – 58,1%, 2021 г. – 49,0% (минус 9,1 п. п.). По сведениям ученых [1, 2], доля сосновых лесов составляет от 60 до 62%, прогнозные показатели стратегических планов – 60,6% на 2015 г. и 60,0% на 2030 г. [3].

Уменьшение доли сосновых лесов сопровождается увеличением в таких же объемах площади березовых, т. е. формируются менее ценные производные насаждения в коренных для сосны почвенно-типологических условиях. Многолетняя динамика формационной структуры лесов позволяет говорить о закономерности – устойчивой смене сосновой формации повислоберезовой. Одной из причин смены является недостаточный охват или неэффективные методы ухода за сосновыми молодняками. Сосна в этом возрасте отличается относительно медленной скоростью роста в высоту. Будучи весьма светолюбивой, она нуждается в регулировании конкурентного воздействия со стороны быстрорастущих и интенсивно возобновляемых березы, осины и других древесно-кустарниковых видов. Запоздание с уходом очень быстро ведет к отпаду сосны, о чем свидетельствуют

результаты лесовыращивания [4–10]. В последние годы на сокращение сосновой формации влияют экстремальные погодные условия, проявляющиеся через усыхание, буреломы и ветровалы [11]. Значительное влияние на рост березовой формации оказали изменения землепользования в порядке передачи сельскохозяйственных земель в лесной фонд [12, с. 60].

После перевода несомкнувшихся лесных культур сосны и участков естественного возобновления заканчивается этап воспроизводства лесов и начинается этап лесовыращивания. Замедление с осветлениями и прочистками приводит к сукцессии сосновых молодняков, их смене мелколиственными [12]. Образуются «ненормативные» по полноте и густоте сосновые или мелколиственно-сосновые насаждения.

Анализ динамики сосновой формации выполнен на основе государственных учетов лесного фонда Белорусской ССР (Государственный учет лесного фонда на 01.01.1956, 01.01.1961, 01.01.1966, 01.01.1973, 01.01.1978, 01.01.1983, 01.01.1988) и Республики Беларусь [13] и государственных лесных кадастров Республики Беларусь (Государственный лесной кадастр Республики Беларусь на 01.01.2001, 01.01.2006, 01.01.2011, 01.01.2016, 01.01.2021).

Основная часть. Сосновая формация лесного фонда Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь по состоянию на 2021 г. занимает 3665,5 тыс. га, или 49,0% площади покрытых лесом земель (табл. 1). Кроме того, в процесс воспроизводства сосны вовлечены несомкнувшиеся лесные культуры – 152,62 тыс. га и непокрытые лесом земли, планируемые к воспроизводству сосны способом естественного возобновления, – 112,23 тыс. га. Государственный лесной кадастр также относит к сосновой формации лесные питомники и плантации – 3,15 тыс. га. Таким образом, формируемая как потенциальная сосновая формация прогнозируется на площади 3933,5 тыс. га, что составит 49,4% от площади лесных земель Министерства лесного хозяйства.

Таблица 1

Динамика площадей сосновой и березовой формаций в лесном фонде Минлесхоза Республики Беларусь

Год учета	Виды земель лесного фонда, тыс. га		Сосновая формация			Березовая формация		
	лесные	покрытые лесом	площадь, тыс. га	доля, %, от земель		площадь, тыс. га	доля, %, от земель	
				лесных	покрытых лесом		лесных	покрытых лесом
1956	4523,5	4332,8	2515,3	55,6	58,1	602,2	13,3	13,9
1961	4763,2	4553,3	2637,1	55,4	57,9	667,6	14,0	14,7
1966	5215,1	4832,7	2721,4	52,2	56,3	772,9	14,8	16,0
1973	5675,0	5366,3	3120,5	55,0	57,8	824,0	14,5	15,4
1978	6001,8	5727,5	3388,3	56,5	59,2	887,5	14,8	15,5
1983	6157,6	5914,5	3449,2	56,0	58,3	954,5	15,5	16,1
1988	6239,9	6002,3	3457,4	55,4	57,6	998,6	16,0	16,6
1994	6144,8	5853,3	3302,6	53,7	56,4	1045,2	17,0	17,9
2001	6874,5	6567,1	3360,8	48,9	51,2	1353,1	19,7	20,6
2006	7401,8	6922,1	3475,1	46,9	50,2	1540,7	20,8	22,3
2011	7421,3	6970,1	3551,4	47,9	51,0	1566,2	21,1	22,5
2016	7723,3	7345,6	3708,4	48,0	50,5	1683,8	21,8	22,9
2021	7967,2	7483,0	3665,5	46,0	49,0	1741,2	21,9	23,3
1956–1988	5510,9	5247,1	3041,3	55,2	58,0	815,3	14,8	15,5
1994	6144,8	5853,3	3302,6	53,7	56,4	1045,2	17,0	17,9
2001–2021 в среднем	7477,6	7057,6	3552,2	47,5	50,3	1577,0	21,1	22,3

Состав сосновой формации по способу воспроизводства свидетельствует о следующем. Средняя многолетняя за истекшие пятьдесят лет доля сосновых насаждений искусственного происхождения при переводе в покрытые лесом земли составляет, по нашим расчетам, порядка 75%. Лесные культуры в составе сосновых насаждений до 50-летнего возраста занимают сегодня от 71,2 до 75,7% площади соответствующих возрастных групп [14, с. 72].

Среди сосновых насаждений старше 50-летнего возраста на долю сосняков искусственного происхождения приходится 26,7% и естественного – 73,3% общей площади этой возрастной группы.

Анализ динамики сосновой формации в лесном фонде Минлесхоза Республики Беларусь свидетельствует об устойчивом тренде прироста ее площади (табл. 1). Первопричиной увеличения является прирост лесных земель. За истекший 65-летний период лесные земли увеличились в 1,76 раза, темп прироста составлял 53,0 тыс. га/год в среднем. Сосновая формация увеличилась в 1,46 раза, темп прироста – 17,7 тыс. га/год. При этом оказалось, что доля сосновой формации в прибавленной площади лесных земель составила 33,4%. По рекомендации ученых, оптимальное участие сосновых насаждений в лесном фонде Республики Беларусь [1, 2, 3] должно составлять около 60,0%. Следствием такого нерационального (в 1,8 раза меньше) использования почвенно-грунтовых

условий явилось значительное уменьшение доли сосновой формации в лесном фонде: 46,0% в составе лесных земель при 55,6% в 1956 г. (минус 9,6 п. п.) и 49,0% в составе покрытых лесом земель при 58,1% в 1956 г. (минус 9,1 п. п.).

Данные табл. 1 свидетельствуют также о значительном увеличении **березовой формации**: темп прироста площади – 17,5 тыс. га/год, доля участия в составе лесных земель – 21,9% (плюс 8,6 п. п.), в составе покрытых лесом земель – 23,3% (плюс 9,4 п. п.). Можно с определенной придержкой утверждать о неприятной «закономерности» замещения коренных сосновых насаждений производными повислоберезовыми и другими мелколиственными породами, о чем мы говорили раньше [12].

Из данных табл. 1 заметны два разновекторных периода в динамике сосновой и березовой формаций: до и после 1994 г. государственного учета лесного фонда [13]. В 1956–1988 гг. доля сосновой формации в составе, например, покрытых лесом земель колебалась по годам учета незначительно, в пределах 56,3–59,2% (в среднем 58,0%), что весьма близко к рекомендациям – 60,0% [3]. В части березовой формации эти показатели соответственно 13,9–16,6% (в среднем 15,5%), что выше рекомендаций Стратегического плана – 13,0% [3].

Принципиально противоположная тенденция в соотношениях сосновой и березовой формаций наблюдается после 1994 г. (2001–2021 гг.). В этом 20-летнем периоде двадцатого столетия доля

сосновой формации в составе лесных земель интенсивно сокращалась: 56,1% в 1994 г. и 48,8% в 2021 г. (минус 7,6 п. п.), что на 11,2 п. п. меньше рекомендаций Стратегического плана [3]. В противоположность доля березовой формации увеличилась: 17,9% в 1994 г. и 20,9% в 2021 г. (плюс 3,0 п. п.), что на 4,9 п. п. больше рекомендаций Стратегического плана [3]. **«Убыль» сосновой формации** на этапах воспроизводства и последующего лесовыращивания представлена в табл. 2.

При воспроизводстве лесов за последние пятьдесят лет установлено, что сосновыми древостоями воспроизводится около 56% площади объектов лесовосстановления и лесоразведения. Такой результат свидетельствует о хорошем уровне воспроизводства лесов качественного породного состава.

Развитие молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, в последующем отличается заметным сокращением сосновых древостоев, сменяемых мелколиственными породами, в основном березой. В результате сосновые древостои среди 11–20-летних молодняков всех пород занимают уже только около 44% их площади (минус 12 п. п.), а среди 11–40-летних – около 37% (минус 19 п. п.) (табл. 2).

По материалам повыделного банка данных Министерства лесного хозяйства на 01.01.2021 сосновые древостои в возрасте порядка 10 лет, т. е. спустя не более 3–5 лет после перевода в покрытые лесом земли, в значительных объемах являются низкополнотными (3,1% их площади с полнотами 0,3–0,4 и 28,2% – с полнотами 0,5–0,6). Древостои с недостаточной долей сосны в составе занимают также значительные объемы: с участием сосны 3–4 единицы в составе – 11,3% и 5–6 единиц – 21,3% от площади 10-летних сосновых насаждений.

Ухудшение качественного состава и продуктивности сосновых молодняков продолжается и в последующем. В возрасте 31–40 лет сосновые древостои с полнотами 0,3–0,4 единицы занимают 1,0% и 0,5–0,6 единицы – 14,2% их площади. Государственным лесным кадастром Республики Беларусь учтено с участием сосны в количестве 3–4 единицы в составе 6,3% и 5–6 единиц 20,8% площади 31–40-летних сосновых насаждений.

Часть указанных сосновых молодняков, прежде всего естественного возобновления, сменяется мелколиственными древостоями с полным выпадением сосны в составе. Некоторая часть сменяется с сохранением 1–3 единиц сосны в качестве второстепенной породы мелколиственных и других древостоев. По учету на 01.01.2021 выявлено 141 565,4 га мелколиственных (в основном березовых) древостоев с участием сосны от 1 до 3 единиц в их составе. Последние, очевидно, являются объектами реконструкции с восстановлением сосны в качестве преобладающей породы.

По состоянию на 2021 г. в лесном фонде Минлесхоза выявлено сосновых молодняков с ненормативными показателями полноты и густоты в возрасте до 30 лет полнотой 0,50 и ниже с участием в составе не более 5 единиц сосны на площади 11 504,1 га. Эти насаждения не планируются к проведению рубок ухода (осветлений, прочисток и прореживаний) в соответствии с нормативами [15] и потому являются возможными первоочередными объектами смены мелколиственными породами. Такие сосновые молодняки следует признать не отвечающими показателю нормативной густоты главной породы и подлежащими проведению индивидуальных рубок ухода за главной породой с целью предотвращения возможной смены сосны мелколиственными породами.

Таблица 2

Сохранность сосновой формации в условиях текущей лесохозяйственной деятельности и природно-антропогенных воздействий

Этапы воспроизводства	Возраст сосновых насаждений, лет	Доля участия сосновой формации в покрытых лесом землях, п. п.	Потери площади сосновой формации от объема ее воспроизводства, %
Планируемый объем воспроизводства леса	Не покрытые лесом земли	56,0	–
Несомкнувшиеся лесные культуры и естественное возобновление сосны на этапе перевода	1–7	53,2	5,0
Осветления и прочистки в сосновых насаждениях	8–20	41,5	18,4
Прореживания в сосновых насаждениях	21–40	30,3	13,5
Проходные, выборочные санитарные и другие рубки в средневозрастных и приспевающих сосновых насаждениях	>40	51,1	11,0

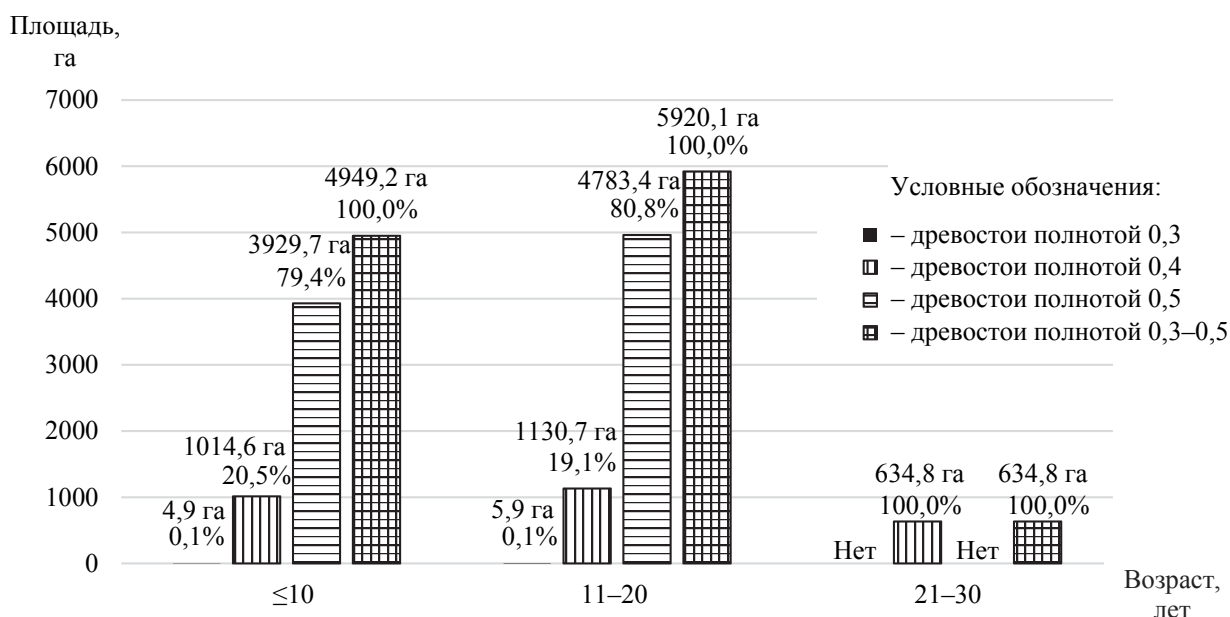


Рис. 1. Распределение ненормативных сосновых молодняков по возрасту и полноте

На рис. 1 и 2 приведена структура сосновых молодняков с ненормативными показателями полноты и густоты соснового элемента.

Преобладают сосновые молодняки в возрасте до 20 лет – 94,5%, включая насаждения возрастом до 10 лет – 43,0% и 11–20 лет – 51,5% от общей площади. На древостои полнотой 0,5 приходится 77,3% и полнотой 0,4 – 22,6% площади анализируемых насаждений.

Древостои с участием 5 единиц сосны и 5 единиц второстепенных пород занимают 54,9%, с участием 6 единиц второстепенных пород – 23,8% и 7 единиц второстепенных – 23,8% площади образовавшихся ненормативных сосновых молодняков.

Наиболее представленными являются древостои 11–20 лет с участием 5 единиц – 29,6%, 4 единиц – 13,9% и 3 единиц сосны в составе – 7,9% от общей площади ненормативных сосновых молодняков. Значительную площадь

занимают также 10-летние древостои с участием 5 единиц – 20,9%, 4 единиц – 8,9% и 3 единиц сосны – 7,4% от общей площади анализируемых древостоев. На долю остальных шести групп (1–10 лет – 6 единиц сосны в составе; 11–20 лет – 6 единиц; 21–30 лет – от 3 до 6 единиц) сосновых молодняков приходится лишь 11,4% их площади.

Важно было установить густоту (число стволов на гектар) соснового элемента, сохранившегося в тех или иных группах анализируемых ненормативных сосновых молодняков (табл. 3).

В древостоях с полнотой 0,4 при трех единицах сосны сохраняется около 12% деревьев сосны, при четырех единицах – 16% и при пяти единицах – 20% от числа стволов нормативного (нормального) древостоя. В древостоях с полнотой 0,5 при количестве деревьев сосны 3С, 4С и 5С сохраняется соответственно 15, 20 и 25% деревьев от их числа в нормативном древостое.

Таблица 3

Число стволов главной породы в ненормативных сосновых молодняках, шт./га

Возраст, годы	Бонитет	Полнота древостоя					
		0,4			0,5		
		Доля участия сосны в составе древостоя, единицы					
		3С	4С	5С	3С	4С	5С
10	1	350	440	550	410	540	680
	2	360	480	600	450	600	750
	3	400	530	660	500	660	830
20	1	300	400	500	380	500	630
	2	330	430	550	410	540	680
	3	360	480	600	450	600	750
30	1	250	320	400	300	400	500
	2	290	380	480	360	480	600
	3	290	450	560	410	540	680

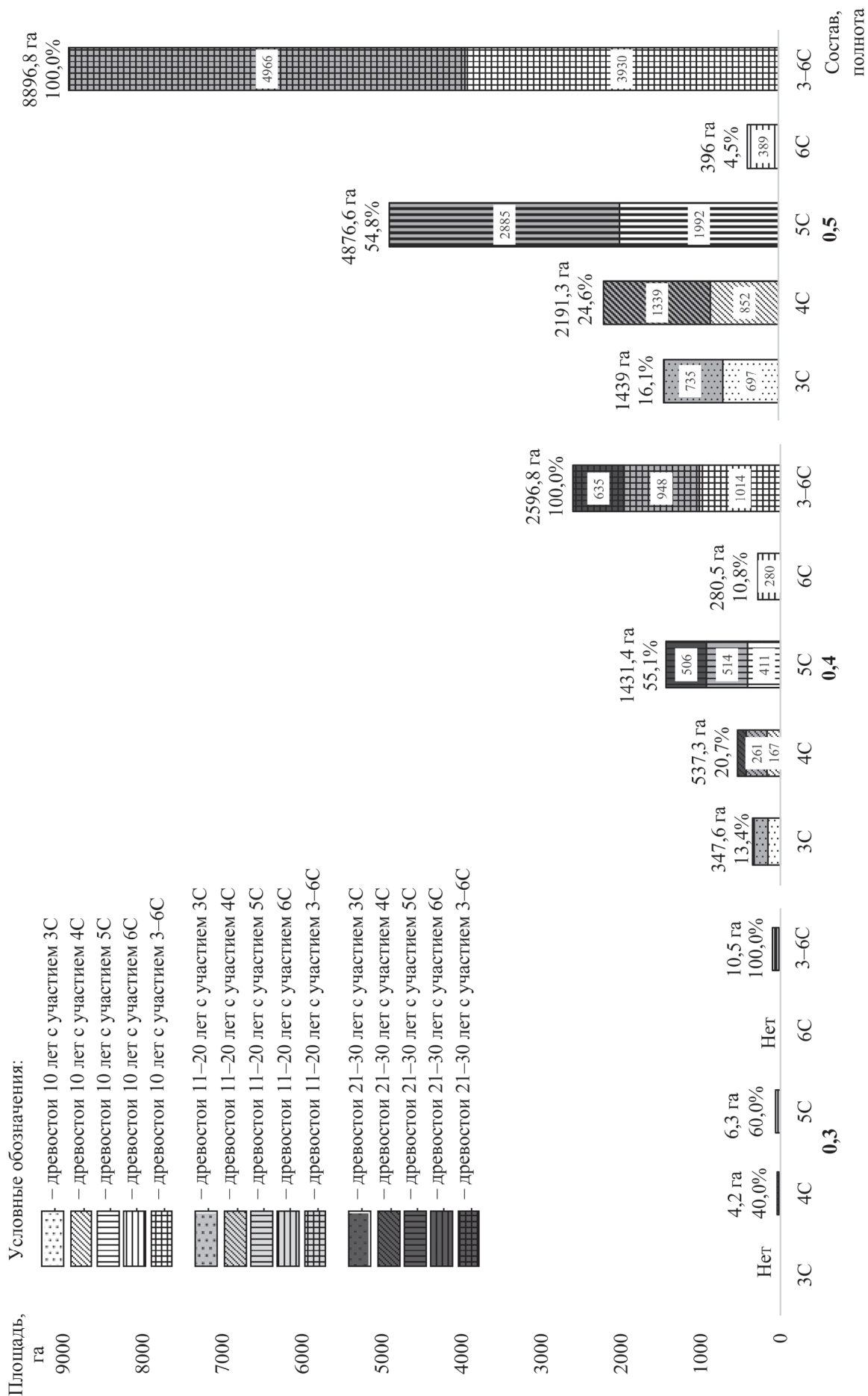


Рис. 2. Распределение ненормативных сосновых молодняков по участию сосны в составе в разрезе возраста и полноты дровостоев

Анализ выдельного банка данных рассматриваемых ненормативных сосновых молодняков показал, что преобладают следующие группы с численностью деревьев сосны примерно: от 660 до 800 шт./га – 42,4%, от 550 до 650 шт./га – 27,1%, от 410 до 500 шт./га – 20,6% и от 300 до 400 шт./га – 3,8% от общей площади (11 504,1 га) этих насаждений.

Следует заметить, что рассмотренная группа ненормативных сосновых молодняков является ежегодно возобновляемой, как результат смены сосновой формации мелколиственными породами, главным образом березой. Остановить эту смену можно только на основе целенаправленных регулярных мероприятий в виде осветлений, прочисток и первых прореживаний на основе индивидуального способа рубок ухода за главной породой – сосной. В ином случае эти сосновые молодняки перейдут в березовые и другие мелколиственные насаждения с участием сосны в качестве второстепенной породы. Не исключается полная элиминация соснового элемента в мелколиственных древостоях.

Важно отметить наличие еще одной «проблемной» группы сосновых молодняков с полнотами 0,6 и долей участия в составе до 6 единиц сосны. Правила рубок леса допускают проведение в этих древостоях традиционных рубок ухода, т. е. ухода за насаждением в целом, а не за главной его породой.

Практика выращивания таких низкополнотных древостоев с участием в составе до четырех единиц второстепенных пород свидетельствует о нередком запоздании здесь рубок ухода по причине продолжительной повторяемости или не первой очередности. В результате эта группа насаждений становится объектом значительной «убыли» сосновой формации.

Если включить в число «проблемных» сосновых насаждений молодняки полнотой 0,3–0,6 и участием сосны в составе до 6 единиц, то на 01.01.2021 в лесах Минлесхоза на старте ожидаемой «убыли» из состава сосновой формации учитывается 53 706,0 га насаждений. Это составляет 1,5% общей площади сосновой формации или, вероятно, до 1,5 годовых объемов перевода сосны в покрытые лесом земли.

Вопрос о целесообразности проведения рубок ухода способом индивидуального ухода за главной породой в сосновых молодняках подлежит рассмотрению в отдельном порядке.

Доля участия сосняков в структуре лесов Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на 01.01.2021 составляет 49,0%. Сегодня в сосновых молодняках «убыль» достигает до 1,3% от объемов ежегодного воспроизводства сосны. Исключить в полном объеме «убыль» сосны, в том числе по причине смены ее березой

и другими мелколиственными породами, не представится возможным. За счет своевременных рубок ухода индивидуальным способом за главной породой в низкополнотных и недостаточной густоты соснового элемента молодняках можно в 3–4 раза сократить (по нашим расчетам до 0,4%) «убыль» сосновой формации.

Объективно прогнозируемая на основе достигнутого в республике среднемноголетнего качественного воспроизводства с показателем порядка 53,2% переводимой в покрытые лесом земли сосны от общей площади всех пород, при качественном уходе за сосновыми молодняками (I + II классы возраста) и допустимой при этом ежегодной естественной «убыли» порядка 0,4%, доля участия сосны в породной структуре лесов республики составила бы не менее 65,0%.

Оправданно считать, что недостаточность осветлений, прочисток и первых прореживаний в сосновых молодняках за последние пять–шесть десятилетий привела к смене сосновой формации на березовую и других мелколиственных пород на площади порядка 1,0–1,2 млн га.

Мелколиственные насаждения лесов Минлесхоза занимают 2 766 359 га по состоянию на 01.01.2021. Среди них на долю березовых приходится 23,3% (1 741 240 га), черноольховых – 8,7%, сероольховых – 2,1% и осиновых – 2,6% от площади покрытых лесом земель. Коренными лесами являются черноольховые, пушистоберезовые (420 624 га), хвойные и широколиственные насаждения. Остальные являются производными на месте коренных хвойных и широколиственных лесов, как результат их естественной или антропогенной сукцессии.

Выявленная интенсивная смена сосновых лесов мелколиственными способствовала в процессе воспроизводства или последующих первых двух десятилетий лесовыращивания образованию мелколиственных насаждений с участием в составе до трех единиц сосны, как второстепенной породы [16]. Мелколиственные насаждения возрастом до 30 лет с участием сосны в составе (141 565,4 га) образовались в основном на участках планировавшегося естественного возобновления сосны – порядка 120,6 тыс. га (85%). Оставшиеся 21,2 тыс. га (15%) являются культурами сосны, переведенными в покрытые лесом земли, подвергнувшись в последующем смене березой в процессе неконтролируемых конкурентных взаимоотношений.

Среди выявленной площади 141 565,4 га на долю сосново-березовых приходится около 96%, сосново-осиновых и сосново-сероольховых – по 1,6% и сосново-черноольховых – 0,8% от общей площади анализируемых мелколиственных насаждений.

Таблица 4

**Площадь наиболее распространенных групп мелколиственных насаждений с участием сосны
в разрезе возраста и полноты древостоев**

Группы древостоев		Древостои в возрасте 11–20 лет		Древостои в возрасте 21–30 лет		Итого	
участие сосны	полнота	га	%*	га	%	га	%
1 единица	0,5–0,6	7293	5,2	8961	6,3	16 254	11,5
	0,7–0,8	17 339	12,2	25 672	18,1	43 011	30,3
2 единицы	0,5–0,6	5855	4,1	7779	5,5	13 634	9,6
	0,7–0,8	9187	6,5	16 657	11,8	25 844	18,3
3 единицы	0,5–0,6	1561	1,1	2283	1,6	3844	2,7
	0,7–0,8	1667	1,2	4275	3,0	5942	4,2

*Доля групп древостоев, %, рассчитана от общей площади мелколиственных древостоев возрастом до 30 лет с участием сосны в составе: 141 565 га = 100,0%.

Преобладают древостои в возрасте 21–30 лет – 44,4% и 11–20 лет – 42,3%, до 10-летнего возраста – 13,3% общей площади этих насаждений (рис. 3).

Мелколиственные древостои в возрасте до 30 лет с участием сосны до 1 единицы состава занимают 58,3%, при 2 единицах сосны – 36,3% и при 3 единицах – 5,4% общей площади.

В части соотношения возраста и полноты преобладают группы древостоев полнотой 0,7–0,8 – 61,0% от общей суммы площади всех мелколиственных, в том числе в возрасте 21–30 лет – 53,8%, 11–20 лет – 32,7% и до 10 лет – 13,5% от площади этой группы; соответственно древостои полнотой 0,5–0,6 – 28,4% площади, и из них в возрасте 21–30 лет – 47,3%, 11–20 лет – 36,6% и до 10 лет – 16,1%. Высокополнотные (0,9–1,0) древостои занимают незначительные площади – 8,3%, как и низкополнотные (0,3–0,4) – 2,3% от общей площади всех мелколиственных.

Доля участия сосны в мелколиственных древостоях зависит от их возраста и полноты. Среди возможных пятнадцати наиболее представлены (76,6% площади) шесть групп древостоев (см. табл. 4).

Из анализа мелколиственных древостоев с участием сосны заметен продолжающийся процесс элиминации в них соснового элемента. Доля мелколиственных древостоев с участием 3 единиц сосны меньше в 4 раза, чем у древостоев с 2 единицами сосны, и в 6 раз, чем у древостоев с 1 единицей сосны в составе.

Практически не сохраняется сосна в высокополнотных (0,9–1,0) древостоях. На участках с невысокой интенсивностью естественного возобновления березы и других мелколиственных смена сосны незначительная: выявлено 2,3% мелколиственных древостоев с участием сосны. Доля мелколиственных древостоев полнотой 0,7–0,8 с участием сосны составляет около половины общей площади анализируемых насаждений. Еще около четверти мелколиственных

древостоев с участием сосны приходится на древостои полнотой 0,5–0,6. Эти мелколиственные насаждения являются первоочередными для мероприятий по восстановлению коренных сосняков в производных мелколиственных древостоях.

Заключение. В лесном фонде Минлесхоза на фоне прироста площади лесных земель в 1,76 раза увеличилась площадь сосновой формации за 1956–2021 гг. в 1,46 раза со средним темпом прироста 17,7 тыс. га/год. Доля сосновой формации в прибавленной площади лесных земель составляет 33,4%, при том что рекомендации ученых и Стратегический план определяют оптимальную долю сосны 60,0% в породной структуре лесов. В результате доля сосновых насаждений снизилась на 9,1 п. п. и составила 49,0%.

В противовес – доля березовой формации возросла на 8,6 п. п. и составила 21,9% при рекомендуемой оптимальной величине в 13,0%.

Выделено два разновекторных периода в динамике сосновой и березовой формаций: 1956–1988 и 2001–2021 гг. В первом периоде доля сосновой формации сохранялась в среднем на 55,2% от площади лесных земель, во втором – на 47,5%. В части березовой формации все наоборот. Можно утверждать о проявлении устойчивой интенсивной сукцессии со сменой сосновой формации березовой и других мелколиственных пород. Причинами нежелательной сукцессии являются как экстремальные погодноклиматические и другие объективные условия последних десятилетий, так и недостатки при уходе после относительно качественного этапа воспроизводства за сосновыми молодняками 8–30-летнего возраста: осветлениях, прочистках и первых прореживаниях.

Развитие молодняков, переведенных в покрытые лесом земли, в последующем отличается заметным сокращением сосновых древостоев, сменяемых мелколиственными породами, в основном березой.

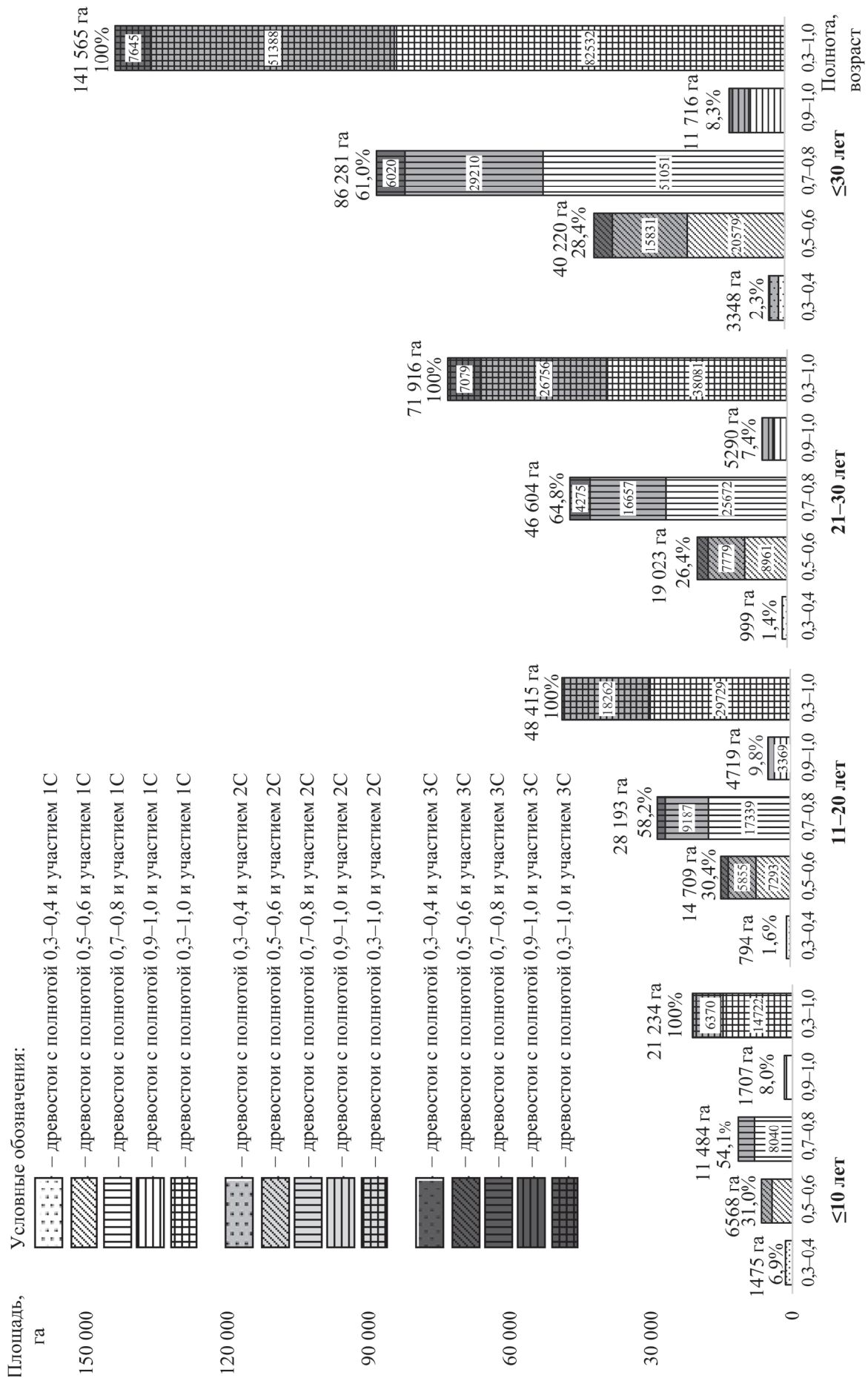


Рис. 3. Распределение мелколиственных насаждений с участием сосны в составе в разрезе возраста и полноты дровостоев

В результате сосновые древостои среди 11–20-летних молодняков всех пород занимают только около 44% их площади (минус 12 п. п. от планируемого на начало воспроизводства леса), а среди 11–40-летних – около 39% (минус 19 п. п.). Спустя 3–5 лет после перевода сосняков в покрытые лесом земли, т. е. в возрасте порядка 10 лет, древостои в значительных объемах (31,3%) являются низкополнотными (0,3–0,6). Также в этих 10-летних древостоях на 11,3% площади участие сосны в составе составляет 3–4 единицы, на 21,3% площади – 5–6 единиц. Ухудшение качественного состава и продуктивности (низкие полноты) продолжается и в последующем.

Установлена площадь сосновых молодняков до 30-летнего возраста с ненормативными показателями полноты (0,3–0,5) и густоты сосны (не более 5 единиц состава) – 11,5 тыс. га. Сменившие коренные сосновые молодняки производные мелколиственные насаждения с участием в составе до трех единиц сосны составляют 141,6 тыс. га. Указанная группа ненормативных

сосновых и производных мелколиственно-сосновых молодняков является ежегодно возобновляемой, как результат смены сосновой формации мелколиственными породами, главным образом березой. Остановить эту смену рекомендуется с помощью целенаправленных регулярных мероприятий в виде осветлений, прочисток и прореживаний на основе индивидуального способа рубок ухода за главной породой – сосной. Доля участия сосны в породной структуре лесов Минлесхоза на 01.01.2021 составляет 49,0% от площади покрытых лесом и 46,0% от лесных земель. Индивидуальные рубки ухода за главной породой в отличие от традиционных рубок ухода за насаждением позволяют сократить «убыль» сосны в 3–4 раза. При сохранении достигнутого в республике среднемноголетнего качественного воспроизводства с показателем порядка 53,2% переводимой в покрытые лесом земли сосны от общей площади всех пород, а также благодаря качественному уходу за сосновыми молодняками доля участия сосны в породной структуре лесов составит не менее 65,0%.

Список литературы

1. Рожков Л. Н., Ермаков В. Е., Ловчий Н. Ф. Динамика и состояние сосновых лесов Беларуси // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2005. Вып. XIII. С. 7–13.
2. Рожков Л. Н. Проблемы воспроизводства сосны в Беларуси // Лесное и охотничье хозяйство. 2003. № 2. С. 6–7.
3. Стратегический план развития лесохозяйственной отрасли на период с 2015 по 2030 год: утв. 23.12.2014 г. Минск, 2015. 20 с.
4. Ерошкина И. Ф., Полянская И. А. Влияние рубок ухода на состав и продуктивность 70-летнего сосняка орлякового // Труды БГТУ. 2012. № 1: Лесное хоз-во. С. 78–80.
5. Климчик Г. Я., Пашкевич Л. С., Шиман Д. В. Сукцессии лесной растительности в связи с лесохозяйственной деятельностью // Труды БГТУ. 2011. № 1: Лесное хоз-во. С. 87–91.
6. Юшкевич М. В. Влияние рубок ухода на компоненты насаждения // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2003. Вып. XI. С. 103–105.
7. Шиман Д. В. Сравнительный анализ воздействия первого приема постепенной рубки на возобновительный процесс сосняка брусничного // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2003. Вып. XI. С. 105–108.
8. Денисов С. А., Конюхова Т. А., Домрачева З. Н. Смена сосны и лесное хозяйство // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: технологическая. 2019. № 7. С. 11–16.
9. Лабоха К. В., Шиман Д. В. Сукцессии под пологом спелых и на вырубках главного пользования сосновых лесов Витебского ГПЛХО // Труды БГТУ. 2012. № 1: Лесное хоз-во. С. 96–98.
10. Рунова Е. М., Соловьева А. А. Естественное возобновление на вырубках сосняков в районе Среднего Приангарья // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 67–71.
11. Сазонов А. А., Звягинцев В. Б. Массовое усыхание сосновых лесов Беларуси: особенности, причины, последствия // Чтения памяти О. А. Катаева: материалы междунар. конф., Санкт-Петербург, 22–25 окт. 2018 г. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. С. 28–29.
12. Шатравко В. Г., Рожков Л. Н. Особенности воспроизводства и выращивания сосновой формации Беларуси // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 58–65.
13. Государственный учет лесного фонда на 01.01.1994 г. / М-во лесного хоз-ва Респ. Беларусь. Минск, 1995. 89 с.
14. Разработать и внедрить рекомендации по совершенствованию воспроизводства и выращивания сосновой формации Беларуси: отчет о НИР (промежут. ч.). Т. 1 по этапу 2021 г. / Белорус. гос. технол. ун-т; рук. темы Л. Н. Рожков. Минск, 2021. 116 с. № ГР 20214144.

15. Правила рубок леса в Республике Беларусь: постановление М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 19 дек. 2016 г., № 8. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21631584&p1=1> (дата обращения: 26.01.2022).

16. Ефименко В. М. Особенности роста сосны при различных способах смешения с березой и елью // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005. URL: http://www.science-bsea.bgita.ru/2005/leskomp_2005/efimenko_osoben.htm (дата обращения: 26.02.2022).

Referens

1. Rozhkov L. N., Ermakov V. E., Lovchiy N. F. Dynamics and state of pine forests of Belarus. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2005, issue XIII, pp. 7–13 (In Russian).

2. Rozhkov L. N. Problems of pine reproduction in Belarus. *Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo* [Forestry and hunting], 2003, no. 2, pp. 6–7 (In Russian).

3. *Strategicheskii plan razvitiya lesokhozyaystvennoy otrasli na period s 2015 po 2030 god* [Strategic plan for the development of the forestry industry for the period from 2015 to 2030. Minsk, 2015. 20 p. (In Russian).

4. Eroshkina I. F., Polyanskaya I. A. The influence of logging care on the composition and productivity of 70-year-old orlyakov pine. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 1: Forestry, pp. 78–80 (In Russian).

5. Klimchik G. Ya., Pashkevich L. S., Shiman D. V. Succession of forest vegetation in connection with forestry activities. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2011, no. 1: Forestry, pp. 87–91 (In Russian).

6. Yushkevich M. V. The effect of logging care on the components of planting. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2003, issue XI, pp. 103–105 (In Russian).

7. Shiman D. V. Comparative analysis of the impact of the first method of gradual felling on the renewal process of cranberry pine. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series I, Forestry, 2003, issue XI, pp. 105–108 (In Russian).

8. Denisov S. A., Konyukhova T. A., Domracheva Z. N. Change of pine and forestry. *Trudy Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Proceedings of the Volga State Technological University], series: technological, 2019, no. 7, pp. 11–16 (In Russian).

9. Labokha K. V., Shiman D. V. Successions under the canopy of ripe and on the cuttings of the main use of the pine forests of the Vitebsk GPLHO. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 1: Forestry, pp. 96–98 (In Russian).

10. Runova E. M., Solovyova A. A. Natural renewal in the cutting of pine forests in the Middle Angara region. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science], 2017, no. 6, pp. 67–71 (In Russian).

11. Sazonov A. A., Zvyagintsev V. B. Mass desiccation of the pine forests of Belarus: features, causes, consequences. *Chteniya pamyati O. A. Kataeva: materialy mezhdunarodnoy konferentsii* [Readings in memory of O. A. Kataev: materials of the International Conference]. Saint Petersburg, 2018, pp. 28–29 (In Russian).

12. Shatravko V. G., Rozhkov L. N. Features of reproduction and cultivation of the pine formation of Belarus. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2021, no. 2 (246), pp. 58–65 (In Russian).

13. *Gosudarstvennyy uchet lesnogo fonda na 01.01.1994* [State accounting of the forest fund as of 01.01.1994]. Minsk, 1995. 89 p. (In Russian).

14. *Razrabotat' i vnedrit' rekomendatsii po sovershenstvovaniyu vosproizvodstva i vyrashchivaniya sosnovoy formatsii Belarusi: otchet o NIR (promezhutochnyy). Tom 1 po etapu 2021 goda* [To develop and implement recommendations for improving the reproduction and cultivation of the pine formation of Belarus: Report (interim). Vol. 1 on the 2021 stage]. Minsk, 2021. 116 p. No. GR 20214144 (In Russian).

15. Rules of logging in the Republic of Belarus: Resolution of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus, 19.12.2016, no. 8. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21631584&p1=1> (accessed 01.26.2022) (In Russian).

16. Efimenko V. M. Features of pine growth with various methods of mixing with birch and spruce. Available at: http://www.science-bsea.bgita.ru/2005/leskomp_2005/efimenko_osoben.htm (accessed 02.26.2022) (In Russian).

Информация об авторах

Рожков Леонид Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры лесоводства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: rozhkov@belstu.by

Ерошкина Ирина Федоровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: e_ira@belstu.by

Шатравко Валентин Геннадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, директор. Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси (220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2В, Республика Беларусь). E-mail: vshatravko@mail.ru

Information about the authors

Rozhkov Leonid Nikolaevich – DSc (Agriculture), Professor, Professor, the Department of Silviculture. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rozhkov@belstu.by

Yeroshkina Irina Fedorovna – PhD (Agriculture), Assistant Professor, the Department of Silviculture. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: e_ira@belstu.by

Shatravko Valentin Gennadievich – PhD (Agriculture), director. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (B2, Sarganova str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vshatravko@mail.ru

Поступила 10.03.2022

УДК 581.1.03;574.5;572.1/4

Л. И. Старикова¹, М. В. Ермохин¹, В. С. Ивкович², В. А. Зимницкий²¹Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича

Национальной академии наук Беларуси

²Березинский биосферный заповедник**НАПРАВЛЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ СУКЦЕССИЙ В ВЫСОКОВОЗРАСТНЫХ ПОВИСЛОБЕРЕЗОВЫХ ЛЕСАХ (НА ПРИМЕРЕ БЕРЕЗИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА)**

Рассмотрены направления сукцессий в лесах из *Betula pendula* Roth на особо охраняемых природных территориях. В рамках работы проанализированы изменения в повислоберезовых насаждениях по материалам двух туров лесоустройства (1976 и 2018 гг.), а также изучена динамика древостоя березы повислой на постоянной пробной площади за период 1981–2021 гг. Установлено, что основной период распада повислоберезовых насаждений в орляковом и кисличном типах леса в естественных условиях приходится на возраст 120–130 лет. При этом отмечены единичные насаждения березы повислой возрастом старше 130 лет. В высоковозрастных повислоберезовых лесах наиболее широко распространена классическая смена березы на ель, которая появляется либо одновременно с березой, либо спустя одно-два десятилетия под ее пологом. В насаждениях старше 50 лет обычно хорошо выражено два яруса. В первом ярусе доминирует береза, а во втором ель. В березняках кисличных в составе древостоев и подроста появляются широколиственные породы. Причем их доля в составе нижних ярусов увеличивается со временем, что создает предпосылки для восстановления елово-широколиственных лесов через стадию еловых лесов.

Ключевые слова: береза повислая, высоковозрастные насаждения, динамика древостоя, фитоценоз.

Для цитирования: Старикова Л. И., Ермохин М. В., Ивкович В. С., Зимницкий В. А. Направления естественных сукцессий в высоковозрастных повислоберезовых лесах (на примере Березинского заповедника) // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 49–54.

L. I. Starikova¹, M. V. Yermokhin¹, V. S. Ivkovich², V. A. Zimnitskiy²¹ V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus²Berezinski Biosphere Reserve**NATURAL SUCCESSIONS IN HIGH-AGE SILVER BIRCH FORESTS (ON THE EXAMPLE OF THE BEREZINSKY RESERVE)**

The successions in forests from *Betula pendula* Roth in specially protected natural areas are considered. Changes in silver birch stands were analyzed based on the materials of two rounds of forest inventory (1976 and 2018), and the dynamics of the birch stand on the permanent plot for the period 1981–2021 was studied. It was found that the main period of degradation of silver birch stands in *Betuletum pteridiosum* and *B. oxalidosum* forest types in natural conditions falls at the age of 120–130 years. At the same time, isolated stands of birch older than 130 years were registered. In high-age silver birch forests, the classic change of birch to spruce is widespread. Spruce appears either simultaneously with the birch, or after one or two decades under its canopy. In stands older than 50 years, two layers are usually well separate. Birch dominates in the first layer, and spruce dominates in the second layer. Broad-leaved species appears in *B. oxalidosum* forest types as part of stands and undergrowth. Moreover, their share in the composition of the lower layers increases over time, which creates preconditions for the restoration of spruce-deciduous forests through the stage of spruce forests.

Key words: silver birch, high-aged forest, stand dynamics, phytocenosis.

For citation: Starikova L. I., Yermokhin M. V., Ivkovich V. S., Zimnitskiy V. A. Natural successions in high-age silver birch forests (on the example of the Berezinsky reserve). *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 49–54 (In Russian).

Введение. Береза – исключительно полиморфный род, в котором насчитывают 140 видов, широко распространенных по всему северному полушарию от субтропиков до тундры.

В Беларуси произрастает четыре вида березы: береза карликовая (*Betula nana*), береза низкая (*Betula humilis*), береза повислая, или бородавчатая (*Betula pendula*), береза пушистая (*Betula*

pubescens). Последние два вида образуют самостоятельные лесные формации со своим доминированием – производные бородавчатоберезовые (повислоберезовые) леса, сменяющие хвойные или широколиственные на минеральных почвах, и коренные пушистоберезовые леса в болотных эдафотопках [1].

Формация повислоберезовых лесов в Беларуси широко распространена и занимает второе место после сосновых лесов. На их долю приходится 19,1% площади лесов. Наиболее распространены являются березняки черничные (19,1%), кисличные (16,0%), папоротниковые (14,5%) и орляковые (10,6%). В возрастной структуре преобладают средневозрастные древостои (56,9%) [2].

В большинстве своем повислоберезовые леса занимают легкодоступные участки на месте бывших вырубок или на сельскохозяйственных землях. Одновременно легкая доступность приводит к практически полному отсутствию высоковозрастных повислоберезовых лесов, которые вырубались в 61–70 лет. При этом березняки и в целом мелколиственные насаждения являются одной из обязательных стадий в процессе естественного формирования коренных лесов.

Понимание сукцессионных процессов особенно актуально для охраняемых природных территорий, поскольку позволит прогнозировать возможную структуру будущих лесов при отсутствии хозяйственной деятельности.

При этом большинство исследований динамики березовых лесов на территории Беларуси касаются только лесов до возраста рубки главного пользования (до 70 лет) и посвящены естественному возобновлению, технологиям рубки, типологии. Вопросы естественной динамики на поздних стадиях сукцессий освещены в работе И. Д. Юркевича [1], а оценка изменений в структуре березняков по материалам долговременных наблюдений представлена в работе Л. В. Федоровича и др. [3].

Объекты и методы исследования. Исследования возможных естественных смен в высоковозрастных (старше 50 лет) повислоберезовых лесах проведены на территории Березинского биосферного заповедника.

В рамках работы были проанализированы изменения в структуре повислоберезовых насаждений по материалам двух туров лесоустройства (1976 и 2018 гг.), а также изучена динамика древостоя березы повислой на постоянной пробной площади (ПП) в березняке кисличном за период 1981–2021 гг. Средний возраст насаждения в 2021 г. составлял 80 лет.

На основе плана насаждений и базы данных лесоустройства 1976 г. были отобраны участки с преобладанием березы повислой и перенесены

на план лесонасаждений 2018 г. Поскольку конфигурации выделов разных туров лесоустройства не всегда совпадают, возможны ошибки в идентификации конкретных выделов. Во избежание этого сравнивались только наиболее полно совпадающие участки. Анализировались породный состав древостоя и подроста, доля березы в составе, а также распределение насаждений по классам возраста. На ПП проведен анализ изменения структуры древостоя.

Результаты исследования. В 1976 г. среди анализируемых преобладали насаждения VI класса возраста, составляющие 60% от общего количества участков (рис. 1). Насаждения старше X класса возраста не встречались в базе данных.



Рис. 1. Распределение березняков по классам возраста в 1976 г.

К формации повислоберезовых лесов, согласно исследованиям И. Д. Юркевича, отнесены березняки мшистые, орляковые, кисличные, черничные, приручейно-травяные, долгомошные, снытевые, крапивные, папоротниковые, зеленомошные, вересковые, брусничные с господством березы повислой, выделяемые при лесоустройстве [1].

На 2018 г. повислоберезовые леса на территории Березинского биосферного заповедника были представлены несколькими основными типами леса: березняк мшистый (4,8%), орляковый (10%), кисличный (39%), черничный (21,2%), долгомошный (3,2%), крапивный (3,6%), папоротниковый (6,4%), приручейно-травяной (2,4%). Более 60% приходилось всего на два типа леса: березняки кисличный и черничный (рис. 2). Отдельные участки, которые в 1976 г. отмечались как суходольные типы леса, в 2018 г. зарегистрированы как болотные леса (9,2%). В большинстве случаев это связано с ошибками таксации: неправильно определен тип леса или конфигурация выдела.

Повислоберезовые леса являются интразональной формацией. Они формируются в результате смены коренных формаций сосновых, еловых и дубовых лесов. Направления сукцессий в лесах в значительной степени отражают состояние подроста и нижних ярусов древостоя.

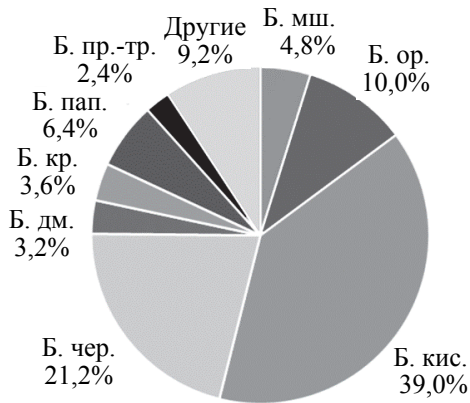


Рис. 2. Распределение березняков по типам леса в 2018 г.

Состояние подроста в 1976 г. показывает, что большинство из насаждений развивается в направлении формирования еловых или широколиственно-еловых лесов в зависимости от типа леса. Под пологом березы подрост формировался в основном из ели и березы повислой с участием широколиственных пород: дуба, липы, клена, ясеня. Соответственно, за 42-летний период в составе древостоев произошли некоторые изменения.

Из общего количества березняков сохранилось только 68%. В остальных произошла смена главной породы: в 14,9% на ель, в 6,8% на ольху черную, в 3,2% на осину, в 6,8% на сосну, в 0,4% на ясень (рис. 3). В единичных случаях на месте старых березняков появились молодые насаждения (I–II класса возраста) ели, что связано с гибелью березняков в результате ветровалов.

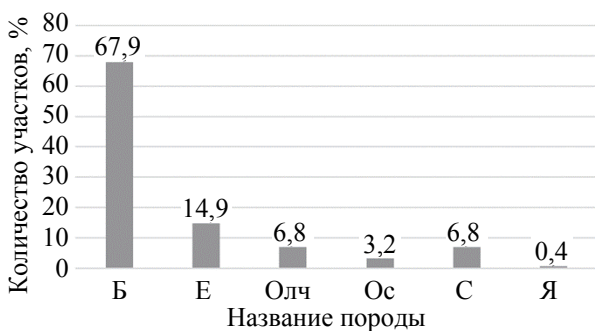


Рис. 3. Смена главной породы в повислоберезовых древостоях в 2018 г. (% от общего количества таких площадей в 1976 г.)

Наиболее широко распространена классическая смена березы на ель, которая появляется либо одновременно с березой, либо спустя одно-два десятилетия уже под пологом. Связано это с тем, что молодое поколение лиственных пород очень быстро (через 7–10 лет) образует сомкнутый полог, под которым вновь начинает воссоздаваться лесная среда. Она благоприятна для развития молодого поколения ели, появляющегося

под прикрытием березы. Теневыносливый подрост ели защищен пологом мелколиственных пород от неблагоприятного воздействия окружающей среды. К возрасту 40–50 лет береза достигает высоты 20–25 м и замедляет свой рост [4]. Начинается ее естественное изреживание. Ель к этому времени вступает в период наиболее интенсивного роста и выходит во второй ярус.

Если же береза появилась одновременно с сосной или тем более раньше, то береза, будучи породой пионерной, способной к вегетативному возобновлению и быстрорастущей, отрицательно влияет на сосну как в перехвате экологических факторов, так и за счет охлестывания. Под пологом взрослых насаждений в возобновлении березы не получает большого участия в силу высокого светолюбия, и поэтому в предварительном возобновлении ее обычно мало [4]. Со временем сосна как более долгоживущая порода постепенно начинает доминировать. В результате насаждения трансформируются в разреженные сосновые древостой, в которых должен формироваться второй ярус из теневыносливых пород. Но в материалах лесоустройства таких насаждений нет.

Смена на ольху черную и ясень наблюдается в наиболее богатых крапивных и папоротниковых типах леса и, вероятно всего, связана с погрешностью таксации, поскольку в подавляющем большинстве это насаждения сложные (из 4–5 пород) по составу, который можно установить только сплошным пересчетом деревьев.

В составе насаждений, которые сохранились березняками, в половине случаев (47–53%) доля березы осталась прежней или изменилась незначительно. Наиболее заметное снижение доли березы (на 1–2 единицы в составе) отмечено на участках, в состав которых в 1976 г. входило 9–10 берез (рис. 4).

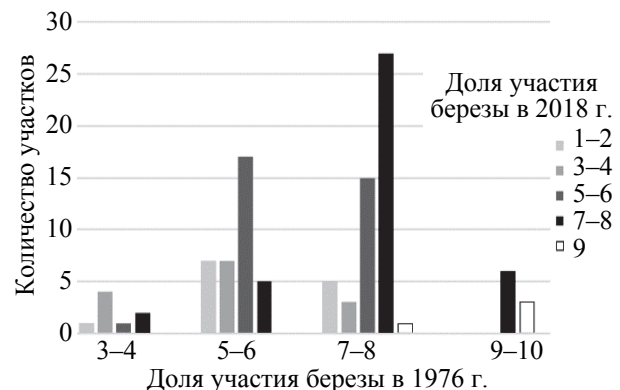


Рис. 4. Изменение доли участия березы в составе насаждений

Одним из интересных в динамике березовых лесов является вопрос определения периода распада древостоев и смены другими древесными породами. Существует мнение, что к 80–100 годам

лиственные породы как менее долговечные опадают, а ель занимает их место [4]. Однако по результатам наших исследований, доля березняков, сохраняющихся березняками, медленно снижается с IX по XII класс возраста (с 90 до 70%), а затем скачкообразно падает до 40%. Т. е. основной период распада березовых насаждений приходится на возраст 120–130 лет (рис. 5), а не 80–100. При этом отмечены единичные насаждения березы возрастом старше 130 лет, а в насаждениях других пород возраст отдельных деревьев березы достигает 150 лет.

ППП для наблюдения за динамикой березового фитоценоза была заложена в 1981 г. в 40-летнем березняке. На момент закладки ППП это было чистое насаждение березы повислой с единичными деревьями ели (рис. 6, таблица). Подлесок и подрост широколиственных пород почти отсутствовали, в живом напочвенном покрове доминировал орляк и другие светолюбивые виды. Соответственно, насаждение было отнесено к орляковому типу леса. Однако через 40 лет наблюдений стало ясно, что насаждение на момент закладки ППП было возрастной ассоциацией [5] березняка кисличного. Это подтверждают изменения в структуре насаждения: резкое увеличение ели в составе древостоя, появление широколиственных пород и увеличение проективного покрытия лещины, которые привели к снижению участия светолюбивых видов и стабилизации живого напочвенного покрова. Широкое распространение получила *Stellaria holostea*, увеличилось покрытие *Galeobdolon luteum*, *Aegopodium podagraria*, *Sanicula europaea*, *Rhodobrium roseum*.

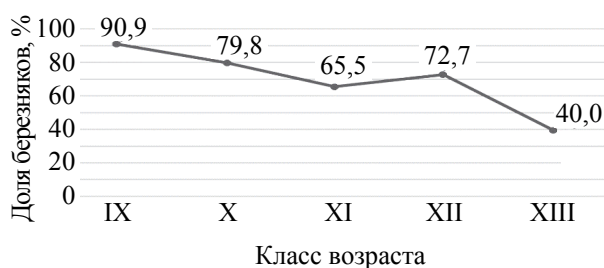


Рис. 5. Доля березняков 1976 г., сохранившихся березняками в 2018 г. по классам возраста

Наблюдения за динамикой древостоя на ППП подтверждают изменения в составе и структуре березняков, выявленные по материалам лесоустройства.

В период с 40 до 80 лет доля березы в составе древостоя постепенно сокращается. Если в 1981 г. ее доля составляла 100%, то к 2021 г. – 60%. Доля ели в составе выросла с 10 до 40%. При этом запас березы на протяжении последних 15 лет остается без изменений (около 300 м³/га), поэтому говорить о распаде яруса березы преждевременно. Изменения в составе представлены в таблице, а в распределении деревьев по ступеням толщины – на рис. 6.

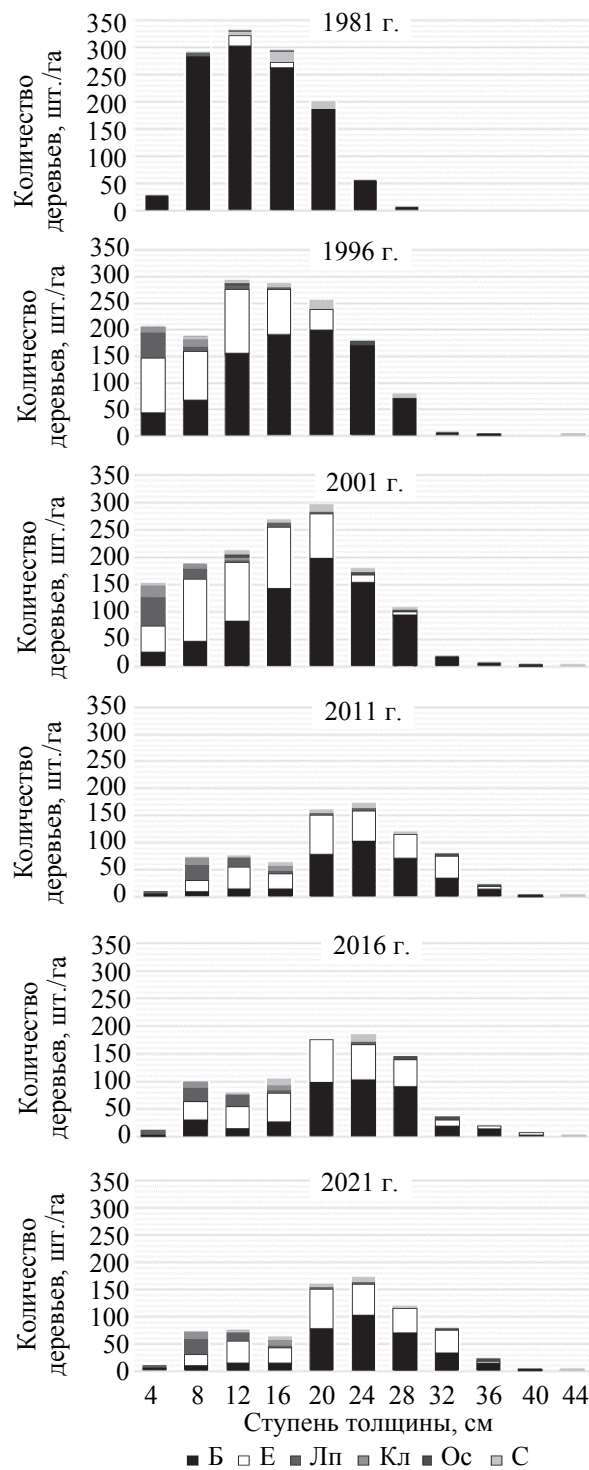


Рис. 6. Динамика распределения деревьев по ступеням толщины на ППП № 19

Современная структура древостоя хорошо видна в распределениях крон по высоте (рис. 6) и деревьев по ступеням толщины (рис. 7). В насаждении четко выражено два яруса. В первом ярусе доминирует береза при значительном участии ели и единичных деревьях осины, сосны, клена и липы (в нижней части). Во втором ярусе – ель при участии клена, липы, березы.

Таксационная характеристика древостоя на ПП № 19

Год	Состав	$D_{ср}$, см	$H_{ср}$, см	A , лет	Бонитет	Число стволов, шт./га	Сумма площадей, м ² /га	Запас, м ³ /га
1981	10Б, ед. С, Е, Олс	13,8	18,7	40	1	1292	5,1	180,0
1996	8Б1Е1С + Ос, ед. Кл, Лп, Ол	18,9	23,3	55	1	1496	33,12	378,6
2001	8Б1Е1С + Ос, ед. Кл, Лп	20,6	24,7	60	1	1420	36,74	429,4
2011	7Б3Е + Лп, С, Ос, ед. Кл	22,9	26,5	70	1	1052	38,23	464,3
2016	6Б4Е + Лп, С, Ос, ед. Кл	24,5	27,4	75	1	900	37,39	460,8
2021	1 ярус: 6Б4Е + Лп, С, Кл, ед. Ос	26,9	29,7	80	1	696	38,40	493,6
	2 ярус: 6Е2Лп1Б1Ряб + Кл, С	11,5	11,7	—	—	140	1,35	8,9
	Итого					836	39,75	502,5

Состав подроста в насаждении 6Ос1Лп1Кл1Б1Е при общей численности 950 шт./га. Это связано с наличием сомкнутого второго яруса ели и подлеском из лещины (сомкнутость 36%). При этом почти весь мелкий подрост представлен осиной и березой, а крупный (300 шт./га) – равномерно представлен осиной, липой, кленом и елью.

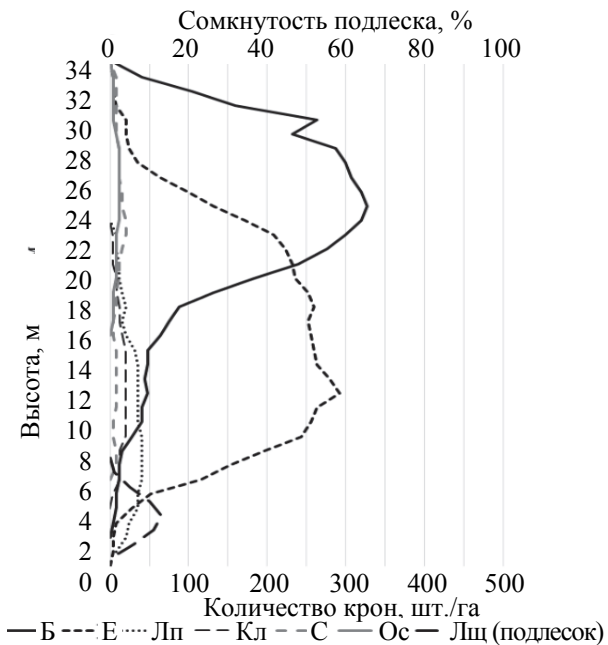


Рис. 7. Распределение крон деревьев по высоте в древостое и сомкнутости подлеска на ПП № 19 в 2021 г.

Изменения в распределении деревьев по ступеням толщины и структура подроста показывают, что ель продолжает из-под полога выходить в первый ярус, а в составе нижнего яруса древостоя увеличивается доля широколиственных пород, в особенности липы. Если тенденция изменения запасов сохранится, то через 15 лет запасы ели и березы сравняются. Полное трансформирование в ельник произойдет только после превышения доли ели над березой в первом ярусе, а это произойдет еще через одно десятилетие. При этом постепенный выход липы и клена в первый ярус древостоя создает в перспективе предпосылки для увеличения в насаждении доли широколиственных пород.

Заключение. Динамика структуры лесов на территории Березинского биосферного заповедника последние 60 лет обусловлена естественными процессами. В то же время происхождение повислоберезовых лесов связано в большинстве случаев с предшествующей хозяйственной деятельностью. Они появились после интенсивных рубок леса в 1950-х годах или на месте заброшенных сельскохозяйственных земель [6]. В настоящее время здесь наблюдаются демулационные процессы, в ходе которых идет восстановление коренных еловых, широколиственных или елово-широколиственных лесов.

Установлено, что основной период распада повислоберезовых насаждений на наиболее благоприятных для березы почвах (орляковый и кисличный типы леса) в естественных условиях приходится на возраст 120–130 лет, а не 80–100, как принято обычно считать.

При этом отмечены единичные насаждения березы повислой возрастом старше 130 лет. В то же время открытым остается вопрос о возрасте распада березняков, произрастающих в менее богатых типах леса: черничных и мшистых.

В высоковозрастных повислоберезовых лесах наиболее широко распространена классическая смена березы на ель, которая появляется либо одновременно с березой, либо спустя одно-два десятилетия под ее пологом. В древостоях старше 50 лет обычно хорошо выражено два яруса.

В первом ярусе доминирует береза, а во втором ель. В березняках кисличных в составе древостоев и подроста появляются клен и липа. Причем их доля в составе нижних ярусов увеличивается со временем, что создает предпосылки для восстановления елово-широколиственных лесов через стадию еловых лесов.

Березинский биосферный заповедник является уникальным объектом для исследования естественной динамики лесных фитоценозов. Многолетний заповедный режим позволяет установить закономерности естественных процессов, которые ведут к формированию устойчивых коренных сообществ, что может быть использовано при разработке мероприятий по ведению лесного хозяйства в условиях климатических изменений.

Список литературы

1. Юркевич И. Д. Березовые леса Беларуси: типы, ассоциации, сезонное развитие и продуктивность. Минск: Наука и техника, 1992. 183 с.
2. Государственный лесной кадастр Республики Беларусь от 01.01.2016. Минск: РУП Белгослес, 2016. 90 с.
3. Федорович Л. В., Ивкович В. С., Лабоха К. В. Динамика лесоводственно-таксационных показателей березняка орлякового в заповедной части ГПУ «Березинский биосферный заповедник» // Труды БГТУ. 2013. № 1: Лесное хоз-во. С. 111–113.
4. Лабоха К. В. Лесоведение. Минск: БГТУ, 2018. 264 с.
5. Гельтман В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1982. 326 с.
6. Трансформация экосистем Березинского биосферного заповедника в XX веке / М. В. Ермохин [и др.] // Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. Минск, 2017. Вып. 12. С. 22–31.

References

1. Yurkevich I. D. *Berezovyye lesa Belarusi: tipy, assotsiatsii, sezonnoye razvitiye i produktivnost'* [Birch forest of Belarus: types, associations, seasonal development and productivity]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1992. 183 p. (In Russian).
2. *Gosudarstvennyy lesnoy kadastr Respubliki Belarus' na 01.01.2016* [State Forest Cadaster of the Republic of Belarus, 01.01.2016]. Minsk, Belgosles Publ., 2016. 90 p. (In Russian).
3. Fedorovich L.V., Ivkovich V. S., Labokha K. V. Dynamics of silvicultural and taxation parameters of bracken birch forest in strict protection part of the Berezinsky Biosphere Reserve. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2013, no. 1: Forestry, pp. 111–113 (In Russian).
4. Labokha K. V. *Lesovedeniye* [Forest science]. Minsk, BGTU Publ., 2018. 264 p. (In Russian).
5. Geltman V. S. *Geograficheskiy i tipologicheskiy analiz lesnoy rastitel'nosti Belorussii* [Geographical and typological analysis of forest vegetation in Belarus]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1982. 326 p. (In Russian).
6. Yermokhin M. V., Ivkovich V. S., Dudkina L. A., Zimnitskiy V. A. Transformation of ecosystems of the Berezinsky Biosphere Reserve in XX cent. *Osobo okhranyayemyye prirodnyye territorii Belarusi. Issledovaniya* [Specially protected natural territories of Belarus. Research]. Minsk, 2017, vol. 12, pp. 22–31 (In Russian).

Информация об авторах

Старикова Лилия Ивановна – младший научный сотрудник лаборатории экологии леса и дендрохронологии. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь). E-mail: liliya.star18@gmail.com

Ермохин Максим Валерьевич – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией экологии леса и дендрохронологии. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь). E-mail: maxim.yermokhin@gmail.com

Ивкович Валерий Семёнович – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора. Березинский биосферный заповедник (211188, Лепельский р-н, Витебская область, дер. Домжерицы, ул. Центральная, 3, Республика Беларусь). E-mail: valery.ivkovich@tut.by

Зимницкий Вадим Антонович – научный сотрудник. Березинский биосферный заповедник (211188, Лепельский р-н, Витебская область, дер. Домжерицы, ул. Центральная, 3, Республика Беларусь). E-mail: zimnitskiyvadim@rambler.ru

Information about the authors

Starikova Liliya Ivanovna – Junior Researcher, the Laboratory of Forest Ecology and Dendrochronology. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus (27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: liliya.star18@gmail.com

Yermokhin Maxim Valer'evich – PhD (Biology), Head of the Laboratory of Forest Ecology and Dendrochronology. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Science of Belarus (27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: maxim.yermokhin@gmail.com

Ivkovich Valery Semenovich – PhD (Agriculture), Deputy Director of the Berezinski biosphere reserve (3, Centralnaya str., 211188, Domzherithy, Lepelski district, Vitsebski region, Republic of Belarus). E-mail: valery.ivkovich@tut.by

Zimnitski Vadim Antonovich – Researcher. the Berezinski biosphere reserve (3, Centralnaya str., 211188, Domzherithy, Lepelski district, Vitsebski region, Republic of Belarus). E-mail: zimnitskiyvadim@rambler.ru

Поступила 12.04.2022

УДК 630*52:630*228.8(630*176.322.6):630*11

А. В. Углянец, Д. К. Гарбарук, С. В. Шумак

Полесский государственный радиационно-экологический заповедник

**ДИНАМИКА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ДУБРАВ
В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА ЮГО-ВОСТОКЕ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ**

Длительное отсутствие лесохозяйственной деятельности в белорусском секторе зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции, расположенном на крайнем юго-востоке Беларуси, дало уникальную возможность проследить динамику и оценить продуктивность естественно развивающихся насаждений дуба в условиях минимального антропогенного воздействия.

На протяжении 35 лет площадь дубрав прирастала за счет естественного образования молодняков дуба и посадки его лесных культур на бывших сельскохозяйственных землях. Сокращалась она в меньших количествах в результате усыхания высоковозрастных насаждений, вытеснения дуба из состава молодых древостоев мелколиственными породами, уничтожения лесными пожарами. Первые 25 лет площади молодняков и средневозрастных насаждений уменьшались, а приспевающих, спелых и перестойных – увеличивались. В это время повышались относительная полнота и продуктивность дубрав, снижался класс бонитета. В последнее десятилетие произошло снижение площади спелых и перестойных древостоев и полноты дубрав, стабилизировались их класс бонитета и средний стволовой запас.

Высоковозрастные дубравы в основном низкорослые, редкие, медленно деградирующие. Их продуктивность значительно ниже потенциальной.

Суховершинность и усыхание деревьев дуба происходит в результате их физиологического ослабления вследствие нарушения гидрологического режима почв, обусловленного гидротехническими мелиорациями в прошлом и последующим снижением резистентности к воздействию болезней и энтомофагов.

Ключевые слова: заповедник, дубрава, динамика, продуктивность, экологические факторы.

Для цитирования: Углянец А. В., Гарбарук Д. К., Шумак С. В. Динамика и продуктивность дубрав в условиях отсутствия хозяйственной деятельности на юго-востоке Белорусского Полесья // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 55–66.

A. V. Uglyanets, D. K. Garbaruk, S. V. Shumak

Polesye State Radiation-Ecological Reserve

**DYNAMICS AND PRODUCTIVITY OF OAK FORESTS
IN THE ABSENCE OF ECONOMIC ACTIVITIES
IN THE SOUTH-EAST OF THE BELARUSIAN POLESYE**

The long absence of forestry activities in the Belarusian sector of the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant, located in the outermost south-east of Belarus, within the boundaries of which the Polesye State Radiation-Ecological Reserve operates, has given a unique opportunity to trace the dynamics and evaluate the productivity of naturally developing oak forests under conditions of minimal anthropogenic impact.

For 35 years, the area of oak forests has been increasing due to their natural restoration and the artificial creation of its plantations on former agricultural lands. They were reduced in smaller quantities, as a result of the drying up of high-age stands, the displacement of oak from the young stands by small-leaved species, destruction by forest fires. For the first 25 years, the area of oak forests under the age of 60 decreased, and over 60 years – increased. During this time, the relative completeness and productivity of oak forests increased, but the productivity class decreased. Over the past 10 years, the productivity class and the stem stock of stands have stabilized, and the area of high-age stands and the completeness of oak forests have begun to decline.

High-aged oak forests are mostly stunted, rare, are at the stage of slow degradation. Their productivity is significantly lower than potential. An increase in the intensity of drying of trees, the degree of degradation of stands and a decrease in their productivity in the dry land oak forests is observed in the row of the *Quercetum pteridiosum* – *Quercetum oxalidosum* – *Quercetum aegopodiosum*, in floodplain oak forests – *Quercetum nemoroso-fluvialis* – *Quercetum subalveto-fluvialis* – *Quercetum graminoso-fluvialis*.

The drying of the upper branches and trees of oak occurs as a result of their physiological weakening due to the violation of the hydrological regime of soils caused by hydraulic reclamation in the past, and the subsequent decrease in resistance to the effects of diseases and insect pests.

Key words: reserve, oak forest, dynamics, productivity, environmental factors.

For citation: Uglyanets A. V., Garbaruk D. K., Shumak S. V. Dynamics and productivity of oak forests in the absence of economic activities in the south-east of the Belarusian Polesye. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 55–66 (In Russian).

Введение. В лесном фонде Белорусского Полесья дубовые леса занимают 6,86% покрытой лесом площади [1]. Дуб требователен к плодородию почв, но переносит временное их переувлажнение в долинах рек [2], поэтому распространение его плакорных насаждений в лесах этого региона лимитирует низкое плодородие почв [3, 4], а наличие большого количества рек с широкими плоскими поймами [5] обеспечивает 9%-ное присутствие экологической группы пойменных дубрав в составе формации [4].

В Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике (далее – заповедник), расположенном на крайнем юго-востоке Белорусского Полесья в границах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС (далее – ЗО ЧАЭС), дубовые леса по состоянию на 2020 г. занимают 7863 га, или 5,6% от лесопокрытой площади. В экологической группе плакорных дубрав преобладают кисличный (28,8% от площади формации), орляковый (14,2%) и снытевый (10,8%), а в группе пойменных дубрав – злаково-пойменный (10,7%), прируслово-пойменный (10,8%) и широколиственно-пойменный (6,2%) типы леса. С момента аварии на ЧАЭС и отчуждения прилегающей к ней территории хозяйственные мероприятия в лесах заповедника не проводились. Развитие дубовых фитоценозов протекало естественным путем.

В связи с потеплением и аридизацией климата в Беларуси [6, 7] прогнозируется изменение породной структуры и снижение продуктивности лесов Полесья [8–10], в том числе и дубрав. Весьма актуальным вопросом является изучение изменений, происходящих в дубравах в условиях длительного отсутствия хозяйственной деятельности на крайнем юго-востоке Белорусского Полесья.

Основная часть. В заповеднике в 60–130-летних насаждениях дуба заложили 25 временных пробных площадей (далее – ВПП) в соответствии с источником [11], в том числе в дубраве орляковой – 4, кисличной – 5, снытевой – 6, прируслово-пойменной – 5, злаково-пойменной – 4, широколиственно-пойменной – 1.

На основании местоположения ВПП, их рельефа, индикаторных видов растений живого напочвенного покрова, подлеска, подроста, гранулометрического состава почвы [12], ее влажности или

уровня грунтовых вод в шурфах или прикопках определяли тип леса и тип лесорастительных условий (далее – ТЛУ) [13].

На ВПП производили сплошной перебор деревьев диаметром 8 см и выше по двухсантиметровым ступеням толщины по породам, определяли высоту каждого дерева. Возраст древостоев дуба и преобладающей породы второго яруса насаждений (граба) устанавливали по кернам, отобраным возрастным буром у 3–5 средних деревьев. Таксационные показатели древостоев рассчитывали с использованием источника [14].

Критериями оценки продуктивности древостоев дуба являлись показатели стволового запаса древостоя дуба, характеристика его сухостоя и таблица хода роста нормальных дубовых древостоев (далее – ТХР) по источнику [14].

Динамика площади дубрав анализировалась по литературным данным и материалам лесоустройства. На 1957 г. доля дубрав в Первомайском (позднее Хойникском) лесхозе составляла 16,7% от лесопокрытой площади, в Наровлянском – 15,5%, в Комаринском – 3,1% [15]. Часть их территорий после аварии на ЧАЭС вошла в состав образованного в 1988 г. Полесского заповедника.

В 1975 г. в границах заповедника при лесистости 38,5% дубравы произрастали на площади 10 588 га. Доля их в структуре лесных формаций составляла 12,7%, а приведенная к границам 2000 г. – всего 4,9% [16]. До аварии на ЧАЭС данная территория характеризовалась высокими темпами хозяйственного освоения. За 1950–70-е годы было осушено 39,3% территории современного заповедника [17]. На начало 1980-х гг. лесистость геоморфологического района Приднепровской низменности, на юге которого расположена основная часть заповедника, составляла 38,9%, а Хойникско-Брагинской возвышенности, включающей его крайнюю северо-восточную часть, – 6,9% [18].

В доаварийный период (1975–1986 гг.), т. е. до проведения первой инвентаризации лесов заповедника в 1990 г., сокращение площади дубрав до 60 711 га и их удельного веса в лесопокрытой площади до 5,6% (табл. 1) связано, вероятнее всего, с их вырубкой [16].

Таблица 1

Динамика площади дубрав в заповеднике

Показатели	1990	1994	2001	2011	2020
Площадь заповедника	131 309	215 410	216 182	216 093	216 877
Покрытая лесом площадь, га	60 711	82 529	110 403	120 916	139 639
Площадь дубрав, га	3628	5771	6941	7465	7863
Приращение площади дубрав, га/%	–	2143/59,1	1170/20,3	524/7,5	398/5,3
Удельный вес дубрав от покрытой лесом площади, %	5,6	7,0	6,3	6,2	5,6
Удельный вес дубрав от площади заповедника в границах 2020 г., %	1,7	2,7	3,2	3,4	3,6

С 1990 г. площадь дубовых лесов непрерывно росла, а их удельный вес в структуре покрытой лесом площади сокращался. Последнее объясняется зарастанием бывших сельскохозяйственных угодий лесом, преимущественно сосной и мелколиственными породами, переводом лесных культур в покрытую лесом площадь и передачи заповеднику покрытых лесом земель. Так, в 1993 г. его площадь увеличилась сразу на 85,1 тыс. га [17], а на бывших сельскохозяйственных землях до 2012 г. естественно возобновилось 19,45 тыс. га леса [19], до 2020 г. – 26,05 тыс. га.

С 1994 г. заповедник функционирует в относительно стабильных границах. С этого времени удельный вес дубрав, приведенный к его площади на 2020 г., повышается. В то же время темп приращения площади формации замедляется (табл. 1).

Динамика площади дубрав в заповеднике определялась последствиями интенсивного лесопользования в доаварийное время, естественным лесовозобновлением и искусственным лесовосстановлением дочернобыльских вырубок, лесоразведением на залежных землях, естественным развитием насаждений [19, 20], возрастными сукцессиями, воздействием комплекса биотических, антропогенных [16] и абиотических, прежде всего климатических, факторов.

За 1988–2008 гг. из-за усыхания уменьшилась площадь высокопродуктивных плакорных дубрав и вырос удельный вес пойменных [21]. Согласно источнику [16], к 2011 г. произошло существенное увеличение площадей пойменных дубрав, незначительное – кисличных и снытевых, а под влиянием болезней и вредителей – сокращение площадей дубрав орляковых и черничных.

Весомый вклад в распространение дубрав внесло лесоразведение на бывших сельскохозяйственных землях. За 1990–2017 гг. в заповеднике было создано 1,52 тыс. га лесных культур дуба, в том числе за 1990–2000 гг. – 620 га, за 2001–2011 – 612 га [19]. Значительные их площади списывались по причине отсутствия ухода и неблагоприятных климатических условий. В ревиционный период 2001–2011 гг. в лесопокрытые

земли переведено 32 га культур дуба данного периода и 311 га предыдущего, за 2012–2020 гг. посажено 635 га его культур. Всего за 2003–2021 гг. переведено в покрытые лесом земли 578 га культур дуба.

На 2020 г. в заповеднике имелось 364 га несомкнувшихся лесных культур дуба, 896 га 11–40-летних его насаждений искусственного происхождения и 279 га – старших возрастов.

За 1990–2000 гг. на залежных землях естественным путем образовались дубовые молодняки на площади 130 га [19]. За 2001–2011 гг. успешный подрост этой породы появился всего на 12 га.

За 2012–2020 гг. возобновилось и переведено в покрытые лесом земли 398 га молодых насаждений естественного происхождения с преобладанием дуба.

Снятие антропогенного пресса (прекращение сенокосения, пастбы скота) способствовало успешному естественному возобновлению дуба в пойменных угодьях. В итоге доля экологической группы пойменных дубрав с 36,1% в 2010 г. [20] увеличилась до 39,6% в 2020 г., а плакорных сократилась с 63,9 до 60,4%.

В работе [16] указывается на положительное влияние антропогенно стимулированных процессов подтопления земель на распространение пойменных дубрав. Однако это весьма сомнительно, так как фактор подтопления в пойме Припяти вызывает суховершинность и усыхание деревьев дуба и гибель его насаждений [22].

В условиях отсутствия лесохозяйственной деятельности в результате возрастных сукцессий произошло «старение» дубрав. За 1994–2011 гг. сократились площади под насаждениями I–II и увеличились под древостоями IV и старше классов возраста (табл. 2).

За последние 10 лет наметилась тенденция сокращения площади дубрав VI и старше классов возраста в результате естественного их распада и снижения доли участия дуба в составе древостоев и резко выросла площадь молодняков I класса возраста, что обусловлено переводом естественного возобновления и лесных культур в покрытые лесом земли.

Таблица 2
Динамика площади дубрав по классам возраста, га

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII и старше
1990	266	1136	1352	354	480	38	2	–
1994	366	1702	3669			26	8	–
2000	188	885	3284	1112	995	389	81	7
2011	183	669	2778	2006	726	839	223	41
2020	682	521	1658	2913	1084	794	200	11

С 1991 по 2011 г. повышались полнота и показатели продуктивности древостоев дуба при одновременном снижении класса бонитета (табл. 3).

Таблица 3
Динамика средних таксационных показателей дубрав

Год	Возраст, лет	Класс бонитета	Полнота	Запас, м ³ /га	Среднее изменение запаса, м ³ /га
1990	52	I,8	0,57	109	2,1
2000	63	II,0	0,60	137	2,2
2011	69	II,3	0,62	160	2,4
2020	70	II,3	0,61	160	2,3

За последние 10 лет резко замедлилось увеличение среднего возраста дубрав, остановился рост среднего запаса, снизились полнота и среднее изменение запаса древостоев. Средний класс бонитета после 20-летнего уменьшения стабилизировался на уровне II,3.

В условиях свежих и влажных сугрудов (ТЛУ С₂ и С₃) эксплуатируемые дубравы Украинского Полесья при среднем возрасте 61–72 года характеризовались более высокими классами бонитета (I,7–II), полнотой (0,6–0,8) и продуктивностью (166–202 м³/га) [23].

Большая часть дубовых лесов заповедника локализована в долине р. Припять, включающей пойму и две надпойменные террасы [5], меньшая – на участках водно-ледниковых равнин Житомирского Полесья в юго-западной его части.

Почвы под плакорными дубравами дерновые и дерново-подзолистые, песчаные и супесчаные на связных и рыхлых песках или на рыхлых супесях, сменяемых рыхлыми песками или подстилаемых суглинками моренными с глубины до 1 м, разной степени увлажнения [24]. Высокие уровни подземных вод в сочетании с мелкоконтурностью микрорельефа при относительных его превышениях до 2–4 м создают неоднородность почвенно-гидрологических условий и мозаичность ТЛУ в пределах насаждений.

Дубравы орляковые произрастают на повышенных участках рельефа преимущественно второй надпойменной террасы р. Припять. Почвы дерново-подзолистые глееватые песчаные и супесчаные на связных и рыхлых песках,

сменяемых рыхлыми песками с глубины до 1 м с наиболее низким среди плакорных дубрав заповедника залеганием грунтовых вод.

Высоковозрастные древостои в дубравах орляковых чистые или с примесью березы, осины (до 10%) и других пород, III класса бонитета, редкие, среднеполнотные с запасами стволовой древесины 208–278 м³/га (табл. 4).

В древостоях на долю дуба приходится 79–100% от общего количества деревьев и 90–100% от общих запасов. В 110–130-летних насаждениях удельный вес деревьев дуба составлял 27–72%, стволовых запасов – 53–72% соответственно от количества и запаса нормального древостоя дубравы черничной III класса бонитета [14].

Выбор дубравы черничной для сравнения с дубравами орляковыми обоснован одинаковым классом бонитета этих типов леса и отсутствием в Беларуси ТХР для дубравы орляковой. Сильная изреженность дубрав заповедника компенсируется интенсивным их ростом по диаметру. В 110 лет древостой дуба в 1,3–1,4 раза превышал средние диаметры дуба, приведенные в ТХР, в 120 и 130 лет они близки к табличным.

На долю сухостойных деревьев дуба приходится 4–15% от общего количества стволов в древостоях и 1,1–5,5% от общего стволового запаса этой породы. Средние их высоты на 60–76%, а средние диаметры на 57–91% ниже соответствующих показателей средних деревьев дуба в древостоях (табл. 5). Следовательно, усыхают, преимущественно, оставшие в росте деревья, ослабленные вследствие конкуренции за жизненные ресурсы, прежде всего, за свет.

Дубравы кисличные приурочены к невысоким гривам, плоским или слегка повышенным участкам рельефа с небольшими перепадами высот. Почвы супесчаные на связных песках или рыхлых супесях, сменяемых рыхлыми песками с глубины до 1 м при относительно близком расположении грунтовых вод или подстилаемых суглинками моренными с глубины до 1 м.

Насаждения дубрав кисличных смешанные, чаще простые, реже сложные с доминированием граба в подчиненном ярусе (табл. 4). В составе примеси верхних ярусов также преобладает граб (до 40% состава), в меньших количествах присутствуют клен остролистный, ольха черная, осина, береза, сосна.

Древостой дуба в основном III, реже II классов бонитета, очень редкие – 56–168 шт./га, что составляет 11–96% от количества деревьев в господствующем ярусе и 15–24% от густоты нормальных древостоев дубравы кисличной II класса бонитета [14]. Полнота дубового ценоэлемента средняя (0,5–0,6), стволовой его запас составляет 75–91% от общего в насаждениях и 24–48% от запаса нормальных древостоев.

Таблица 4

Таксационная характеристика дубрав

Шифр ВПП	ГЛУ*	Состав древостоя	Возраст, лет	Средние		Класс бонитета	Густота, шт./га		Сумма площадей сечений, м ² /га	Полнота	Запас, м ³ /га
				высота, м	диаметр, см						
				дуба/граба или II яруса							
Дубравы орляковые											
Бб3-2	С ₂ , Д ₂	10Д	110	22,1	39,1	III	204	204	24,5	0,75	256
Нп83-11	С ₂ , Д ₂	9Д1Б + Ос	110	22,1	42,0	III	130	165	19,9	0,61	208
Нп86-33	С ₂ , Д ₂	10Д + Б, Ос	120	22,8	31,6	III	284	300	23,7	0,72	255
Нп89-1	С ₂ , Д ₂	9Д1Ос + Кл	130	24,1	32,8	III	268	296	24,5	0,72	278
Дубравы кисличные											
Нп17-25	Д ₂	10Д + Б	80	20,8	36,6	II	158	165	17,3	0,55	172
		9Г1Кл	60	15,8	16,0	–		387	7,9	0,30	48
Нп1-3	Д ₂	9Д1С + Б, Олч	100	22,5	50,7	III	94	124	20,4	0,62	213
Нп90-13	Д ₂	5Д4Г1Ос + Кл, Олч	110	23,4	45,5	III	60	548	27,3	0,83	236
Нп91-4	Д ₂	8Д1Олч1Б	115	24,3	58,9	III	56	220	21,4	0,63	225
Пз57-60	Д ₂	10Д + С	130	27,4	50,4	II	168	172	33,7	0,93	423
Дубравы снытевые											
Нп72-29	Д ₃	8Д2Кл	60	21,0	29,0	I	228	440	21,2	0,67	199
Нп38-3	Д ₃	7Д1Олч1Кл1Ос + Г	85	20,8	45,9	III	60	128	14,1	0,45	133
Нп9-36	Д ₃	9Д1Олч + Б, Ос, Кл	100	22,7	54,9	III	66	353	18,3	0,55	191
		10Г	55	16,1	19,1	–		284	8,2	0,30	52
Нп9-29	Д ₃	9Д1Олч + С	110	20,8	46,2	III	79	131	16,1	0,51	155
Бб1-28	Д ₃	8Д2Кл + Олч	115	23,3	37,1	III	68	96	17,0	0,51	180
		10Г	45	16,3	17,5	–		444	10,7	0,39	66
Нп86-23	Д ₃	9Д1Олч + Лп, Ос, Кл	130	22,8	41,5	III	89	168	16,0	0,48	147
		10Г	40	14,9	17,1	–		389	8,9	0,34	54
Дубравы прируслово-пойменные											
Вб103-10	А ₂ , В ₂ (п)	9Д1С	65	9,1	29,6	V	347	363	21,6	1,13	162
Ор38-37	В ₂ , А ₂ , В ₃ (п)	10Д + Тч, Гш	70	11,6	28,6	IV	200	227	15,4	0,69	125
Ор10-48	В ₂ (п)	9Д1Тч + Б, Гш	75	14,5	30,9	IV	152	157	12,1	0,47	121
Ор19-34	В ₂ , В ₃ (п)	9Д1Тч	70	14,5	32,5	IV	220	223	19,0	0,74	152
Ор50-40	В ₂ , В ₃ (п)	9Д1Тч + Б	80	13,9	34,7	IV	176	232	19,0	0,76	153
Дубравы злаково-пойменные											
Бб85-31	С ₂ , С ₃ (п)	7Д2Олч1Ос + Б	60	17,5	21,8	II	416	636	23,9	0,83	202
Рд135-24	С _{2,3} , В ₂ (п)	7Д3Б + Ос	70	19,2	23,5	II	378	630	26,1	0,87	227
Пр6-3	С ₂ , С ₃ (п)	8Д1Б1Ос + Олч	70	17,6	31,9	III	278	428	27,1	0,94	213
Пз38-8	С ₃ , С ₂ (п)	10Д + Ос	130	25,8	36,9	III	180	188	19,8	0,56	236
Дубрава широколиственно-пойменная											
Рд119-2	Д ₃ (п)	7Д3Олч + Б, Ос	61	24,1	34,9	Ia	122	266	21,5	0,63	260

*Очередность ГЛУ приводится в порядке уменьшения занимаемой ими площади на ВПП.

Средняя высота дуба в 80-летнем сложном насаждении на 14% выше нормального древостоя, а в простых 100–115-летних древостоях – на 9–11% ниже. Средние деревья в этих дубравах в 1,3–2 раза толще, чем в нормальных.

Произрастающая на хорошо дренированной супесчаной подстилаемой моренным суглинком почве 130-летняя дубрава кисличная (ВПП Пз57-60) характеризуется высокими показателями роста и продуктивности. Ее густота на 46%

ниже нормальной, но за счет интенсивного роста по диаметру (на 29%) полнота древостоя приближается к нормальной (0,93), а отставание его запаса от ТХР составляет всего 11%.

На сухостойные деревья дуба приходится 6,4–8,3% от общего их количества в древостоях и 1,7–5,6% от запаса этой породы. Средние сухостойные деревья на 56–82% ниже средних деревьев древостоев и на 61–90% тоньше (табл. 5).

Таблица 5

Характеристика сухостойных деревьев дуба

Шифр ВПП	Средние		Число сухих деревьев, шт./га	Запас сухостоя, м ³ /га	Общий запас дуба, м ³ /га	Доля деревьев сухостоя, %		Высота сухостоя от средней высоты деревьев дуба, %	Диаметр сухостоя от среднего диаметра деревьев дуба, %	Объем среднего сухостойного дерева, м ³
	высота, м	диаметр, см				от общего количества деревьев дуба	от общего запаса дуба			
Дубравы орляковые										
Бб3-2	16,8	35,6	16	14	256	7,8	5,5	76,0	91,0	0,875
Нп83-11	15,8	24,0	5	2	188	3,9	1,1	71,5	57,1	0,400
Нп86-33	15,0	19,8	24	6	238	8,4	2,5	65,8	62,7	0,250
Нп89-1	14,4	20,1	40	10	256	14,9	3,9	59,8	61,3	0,250
Дубравы кисличные										
Нп17-25	14,8	26,9	13	6	166	8,2	3,6	71,2	73,5	0,462
Нп1-3	18,0	38,0	6	6	195	6,4	3,1	80,0	75,0	1,000
Нп90-13	19,1	40,8	5	6	107	8,3	5,6	81,6	89,7	1,200
Нп91-4	13,5	36,0	4	3	175	7,1	1,7	55,6	61,1	0,750
Пз57-60	29,4	50,7	8	22	421	4,8	5,2	107,3	100,6	2,750
Дубравы снытевые										
Нп72-29	17,8	24,5	40	16	150	17,5	10,7	84,8	84,5	0,400
Нп38-3	18,6	39,0	13	14	97	21,7	14,4	89,4	85,0	1,077
Нп9-36	19,7	50,6	5	10	167	7,6	6,0	86,8	92,2	2,000
Нп9-29	11,0	20,0	1	0,3	132	1,3	0,2	52,9	43,3	0,300
Бб1-28	22,0	66,0	4	14	151	5,9	9,3	94,4	177,9	3,500
Нп86-23	19,5	28,1	19	11	129	21,3	8,5	85,5	67,7	0,579
Дубравы прируслово-пойменные										
Вб103-10	4,8	18,0	37	6	150	10,7	4,0	52,7	60,8	0,162
Ор38-37	–	–	–	–	122	–	–	–	–	–
Ор10-48	10,2	23,8	13	4	112	8,6	3,6	70,3	77,0	0,308
Ор19-34	10,5	17,0	13	2	142	5,9	1,4	72,4	52,3	0,154
Ор50-40	12,2	42,0	20	22	130	11,4	17,0	87,8	121,0	1,100
Дубравы злаково-пойменные										
Бб85-31	10,6	16,0	44	6	132	10,6	4,5	60,6	73,4	0,136
Рд135-24	14,3	16,9	97	17	152	25,7	11,2	74,5	71,9	0,175
Пр6-3	11,9	20,1	22	5	171	7,9	2,9	67,6	63,0	0,227
Пз38-8	24,2	37,6	48	59	228	26,7	25,9	93,8	101,9	1,229
Дубрава широколиственно-пойменная										
Рд119-2	19,0	34,0	3	3	176	2,5	1,7	78,8	97,4	1,000

Ближние характеристики сухостойной части древостоев в дубравах кисличных и орляковых свидетельствуют об идентичности процессов, происходящих в этих типах леса.

На ВПП Пз57-60 удельный вес сухостоя низкий. Представлен он крупными деревьями, средний диаметр которых превышает средний диаметр древостоя в 1,8 раза при почти равной высоте. Основные причины усыхания дуба – высокий возраст древостоя и ослабление деревьев вследствие повышения уровня грунтовых вод, вызванного деятельностью бобра, в сочетании с воздействием вредоносного энтомокомплекса.

Дубравы снытевые расположены на пониженных участках и склонах грив надпойменных террас. Почвы глееватые песчаные и супесчаные на связных и рыхлых песках, сменяемых песками

рыхлыми или подстилаемые суглинками моренными с глубины до 1 м с близким расположением грунтовых вод к дневной поверхности.

Высоковозрастные древостои дубрав снытевых смешанные, чаще двухъярусные. Господствующий ярус имеет, как правило, богатый дендрологический состав. В нем стабильна примесь клена (до 20%), ольхи черной, осины (до 10%). В малых количествах встречаются береза, граб, сосна, липа. Подчиненные ярусы представлены грабом со стволовыми запасами 52–66 м³/га (табл. 4). Обычная для плакорных дубрав заповедника примесь сосны, березы, осины, клена, а также низкая доля или отсутствие в составе древостоев вяза, ильма, липы, ясеня характерны для дубрав всей подзоны широколиственно-сосновых лесов [25].

Древостои характеризуются III классом бонитета вместо потенциального I или II [13]. Их средняя высота на 19–29% ниже высоты нормальных древостоев [14], а средний диаметр за счет редкого стояния деревьев на 20–55% выше. Разница в их толщине с возрастом сглаживается.

Доля деревьев дуба составляет 19–71% от их общего числа в насаждениях и 12–35% от густоты нормального древостоя дубравы снытевой I класса бонитета [14]. Низкой полнотой характеризуются как дубовые ценоэлементы (0,32–0,54), так и господствующие ярусы древостоев (0,45–0,67). Высокая общая полнота насаждений достигается за счет подчиненного яруса. На дуб приходится 61–85% от общих запасов насаждений, 73–88% от запасов верхних ярусов и 22–35% от запасов нормальных древостоев 85–130-летнего возраста.

Доля сухостойных деревьев дуба (1,3–21,7%) и доля их запаса (0,2–14,4%) от общих в древостое сильно варьируют. Их средние высоты и диаметры ниже аналогичных показателей древостоев дуба. Сухостой здесь заметен крупнее, чем в дубравах кисличных и орляковых (табл. 5), что говорит об ином механизме усыхания деревьев.

В типологическом ряду дубрава орляковая – дубрава кисличная – дубрава снытевая прослеживается снижение средней высоты, густоты, абсолютной и относительной полноты и стволовых запасов древостоев дуба (табл. 4), рост доли его сухостойных деревьев, увеличение их средних размеров и стволовых запасов, сокращение разницы со средними высотами и диаметрами древостоев дуба (табл. 6) и, как показано в работе выше, увеличивается разница густотой и стволовыми запасами дубрав заповедника с аналогичными показателями ТХР нормальных древостоев дуба, т. е. возрастает степень деградации древостоев. О деградировании потенциально высокопродуктивных дубрав кисличных и снытевых в Полесье сообщается и в работе [25].

В приведенном выше ряду, с одной стороны, веками устоявшиеся уровни грунтовых вод ранее приближались к дневной поверхности, с другой – увеличилась современная глубина их

залегания. Дело в том, что за 1950–1980 гг. было осушено 94% площади болот и заболоченных земель в современных границах заповедника [26], что привело к опусканию уровней грунтовых вод на прилегающих к осушенным землям территориях и изменению условий местопроизрастания.

Изменения в дубравах ЗО ЧАЭС обусловлены замедлением роста в высоту и усыханием деревьев дуба в связи с ухудшением лесорастительных условий и вытеснением дуба из молодых насаждений примесью мелколиственных пород по причине отсутствия лесоводственных уходов.

Дубравы приустьевые-пойменные приурочены к приустьевым валам вдоль реки Припять и ее староречий. Рельеф их резко выраженный с колебанием относительных высот до 4 м и наличием временных проток. Почвы аллювиальные, иловато-песчаные, слабообразованные частично затопляемые паводковыми водами [13].

Древостои IV–V классов бонитета редкие, с 76–99% в составе деревьев дуба и широким диапазоном относительных полнот. Для них характерна примесь тополя черного (до 10%), единичное присутствие березы, груши, сосны. На дуб приходится 85–98% от стволовых запасов древостоев (табл. 4).

В древостоях этого типа леса чаще усыхают более низкие (53–72% от средней высоты) и тонкие (52–77% от среднего диаметра) деревья. Местами наблюдается усыхание и крупных деревьев, в некоторых насаждениях этот процесс отсутствует. При небольшой доле сухостоя (5,9–11,4%) на его запас приходится всего 1,4–4,0% от общего запаса древесины дуба (табл. 5).

Существенно ухудшили состояние ряда пойменных дубрав лесные пожары, в частности ВПП Ор10-48. По данным работы [27], при пожаре 2015 г. в заповеднике погибло 63,4 га дубрав.

Дубравы злаково-пойменные произрастают на невысоких гривах и несколько повышенных ровных периодически затопляемых паводковыми водами участках поймы с относительными превышениями рельефа до 1–1,5 м. Почвы аллювиальные дерново-глеватые и глеевые на песчаном и супесчаном аллювии [24].

Таблица 6

Отдельные средние показатели дубового ценоэлемента по плакорным типам леса

Тип леса	Густота, шт./га	Запас, м³/га	Удельный вес сухостойных деревьев, %		Средние размеры сухостойных деревьев		Отношения средних показателей сухостой/древостой, %		Объем среднего дерева сухостоя, м³
			от общего количества деревьев	от запаса	высота, м	диаметр, см	высота	диаметр	
Дубрава орляковая	222	235	8,8	3,3	15,5	24,9	68,3	68,0	0,444
Дубрава кисличная	107	213	7,0	3,8	19,0	38,5	79,1	80,0	1,232
Дубрава снытевая	98	138	12,6	8,2	18,1	38,0	82,3	91,8	1,309

Древостой злаково-пойменных дубрав (табл. 4), смешанные с 20–30%-ным участием мелколиственных пород, реже чистые, II–III классов бонитета, в основном достаточно густые и высокополнотные. В 60–130-летнем возрасте доля деревьев дуба в них варьирует в диапазоне 60–96% от общего количества, их запас – 65–97% от общего.

В этом типе леса наиболее высокий удельный вес сухостойных деревьев дуба и их запасов (табл. 5).

Дубрава широколиственно-пойменная расположена на низком ровном участке притеррасной поймы на аллювиальной дерново-глеевой на песчаном аллювии почве, периодически затопливаемой талыми и паводковыми водами. Древостой Ia класса бонитета, редкий, со значительным присутствием ольхи черной, достаточно продуктивный (табл. 4). Сухостой единичный, некрупный (табл. 5).

Таким образом, в пойме Припяти наиболее интенсивное усыхание деревьев происходит в дубравах злаково-пойменных. Низкая доля сухостоя в дубравах прируслово-пойменных обусловлена тем, что корневые системы большинства деревьев в них расположены выше верхнего уровня амплитуды колебания паводково-грунтовых вод, за исключением экстремальных случаев. Хороший рост древостоев и единичный отпад в дубравах широколиственно-пойменной обеспечен влагообеспеченностью первых весенних месяцев и недостатком влаги летом [8]. Рост температуры и снижение количества осадков в этом регионе уже привели к врезанию поверхностных вод в материк (обмеление и высыхание водотоков), к низким весенним паводкам на реках, к понижению уровней грунтовых вод, к высыханию болот, к иссушению верхних горизонтов почв в вегетационный период. Откликом на эти процессы стали суховершинность и усыхание деревьев дуба.

Высоковозрастные дубравы были изрежены до аварии на ЧАЭС промежуточными и санитарными рубками. Современные их продуктивность и состояние являются следствием естественного развития в постчернобыльское время.

Определенное влияние на леса Полесья оказывает изменение климата, проявляющееся через снижение уровней грунтовых вод, лесные пожары, ветровалы и буреломы, активизацию болезней и интенсификацию размножения вредителей леса, повреждения деревьев заморозками, снижение влагообеспеченности первых весенних месяцев и недостаток влаги летом [8]. Рост температуры и снижение количества осадков в этом регионе уже привели к врезанию поверхностных вод в материк (обмеление и высыхание водотоков), к низким весенним паводкам на реках, к понижению уровней грунтовых вод, к высыханию болот, к иссушению верхних горизонтов почв в вегетационный период. Откликом на эти процессы стали суховершинность и усыхание деревьев дуба.

Усыхание пойменных лесов Припяти вызвано изменениями паводкового и гидрологического режимов после проведения широкомащтабных гидротехнических мелиораций в ее

бассейне и строительства дамб противопаводковой защиты населенных пунктов [22]; преобладанием ранней формы дуба и сильными систематическими повреждениями его листогрызущими насекомыми, неудовлетворительными лесохозяйственными уходами, отсутствием надлежащего надзора за вредителями [28]; воздействием стволовых вредителей и болезней [29]. Важнейшими причинами усыхания дубрав в национальном парке «Припятский» являются изменение гидрологического режима почв в результате хозяйственной деятельности человека, изменения погодно-климатических условий, отсутствие лесохозяйственных уходов и мер борьбы с насекомыми [30]. Все эти факторы, а также лесные пожары воздействуют и на дубравы Полесского заповедника.

В основе усыхания более молодых и отставших в росте деревьев дуба лежат преимущественно конкурентные взаимоотношения, а крупных деревьев старшего возраста – внешние воздействия, вызывающие физиологическое их ослабление.

Один из сценариев усыхания деревьев дуба описан Л. П. Смоляком [31]. Для пойменных дубрав он приведен в работе [30]. Суть его заключается в том, что в результате нарушения устоявшегося режима грунтовых вод или сильного иссушения верхних слоев почв происходит зарастание трахеид дуба тиллами (выростами клеток древесной паренхимы [32]), приводящее к ухудшению водоснабжения тканей и ослаблению деревьев. Ослабленные деревья заражаются патогенной микро- и микрофлорой, подвергаются нападению листогрызущих насекомых, заселяются стволовыми энтомогенными вредителями. В итоге в древостоях старше 50 лет и высотой более 15 м деревья дуба суховершиняют и медленно (в течение 10–20 лет) усыхают.

Заключение. В условиях отсутствия хозяйственной деятельности на протяжении 35 лет происходило замедление приращения площади дубрав и снижение их удельного веса в формационной структуре лесов. Для возрастной динамики характерно уменьшение площади молодняков и увеличение насаждений IV класса возраста и старше.

Площади дубрав сокращались в результате усыхания древостоев вследствие ослабления деревьев и активизации биотических факторов (болезни и повреждения насекомыми), перехода части молодых насаждений дуба в лиственные, уничтожения при лесных пожарах. Прирост их обеспечивался естественным образованием насаждений дуба и созданием его лесных культур на бывших сельскохозяйственных землях.

Современные высоковозрастные дубравы заповедника, изреженные лесохозяйственными

мероприятиями еще до аварии на ЧАЭС, большей частью низкорослые, низкобонитетные, редкостойные, малопродуктивные, медленно деградирующие. Их древостои по таксационным показателям, кроме среднего диаметра, значительно уступают нормальным древостоям дуба соответствующих типов леса и классов бонитета.

Интенсивность усыхания деревьев, ухудшение состояния, снижение продуктивности и степень деградации древостоев в плакорных дубравах возрастают в ряду дубрава орляковая – дубрава кисличная – дубрава снытевая, в пойменных – дубрава широколиственно-пойменная –

дубрава прируслово-пойменная – дубрава злаково-пойменная.

Усыхание небольших отставших в росте деревьев дуба обусловлено, главным образом, конкурентными взаимоотношениями в фитоценозах. Суховершинность и усыхание более крупных экземпляров вызвано воздействием комплекса экологических факторов. В его основе лежит физиологическое ослабление деревьев в результате изменения устоявшегося гидрологического режима почв, инициированного широкомасштабными гидротехническими мелиорациями болот и заболоченных земель в доаварийное время.

Список литературы

1. Цвирко Р. В., Пучило А. В., Русецкий С. Г. К вопросу о современном состоянии и динамике лесной растительности Белорусского Полесья // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сент. 2016 г.: в 2 т. Минск, 2016. Т. 2. С. 347–350.
2. Шиманюк А. П. Дендрология. М.: Лесная пром-сть, 1974. 264 с.
3. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смяна. Минск: Ураджай, 1974. 328 с.
4. Юркевич И. Д., Ловчий Н. Ф., Гельтман В. С. Леса Белорусского Полесья (геоботанические исследования). Минск: Наука и техника, 1977. 288 с.
5. Матвеев А. В., Гурский Б. Н., Левицкая Р. И. Рельеф Белоруссии. Минск: Университетское, 1988. 320 с.
6. Логинов В. Ф., Лысенко С. А., Мельник В. И. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. Минск: Энциклопедикс, 2020. 264 с.
7. Бровка Ю. А., Буяков И. В. Изменение гидротермического коэффициента и повторяемости экстремальных условий увлажнения на территории Беларуси в период потепления климата // Природопользование. 2020. № 2. С. 5–18.
8. Стратегия адаптации лесного хозяйства Республики Беларусь к изменению климата на период до 2050 года. Минск, 2011. 119 с.
9. Багинский В. Ф. Особенности хода роста древостоев сосны в Белорусском Полесье // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2016. Вып. 76: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 307–317.
10. Тимошкова А. Д. Влияние изменения климата на лесное хозяйство Республики Беларусь // Наука – образованию, производству, экономике: материалы XXI Регион. науч.-практ. конф., Витебск, 11–12 фев. 2016 г.: в 2 т. Витебск, 2016. Т. 1. С. 86–87.
11. Справочник таксатора / В. С. Мирошников [и др.]. Минск: Ураджай, 1980. 360 с.
12. Методические указания по почвенно-лесотипологическому исследованию Государственного лесного фонда БССР / В. С. Гельтман [и др.]. Минск: Белорус. лесоустроит. предприятие, 1971. 72 с.
13. Юркевич И. Д. Выделение типов леса при лесоустроительных работах. Минск: Наука и техника, 1980. 120 с.
14. Таксационно-лесоустроительный справочник / М. В. Кузьменков [и др.]. Минск: Лесное и охотничье хоз-во, 2019. 335 с.
15. Юркевич И. Д. Дубравы Белорусской ССР и их восстановление. Минск: Изд-во АН БССР, 1960. 272 с.
16. Груммо Д. Г., Сак М. М. Динамика лесной растительности в районе аварии на Чернобыльской АЭС // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2013. Вып. 73: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 416–432.
17. Кудин М. В. Современное состояние сосновых лесов белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2015. Вып. 75: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 468–479.
18. Гельтман В. С. Географический и типологический анализ лесной растительности Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1982. 326 с.
19. Кудин М. В., Шумак С. В. Лесокультурный фонд зоны отчуждения и его освоение за постчернобыльский период // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2017. Вып. 77: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 205–220.

20. Углянец А. В., Гарбарук Д. К. Структура дубрав Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Труды Березинского биосферного заповедника. 2017. Вып. 12: Особо охраняемые природные территории Беларуси. Исследования. С. 175–191.
21. Кудин М. В. Динамика лесоводственно-таксационных показателей насаждений Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2008. Вып. 68: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 327–338.
22. Гельтман В. С., Моисеенко И. Ф. Пойменные леса Припяти и их трансформация в связи с мелиорацией. Минск: Навука і тэхніка, 1990. 118 с.
23. Иванюк И. Д. Состояние и продуктивность дубовых древостоев Правобережного Полесья Украины // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2017. Вып. 77: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 299–307.
24. Почвы Полесского государственного радиационно-экологического заповедника = Soils of Polesye State Radiation-Ecological Reserve / В. В. Лапа [и др.]. Минск: ИВЦ Минфина, 2019. 97 с.
25. Лазарева М. С., Климович Л. К., Климов А. В. Особенности формирования дубравы кисличной // Изв. Гомел. гос. у-та им. Ф. Скорины. Естественные науки. 2020. № 6 (123). С. 50–55.
26. Биологическое разнообразие Полесского радиационно-экологического заповедника: сосудистые растения / Д. В. Дубовик [и др.]. Минск: Беларуская навука, 2021. 234 с.
27. Усеня В. В., Гордей Н. В., Тегленков Е. А. Особенности лесовосстановления на крупных гарях Полесского государственного радиационно-экологического заповедника // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2018. Вып. 78: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 104–113.
28. Литвинова А. Н. Роль листогрызущих насекомых в усыхании пойменных дубрав // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 1998. Вып. 48: Дуб – порода третьего тысячелетия. С. 349–352.
29. Федоров Н. И. Фитопатологическое состояние дубрав Беларуси // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 1998. Вып. 48: Дуб – порода третьего тысячелетия. С. 295–301.
30. Водные ресурсы Национального парка «Припятский», их влияние на состояние лесных экосистем / А. В. Углянец [и др.]. Минск: БГПУ, 2007. 163 с.
31. Смоляк Л. П. Основы учения о растительном покрове. Минск: Ротапринт БТИ, 1986. 50 с.
32. Коровкин О. А. Анатомия и морфология высших растений. М.: Дрофа, 2007. 268 с.

References

1. Tsvirko R. V., Puchilo A. V., Rusetski S. G. The issue of modern state and dynamics of forest vegetation in Belarusian Polesie. *Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodnikh resursov i ustoychivoye razvitiye Poles'ya: sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Problems of rational use of natural resources and sustainable development of Polesie: proceedings of the International Scientific Conference]. Minsk, 2016, vol. 2, pp. 347–350 (In Russian).
2. Shimanyuk A. P. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1974. 264 p. (In Russian).
3. *Pochvy Belorusskoy SSR* [Soils of the Belarusian SSR]. Ed. by T. N. Kulakovskaya, P. P. Rogovoy, N. I. Smeyan. Minsk, Uradzhay Publ., 1974. 328 p. (In Russian).
4. Yurkevich I. D., Lovchiy N. F., Gel'tman V. S. *Lesa Belorusskogo Poles'ya (geobotanicheskiye issledovaniya)* [Forests of the Belarusian Polesye (geobotanical researches)]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1977. 288 p. (In Russian).
5. Matveev A. V., Gurskiy B. N., Levitskaya R. I. *Rel'yef Belorussii* [The relief of Belarus]. Minsk, Universitetskoye Publ., 1988. 320 p. (In Russian).
6. Loginov V. F., Lysenko S. A., Mel'nik V. I. *Izmeneniye klimata Belarusi: prichiny, posledstviya, vozmozhnosti regulirovaniya* [Climate change in Belarus: causes, consequences, regulatory opportunities]. Minsk, Entsiklopediks Publ., 2020. 264 p. (In Russian).
7. Brovka Yu. A., Buyakov I. V. Changes in the hydrothermal coefficient and in the frequency of extreme humidification conditions on the territory of Belarus during climate warming. *Prirodopol'zovaniye* [Nature Management], 2020, no. 2, pp. 5–18 (In Russian).
8. *Strategiya adaptatsii lesnogo khozyaystva Respubliki Belarus' k izmeneniyu klimata na period do 2050 goda* [Strategy of adaptation of forestry of the Republic of Belarus to climate change for the period up to 2050]. Minsk, 2011. 119 p.
9. Baginskiy V. F. Features of the course of growth of pine stands in the Belarusian Polesie. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2016, issue 76: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 307–317 (In Russian).

10. Timoshkova A. D. The impact of climate change on forestry in the Republic of Belarus. *Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike: materialy XXI Regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Science – education, production, economy: proceedings of the XXI Regional scientific and practical conference]. Vitebsk, 2016, vol. 1, pp. 86–87 (In Russian).
11. Miroshnikov V. S., Trull' O. A., Ermakov V. E., Dol'skiy L. V., Kostenko A. G. *Spravochnik taksatora* [A guide for forest taxator]. Minsk, Uradzhay Publ., 1980. 360 p. (In Russian).
12. Gel'tman V. S., Ugrinovich L. P., Mayorov M. E., Pukhovskiy A. S., Kavtukho M. G., Romanova T. A., Ivanov A. F., Solov'ev I. N. *Metodicheskiye ukazaniya po pochvenno-lesotipologicheskomu issledovaniyu Gosudarstvennogo lesnogo fonda BSSR* [Guidelines for soil and forest typological research of the state forest fund of the BSSR]. Minsk, Belorusskoye lesoustroitel'noye predpriyatiye Publ., 1971. 72 p. (In Russian).
13. Yurkevich I. D. *Vydeleniye tipov lesa pri lesoustroitel'nykh rabotakh* [Identification of forest types in forest managements operations]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1980. 120 p. (In Russian).
14. Kuz'menkov M. V., Kulagin A. P., Tarkan A. V., Buzunovskiy R. S. *Taksatsionno-lesoustroitel'nyy spravochnik* [Taxation and forest inventory guide]. Minsk, Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo Publ., 2019. 335 p. (In Russian).
15. Yurkevich I. D. *Dubravyy Belorusskoy SSR i ikh vosstanovleniye* [Oak forests of the Belorussian SSR and their rehabilitation]. Minsk, Izdatel'stvo AN BSSR Publ., 1960. 272 p. (In Russian).
16. Grummo D. G., Sak M. M. Dynamics of forest vegetation in the area of Chernobyl accident. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2013, issue 73: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 416–432 (In Russian).
17. Kudin M. V. Current state of pine forests of the Belarusian sector in the exclusion zone of the Chernobyl NPS. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2015, issue 75: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 468–479 (In Russian).
18. Gel'tman V. S. *Geograficheskiy i tipologicheskiy analiz lesnoy rastitel'nosti Belorussii* [Geographical and typological analysis of forest vegetation of Belarus]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1982. 326 p. (In Russian).
19. Kudin M. V., Shumak S. V. Forest resources of the exclusion zone and their development in post-chernobyl period. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2017, issue 77: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 205–220 (In Russian).
20. Uglyanets A. V., Garbaruk D. K. The structure of oak forests in Polesye State Radiation-Ecological Reserve. *Trudy Berezinskogo biosfernogo zapovednika* [Works of the Berezinsky Biosphere Reserve], 2017, issue 12: Specially protected natural territories of Belarus. Researches, pp. 175–191 (In Russian).
21. Kudin M. V. Dynamics of taxon-forestry indices of stands in Polesye State Radiation-Ecological Reserve. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2008, issue 68: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 327–338 (In Russian).
22. Gel'tman V. S., Moiseenko I. F. *Poymennyye lesa Prip'yati i ikh transformatsiya v svyazi s melioratsiyey* [Floodplain forests of Prip'yat and their transformation in connection with land reclamation]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1990. 118 p. (In Russian).
23. Ivanyuk I. D. The oak stands condition and capability of the Right-bank Polissia of Ukraine. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2017, issue 77: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 299–307 (In Russian).
24. Lapa V. V., Tsybul'ko N. N., Tsyribko V. B., Ustinova A. M., Chervan' A. N., Logachev I. A., Kudin M. V., Antipenko O. N. *Pochvy Poles'skogo gosudarstvennogo radiatsionno-ekologicheskogo zapovednika* [Soils of Polesye State Radiation-Ecological Reserve]. Minsk, IVTs Minfina Publ., 2019. 97 p. (In Russian).
25. Lazareva M. S., Klimovich L. K., Klimov A. V. Features of the formation of oxalis oak forest. *Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny* [Proceedings of Francisk Scorina Gomel State University], 2020, no. 6 (123): Natural sciences, pp. 50–55 (In Russian).
26. Dubovik D. V., Skuratovich A. N., Kudin M. V., Garbaruk D. K., Uglyanets A. V., Savchuk S. S., Saulov A. O., Turchin L. M., Shumak S. V. *Biologicheskoye raznoobrazie Poles'skogo radiatsionno-ekologicheskogo zapovednika: sosudistyye rasteniya* [Biological diversity of the Polesye Radiation-Ecological Reserve: vascular plant]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2021. 234 p. (In Russian).
27. Usenya V. V., Gordey N. V., Teglenkov E. A. Features of reforestation on large burned areas in Polesye State Radiation-Ecological Reserve. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi*

[Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2018, issue 78: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 104–113 (In Russian).

28. Litvinova A. N. The role of leaf-eating insects in the drying of floodplain oak forests. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 1998, issue 48: Oak – a breed of the third millennium, pp. 349–352 (In Russian).

29. Fedorov N. I. Phytopathological condition of Belarusian oak forests. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 1998, issue 48: Oak – a breed of the third millennium, pp. 295–301 (In Russian).

30. Uglyanets A. V., Vlasov B. P., Khmelevskiy V. I., Rudakovskiy I. A., Gigevich G. S., Arkhipenko T. V., Chekan G. S. *Vodnyye resursy Natsional'nogo parka "Pripyatskiy", ikh vliyaniye na sostoyaniye lesnykh ekosistem* [Water resources of the National park "Pripyatskiy", their influence on a forest ecosystems condition]. Minsk, BGPU Publ., 2007. 163 p. (In Russian).

31. Smolyak L. P. *Osnovy ucheniya o rastitel'nom pokrove* [Fundamentals of the doctrine of vegetation cover]. Minsk, Rotaprint BTI Publ., 1986. 50 p. (In Russian).

32. Korovkin O. A. *Anatomiya i morfologiya vysshikh rasteniy* [Anatomy and morphology of higher plants]. Moscow, Drofa Publ., 2007. 268 p. (In Russian).

Информация об авторах

Углянец Анатолий Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела экологии растительных комплексов. Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (247618, г. Хойники, ул. Терешковой, 7, Республика Беларусь). E-mail: uhlianets@mail.ru

Гарбарук Дмитрий Константинович – заведующий отделом экологии растительных комплексов. Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (247618, г. Хойники, ул. Терешковой, 7, Республика Беларусь). E-mail: dima.garbaruk.77@mail.ru

Шумак Светлана Васильевна – младший научный сотрудник отдела экологии растительных комплексов. Полесский государственный радиационно-экологический заповедник (247618, г. Хойники, ул. Терешковой, 7, Республика Беларусь). E-mail: shumaksvetlana@mail.ru

Information about the authors

Uglyanets Anatoliy Vladimirovich – PhD (Agriculture), Leading Researcher, the Department of Ecology of Vegetative Complexes. Polesye State Radiation-Ecological Reserve (7, Tereshkova str., 247618, Khoyniki, Republic of Belarus). E-mail: uhlianets@mail.ru

Garbaruk Dmitriy Konstantinovich – Head of the Department of Ecology of Vegetative Complexes. Polesye State Radiation-Ecological Reserve (7, Tereshkova str., 247618, Khoyniki, Republic of Belarus). E-mail: dima.garbaruk.77@mail.ru

Shumak Svetlana Vasilyevna – Junior Researcher, the Department of Ecology of Vegetative Complexes. Polesye State Radiation-Ecological Reserve (7, Tereshkova str., 247618, Khoyniki, Republic of Belarus). E-mail: shumaksvetlana@mail.ru

Поступила 07.02.2022

ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

FOREST REGENERATION AND FOREST GROWING

УДК 630*232.329.9

А. А. Беспалый¹, И. В. Соколовский²

¹Национальный парк «Припятский»

²Белорусский государственный технологический университет

ПРИРОСТ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО ПО ВЫСОТЕ В ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ПРИПЯТСКИЙ»

Изучены условия произрастания насаждений дуба черешчатого в пойме р. Припять, а также климатические показатели по месяцам (осадки и температура воздуха). Определен годовой прирост побегов дуба черешчатого в возрасте 5, 7 и 11 лет. Установлено, что молодые дубки в течение вегетационного периода формируют первый, второй и иногда третий прирост по высоте в зависимости от климатических показателей. По данным исследований сделан вывод, что наибольшее влияние на годовой прирост в высоту оказывает температура воздуха. Годовой прирост дубков в исследуемых культурах на дерново-подзолистой временно избыточно увлажняемой песчаной почве (прирусловая пойма) варьирует по годам от 6 до 90 см и на дерновой глееватой супесчаной почве (центральная пойма) – от 14 см до 1 м. Отмечается массовое повреждение молодых побегов дуба животными (заяц, косуля, олень).

Ключевые слова: пробная площадь, дуб черешчатый, лесные культуры, прирост, пойма, почва, осадки, температура, возраст.

Для цитирования: Беспалый А. А., Соколовский И. В. Прирост дуба черешчатого по высоте в лесных культурах национального парка «Припятский» // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 67–71.

A. A. Bospalyy¹, I. V. Sokolovskiy²

¹Pripyatsky National Park

²Belarusian State Technological University

THE GROWTH OF THE PETIOLATE OAK IN HEIGHT IN FOREST CROPS PRIPYATSKY NATIONAL PARK

The conditions of growth of oak stands in the floodplain of the Pripyat river, as well as climatic indicators by month (precipitation and air temperature) were studied. The annual growth of stalked oak shoots at the age of 5, 7 and 11 years was determined. It has been established that young oaks during the growing season form the first, second and sometimes third growth in height, depending on climatic indicators. According to the research data, it is concluded that the air temperature has the greatest influence on the annual increase in height. The annual growth of oak trees in the studied crops on sod-podzolic temporarily excessively moistened sandy soil (near-river floodplain) varies by year from 6 cm to 90 cm and sod gleevate sandy loam soil (central floodplain) from 14 cm to 1 m. There is massive damage to young oak shoots by animals (hare, roe deer, deer).

Key words: trial area, petiolate oak, forest crops, growth, floodplain, soil, precipitation, temperature, age.

For citation: Bospalyy A. A., Sokolovskiy I. V. The growth of the petiolate oak in height in forest crops Pripyatsky National Park. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 67–71 (In Russian).

Введение. Государственной программой развития особо охраняемых природных территорий предусмотрено восстановление пойменных дубрав. В национальном парке «Припятский» одним

из перспективных способов сохранения и увеличения площади дубрав в пойме является создание искусственных насаждений данной древесной породы [1–4].

Основная часть. В качестве объектов исследования заложены пробные площади (ПП) в культурах дуба черешчатого, созданные в 2010 г. в прирусловой (ПП 1 (фото 1)) и центральной (ПП 2 (фото 2)) частях поймы. На объектах подготовка почвы проводилась плугом ПКЛ-70. Схема посадки 2,5×1,0 м.



Фото 1. Культуры дуба ПП 1



Фото 2. Культуры дуба ПП 2

Посадка однолетних сеянцев дуба черешчатого проводилась в дно борозды под меч Колесова. Агротехнические уходы велись в год посадки и на второй год мотокосой. Целью работы являлось установление прироста в высоту дуба черешчатого, произрастающего в искусственных насаждениях в зависимости от почвенно-климатических условий. Оценка прироста дуба проводилась в 2015, 2017 и 2021 гг.

Проведены наблюдения по определению среднемесячной температуры и количеству осадков в вегетационный период (май – сентябрь), а также продолжительности стояния паводковых вод.

Лесные культуры на ПП 1 произрастают на дерново-подзолистой временно избыточно увлажняемой пойменной песчаной почве с мощностью гумусового горизонта 15–20 см и содержанием в нем гумуса в пределах 2–3% (табл. 1, 2).

Почва характеризуется кислой реакцией среды, очень низкой обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием.

Уровень грунтовых вод в августе опускается глубже двух метров.

На ПП 2 почвенный покров представлен дерновой глееватой супесчаной почвой.

Мощность гумусового горизонта варьирует от 10 см на микроповышениях до 15–20 см в микропонижениях при содержании гумуса 2,0–3,5%. Почва характеризуется слабокислой реакцией среды, очень низкой обеспеченностью подвижным фосфором и средней обеспеченностью обменным калием (табл. 2) [5, 6]. Уровень грунтовых вод в летний период опускается на глубину 1,5–2,0 м.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв

Пробная площадь	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Размер частиц, см					Название гранулометрического состава
			3–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,01	менее 0,01	
1	A ₁	5–10	–	1,1	11,1	80,6	7,2	Песок связный
	A ₂	30–40	–	–	–	97,0	3,0	Песок рыхлый
	B _{1g}	70–90	–	–	2,3	94,1	3,6	Песок рыхлый
2	A ₁	5–15	–	2,7	13,4	66,3	17,6	Супесь связная
	B _{1g}	20–50	0,6	1,5	1,5	78,3	18,1	Супесь связная
	B _{2g}	70–120	1,6	1,4	66,8	22,0	4,2	Песок рыхлый

Таблица 2

Агрохимические свойства почв

Пробная площадь	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	рН в КСl	Са + Mg		ГК	Насыщенность основаниями, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
					мг-экв. на 100 г почвы					
1	A ₁	5–10	2,04	4,2	3,4	3,2	52	3,2	2,3	
	A ₂	30–40	–	4,5	3,9	2,7	59	1,4	2,9	
	B _{1g}	70–90	–	4,7	3,2	1,3	71	3,9	2,4	
2	A ₁	5–15	3,02	5,1	7,2	4,6	61	0,8	10,2	
	B _{1g}	20–50	0,18	5,2	6,4	3,1	67	0,8	6,6	
	B _{2g}	70–120	–	5,8	8,0	0,7	92	1,2	14,0	

Таблица 3

Прирост дуба черешчатого по высоте

Год	Пробная площадь	Количество деревьев на ПП, шт.	Средняя высота, см	Текущий прирост дуба черешчатого					
				Первый		Второй		Третий	
				Средний	Наибольший	Средний	Наибольший	Средний	Наибольший
2015	1	798	42 ± 15,4	5,7 ± 2,3	30,0	7,6 ± 2,5	30,0	–	–
	2	754	28 ± 10,7	2,9 ± 1,6	26,0	2,8 ± 1,1	9,0	–	–
2017	1	586	57 ± 22,5	5,1 ± 1,8	77,0	9,2 ± 2,6	78,0	6,0 ± 1,4	12
	2	489	49 ± 15,3	7,0 ± 1,9	70,0	7,2 ± 3,7	39,0	12,0 ± 2,2	52,0
2021	1	377	117 ± 20,5	20,5 ± 18,5	53,0	42,1 ± 25,1	70,0	32,0 ± 7,8	50,0
	2	312	96 ± 17,6	26,0 ± 16,9	57,0	42,5 ± 23,2	73,0	33,0 ± 5,6	40,0

Таблица 4

Средние показатели температуры воздуха и количества осадков

Год	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
	t, °C	Осадки, мм	t, °C	Осадки, мм	t, °C	Осадки, мм	t, °C	Осадки, мм	t, °C	Осадки, мм
2015	13,6	62	18,8	29	18,0	136	20,2	12	15,3	85
2017	14,4	33	17,7	54	18,1	115	20,4	44	14,4	51
2021	14,0	118	19,5	125	20,0	151	21,2	74	15,1	50

Исследуемые культуры дуба представляют две лесорастительные группы почв пойменных дубрав [5]. Исследование культур дуба показало, что в пойменных условиях, независимо от плодородия почвы, дуб черешчатый за вегетационный период формирует два, реже три прироста по высоте (табл. 3). В литературных источниках отмечается, что в благоприятных условиях дуб черешчатый может давать несколько побегов за год, образуя первый, второй и третий так называемый «иванов» побег [7].

Первый и второй текущий приросты по высоте отмечались за все периоды наблюдений, в то время как третий прирост в 2015 г. отсутствовал, на что, по-видимому, повлиял недостаток влаги из-за незначительного выпадения атмосферных осадков в июле и августе (табл. 4), а уровень грунтовых вод опустился на глубину 2,8 м. Годичный прирост по высоте у дубков на обоих участках варьирует в больших пределах в зависимости от микрорельефа, который оказывает сильное влияние на плодородие почвы и продолжительность стояния паводковых вод.

В исследуемых искусственных насаждениях дуба черешчатого в пойменных условиях у молодых дубков первый прирост в несколько раз меньше второго, что отмечалось нами ранее [8]. В 2015 г. очень засушливыми были апрель, и особенно июнь, август. В июле и сентябре количество осадков, наоборот, выше многолетней нормы в 2,5 и 1,3 раза. В зависимости от микрорельефа у отдельных экземпляров дуба черешчатого сформировался прирост в несколько раз больше среднего. Продолжительность весеннего паводка в годы исследования на ПП 1

составила 14–22 дня, на ПП 2 – 22–34 дня, что характеризует их как длительнопойменные участки [9]. До семилетнего возраста средний и максимальный прирост дубков в прирусловой пойме отмечается более высокий в сравнении с участком в центральной части поймы и это можно объяснить более продолжительным стоянием паводковых вод.

В исследуемых культурах среднее значение первого прироста по высоте меньше, чем второго, в большинстве случаев. Это, по-видимому, связано с созданием неблагоприятных условий в пойме для роста дуба в период стояния паводковых вод, избытка влаги и низкой прогреваемости воздуха и почвы. Годичный прирост в 2021 г. достиг наибольших значений на обоих участках, что скорее всего связано с высокой температурой воздуха (табл. 4). Достаточно большой годичный прирост трудно соотносится со средней высотой дуба в возрасте 11 лет. С учетом такого прироста дуб должен уже иметь высоту 4–6 м [10], но на участках лишь отдельные экземпляры достигли высоты 2 м. Это объясняется тем, что молодые побеги в осенний и зимний периоды повреждаются или полностью уничтожаются животными (заяц, косуля, олень). На опытных объектах у всех молодых дубков отмечается повреждение молодых побегов. Поэтому дубки формируют кустообразную форму, не многие из них способны сформировать ствол, чем и объясняется низкая средняя высота.

Заключение. В пойменных условиях дуб черешчатый за вегетационный период формирует два, реже три прироста по высоте в зависимости от теплообеспеченности, продолжительности

стояния паводковых вод, количества выпадающих осадков в вегетационный период. При незначительном количестве выпадающих осадков, глубоком опускании грунтовых вод в июле – августе третий прирост у дуба не формируется. Отмечается большое варьирование годичного прироста по высоте у молодых дубков как в прирусловой, так и центральной частях поймы в зависимости от микрорельефа, отрицательное

влияние травянистой растительности и быстрорастущих древесных пород, продолжительности и высоты стояния паводковых вод. Первый годичный прирост по высоте до десятилетнего возраста составляет от нескольких сантиметров до нескольких десятков сантиметров. Рост искусственных насаждений дуба черешчатого зависит от популяции животного мира (заяц, кося, олень).

Список литературы

1. Водные ресурсы Национального парка «Припятский», их влияние на состояние лесных экосистем: монография / А. В. Углынец [и др.]. Минск: БГПУ, 2007. 163 с.
2. Гельтман В. С., Моисеенко И. Ф. Пойменные леса Припяти и их трансформация в связи с мелиорацией. Минск: Наука и техника, 1990. 118 с.
3. Гримашевич В. В., Моховик И. В., Левенкова О. В. Пойменные дубравы Республики Беларусь и их состояние // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2007. Вып. 67: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 37–49.
4. Беспалый А. А., Соколовский И. В. Рост культур дуба в пойме реки Припять на территории Национального парка «Припятский» // Труды БГТУ. 2016. № 1: Лесное хоз-во. С. 103–105.
5. Беспалый А. А., Соколовский И. В. Лесорастительные группы почв пойменных дубрав Белорусского Полесья // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2018. № 1. С. 78–84.
6. Санько П. М. Естественные луга Беларуси, их характеристика и оценка. Минск: Наука и техника, 1983. 247 с.
7. Новосельцев В. Д., Бугаев В. А. Дубравы. М., Агропромиздат, 1985. 214 с.
8. Беспалый А. А., Соколовский И. В. Прирост дуба черешчатого искусственных насаждений Белорусского Полесья // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. Гомель, 2018. Вып. 78: Проблемы лесоведения и лесоводства. С. 126–132.
9. Соколовский И. В. Почвоведение. Минск: БГТУ, 2005. 330 с.
10. Соколовский И. В. Культуры дуба черешчатого на дерново-подзолистой суглинистой почве // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2019. № 2 (222). С. 114–118.

References

1. Uglyanets A. V., Vlasov B. P., Khmelevskiy V. I., Rudakovskiy I. A., Gigevich G. S., Arkhipenko T. V., Chekan G. S. *Vodnyye resursy Natsional'nogo parka "Pripyatskiy", ikh vliyaniye na sostoyaniye lesnykh ekosistem: monografiya* [Water resources of the National Park "Pripyat" and their impact on forest ecosystems: a monograph]. Minsk, BGPU Publ., 2007. 163 p. (In Russian).
2. Gel'tman V. S., Moiseenko I. F. *Poymennyye lesa Pripyati i ikh transformatsiya v svyazi s melioratsiyey* [Floodplain forests of Pripyat and their transformation in connection with land reclamation] Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1990. 118 p. (In Russian).
3. Grimashевич V. V., Mokhovik I. V., Levenkova O. V. Floodplain oak forests of the Republic of Belarus and their condition. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2016, issue 67: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 37–49 (In Russian).
4. Bepalyy A. A., Sokolovskiy I. V. Height oak crops in the flood plain of the Pripyat River in the territory of the Pripyatskiy National Park. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 1: Forestry, pp. 103–105 (In Russian).
5. Bepalyy A. A., Sokolovskiy I. V. Forest-growing groups of soils of floodplain oak forests of the Belarusian Polesie. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Managment. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 1: Forestry, pp. 78–84 (In Russian).
6. San'ko P. M. *Estestvennyye luga Belarusi, ikh kharakteristika i otsenka* [Natural meadows of Belarus, their characteristics and evaluation]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1983. 247 p. (In Russian).
7. Novoseltsev V. D., Bugaev V. A. *Dubravyy* [Oak forests]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 214 p. (In Russian).
8. Bepalyy A. A., Sokolovskiy I. V. Increment of pedunculate oak in artificial plantations of Belarusian Polissya. *Sbornik nauchnykh trudov Instituta lesa NAN Belarusi* [Collection of Scientific Papers of the Forest

Institute of the NAS of Belarus]. Gomel', 2016, issue 78: Problems of Silviculture and Forest Management, pp. 126–132 (In Russian).

9. Sokolovskiy I. V. *Pochvovedeniye* [Soil Science]. Minsk, BGTU Publ., 2005. 330 p. (In Russian).

10. Sokolovskiy I. V. Cultures of pedunculate oak on sod-podzolic loamy soil. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Managment. Processing of Renewable Resources, 2019, no. 1, pp. 114–118 (In Russian).

Информация об авторах

Беспалый Андрей Александрович – начальник научного отдела. Национальный парк «Припятский» (247946, Гомельская обл., Петриковский р-н, а. г. Лясковичи, ул. Глушко, 7а, Республика Беларусь). E-mail: andrei.bespalyi@mail.ru

Соколовский Иван Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: sivsoc@mail.ru

Information about the authors

Bespalyy Andrey Aleksandrovich – Head of the scientific department. Pripyatsky National park (7a, Glushko str., 247946, agro-town Lyaskovichi, Petrikov district, Gomel region, Republic of Belarus). E-mail: andrei.bespalyi@mail.ru

Sokolovskiy Ivan Vasilievich – PhD (Agriculture), Associate Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sivsoc@mail.ru

Поступила 10.03.2022

УДК 630*232

В. В. Носников, А. В. Юреня, О. А. Селищева, А. М. Граник, М. Alam
Белорусский государственный технологический университет

**ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЛАЖНОСТИ СУБСТРАТА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗЫ ВНЕСЕНИЯ СМАЧИВАТЕЛЯ**

В статье изложены результаты исследований влияния различных доз смачивателя Fiba-zorb plus в составе субстрата на основе верхового торфа на поглощение влаги при поливе. Дозировка смачивателя в эксперименте составила 1, 2 и 3 кг/м³. Перед поливом торфяной субстрат был высушен до различных значений влажности с целью создания разных условий, которые могут наблюдаться при выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой в теплице: критическая влажность (при влажности субстрата около 10% на абсолютно сухую навеску), нижний технологический уровень влажности (при влажности субстрата около 45% на влажную сухую навеску). При таких условиях были установлены: скорость впитывания воды комом торфяного субстрата, влажность после полива, потеря влаги субстратом при различных температурах. Таким образом, с помощью поставленного эксперимента была установлена оптимальная дозировка смачивателя Fiba-zorb plus, которая составила 2 кг/м³. При такой дозировке субстрат лучше впитывает влагу, повышается равномерность его смачивания и продолжительность удержания им воды.

Ключевые слова: субстрат торфяной, влажность субстрата, смачиватель, скорость впитывания, фильтрация.

Для цитирования: Носников В. В., Юреня А. В., Селищева О. А., Граник А. М., Alam М. Динамика показателей влажности субстрата в зависимости от дозы внесения смачивателя // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 72–78.

V. V. Nosnikov, A. V. Yurenya, O. A. Selishcheva, A. M. Granik, M. Alam
Belarusian State Technological University

**DYNAMICS OF SUBSTRATE HUMIDITY INDICATORS DEPENDING
ON THE DOSE OF WETTING AGENT**

The article presents the results of studies of the effect of various doses of the wetting agent “white” “Fiba-zorb plus” in the composition of the substrate based on peat on the absorption of moisture during irrigation. The dosage of the wetting agent in the experiment was 1, 2 and 3 kg/m³. Before watering, the peat substrate was dried to various moisture levels in order to create various conditions that can be observed when growing container planting material in a greenhouse: critical humidity (at a substrate moisture content of about 10% for an absolutely dry sample), lower technological level (at a substrate moisture content of about 45% per wet dry sample). Under such conditions, the following were established: the rate of water absorption by a lump of peat substrate, humidity after irrigation, loss of moisture by the substrate at various temperatures. Thus, with the help of the experiment, the optimal dosage of the wetting agent “Fiba-zorb plus” was established, which was 2 kg/m³. With this dosage, the substrate absorbs moisture better, the uniformity of wetting and the duration of water retention by the substrate increase.

Key words: peat substrate, substrate moisture, wetting agent, absorption rate, filtration.

For citation: Nosnikov V. V., Yurenya A. V., Selishcheva O. A., Granik A. M., Alam M. Dynamics of substrate humidity indicators depending on the dose of wetting agent. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 72–78 (In Russian).

Введение. Верховой торф является наиболее распространенным компонентом растительных питательных сред. Гидрофобные органические вещества, такие как воски, смолы и органические кислоты, образуют неполярные «покрытия» на поверхности торфа [1]. Поэтому когда влажность субстрата уменьшается до 40% и ниже, эти компоненты могут проявлять гидрофобные свойства, и субстрат не может в достаточной

степени повторно впитывать влагу [2, 3]. Смачивающие агенты обычно смешиваются с субстратом для улучшения начального и повторного смачивания [4]. Они улучшают смачиваемость, водоудерживающую способность и воздухопроницаемость субстратов. Смачивающие агенты также могут улучшить рост и развитие растений за счет оптимизации доступности воды и питательных веществ для растений [1].

Особенно это важно для регионов с засушливым климатом, например стран Средиземноморья, где для использования прямого полива при лесовосстановлении важна высокая инфильтрационная способность почвы [5].

Существует три типа добавок, которые помогают преодолеть гидрофобные свойства торфяных субстратов [6, 7]: минеральные добавки (глина, кирпичная пыль, перлит, вермикулит, песок и цеолиты), синтетические органические добавки (неионогенные, амфотерные, катионные, анионные, пенополиуретановые и суперадсорбирующие полимеры) и натуральные органические добавки (растительные экстракты, например сапонины, юкка). Смачивающие агенты обычно вносятся во время производства питательных субстратов или при увлажнении. Иногда они поступают через системы полива. Несмотря на положительные свойства смачивателей, имеются сведения о некоторых неблагоприятных эффектах данных веществ на рост и развитие растений. Согласно литературным данным [8], смачиватели могут оказывать различное влияние на физиологические и метаболические процессы в растениях. Катионные смачиватели заряжены положительно и могут быть вредны для растений, поскольку могут нарушать ионный баланс клеточной мембраны. Неионногенные смачиватели не имеют заряда в растворе, химически менее активны и менее фитотоксичны, чем катионные или анионные [9]. Неионогенные смачиватели наиболее часто используются в растениеводстве. Большинство смачивающих агентов не опасны для растений, когда они применяются в рекомендованных дозировках. Однако при более высоких дозах некоторые смачиватели могут оказывать неблагоприятное воздействие на биохимические процессы, усиливая активность ферментов [8]. Отдельные вещества могут вызывать проблемы с проницаемостью клеточных мембран, которые влияют на количество и скорость поглощения и перемещения питательных веществ в растениях [8, 10]. Корневые системы растений могут быть чрезвычайно чувствительны к высоким дозировкам смачивающего агента, потому что их тонкие корни не имеют воскового слоя кутикулы, препятствующего абсорбции [8]. Высокие дозировки смачивателей могут подавлять прорастание семян и дальнейший рост корешков, а также приводить к появлению фаутовых, блеклых и медленно растущих растений [10]. Так, авторы публикации [11] приводят данные о неблагоприятном воздействии при дозировке, втрое превышающей рекомендуемую.

Основная часть. При выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой в теплице формируется повышенная температура,

способствующая быстрому высыханию торфяного субстрата. Впоследствии торф увеличивает гидрофобность, и с помощью полива сложно повторно увлажнить его до оптимального режима влажности. С целью изучения возможности лучшего промачивания торфяного субстрата был поставлен эксперимент с применением специализированного смачивателя Fiba-zorb plus.

Для постановки эксперимента из одной партии был отобран субстрат на основе верхового торфа, применяемый для выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. Этот субстрат достиг влажности воздушно-сухого состояния, и в нем для достоверности определения удерживаемой влаги была определена абсолютная влажность методом высушивания при температуре 105°C [12].

Влажность торфяного субстрата для проведения анализа при расчете на абсолютно сухую навеску составила в среднем 36,53%, на влажную – 26,76%. Динамика показателя влажности по образцам очень незначительная, что позволяет принять исходный торфяной субстрат для эксперимента, как имеющий равномерную влажность.

По результатам анализа содержания влаги в воздушно-сухом субстрате были приготовлены варианты опыта с применением смачивателя Fiba-zorb plus. Торфяной субстрат в воздушно-сухом состоянии объемом 2 дм³ тщательно смешивался со смачивателем. Доза смачивателя устанавливалась из расчета по вариантам опыта 1, 2 и 3 кг/м³ торфяного субстрата. Также для сравнения был использован чистый субстрат без применения смачивателя.

Для каждого варианта определялось количество воды, необходимое для достижения влажности субстрата приблизительно 50%. В качестве увлажнителя с целью исключения влияния карбонатов использовалась дистиллированная вода. Расчет влажности осуществлялся с учетом содержащейся влаги в воздушно-сухом субстрате. После добавления воды субстрат тщательно перемешивался до достижения образцом равномерного увлажнения.

Из каждого варианта торфяного субстрата, смешанного со смачивателем Fiba-zorb plus, были отобраны в чашки с отверстием на дне образцы для определения скорости впитывания. Объем чашек составлял 135 мл. Торфяной субстрат в них уплотнялся для имитации набивки кассет специализированной линией при производстве посадочного материала с закрытой корневой системой. Масса образцов в чашках составляла 33–34 г.

Каждый вариант опыта был заложен в трехкратной повторности (табл. 1) для установления достоверности закладываемого эксперимента.

Таблица 1

Влажность торфяного субстрата при проведении анализа

Вариант опыта	Масса, г			Влажность субстрата на влажную навеску, %	
	чашки с субстратом		субстрата	при замешивании	через сутки
	при замешивании	через сутки			
3 кг/м ³	177,58	174,01	33,19	51,1	45,2
	180,76	177,29	34,00	51,0	45,4
	187,34	183,91	33,20	51,6	46,1
2 кг/м ³	170,62	167,19	33,77	50,5	44,9
	170,93	167,29	33,40	50,6	44,5
	179,72	176,32	33,63	51,0	45,5
1 кг/м ³	184,62	180,76	33,48	51,4	45,1
	178,74	174,86	33,38	51,1	44,6
	165,46	161,71	33,31	50,3	44,0
Контроль	183,80	179,88	33,67	51,3	44,9
	174,74	170,54	33,14	50,9	43,8
	180,69	176,84	33,65	51,1	44,8
Среднее значение			33,49	50,98	44,89

Таблица 2

Влияние смачивателя Fiba-zorb plus на изменение влажности торфяного субстрата при поливе

Вариант опыта	Влажность субстрата, %			Масса впитанной воды, г	
	на влажную навеску		средняя	поглощенной субстратом	средняя
	до увлажнения	после увлажнения			
3 кг/м ³	45,2	77,1	76,45	41,31	39,38
	45,4	76,4		40,12	
	46,1	75,8		36,70	
2 кг/м ³	44,9	77,0	77,03	42,39	42,02
	44,5	77,4		43,35	
	45,5	76,7		40,32	
1 кг/м ³	45,1	77,1	77,13	41,31	42,12
	44,6	77,1		41,82	
	44,0	77,3		43,24	
Контроль	44,9	76,3	75,70	39,45	37,92
	43,8	75,2		36,61	
	44,8	75,6		37,71	

В среднем по образцам в чашках масса торфяного субстрата составила 33,49 г с малым диапазоном различия от 33,14 до 34,00 г, что обеспечивало однородные условия проведения эксперимента.

Для равномерного уплотнения при набивке чашек использовался влажный субстрат. В среднем его влажность на влажную навеску составляла 50,98% с диапазоном различия от 50,3% до 51,6%.

Перед началом эксперимента влажность субстрата была предварительно снижена до уровня, близкого к нижней границе необходимости полива кассет при выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой в теплице. Потеря влажности за сутки при температуре +22°C составляла в среднем 6,1%. Влажность в образцах субстрата была в среднем 44,89% с диапазоном различия от 43,8 до 46,1%.

В дальнейшем было проведено определение количества поглощаемой влаги и скорости

фильтрации торфяного субстрата при поливе. В каждую чашку приливалось 50 мл дистиллированной воды с созданием слоя-напора на субстрате, который составлял в среднем около 1 см. Определялась скорость впитывания влаги по полному исчезновению водного слоя с поверхности. После впитывания воды через 20 мин, когда фильтруемая сквозь торфяной субстрат влага прекращала просачиваться с нижнего отверстия чашки, была определена масса чашек с субстратом для установления количества поглощенной воды (табл. 2).

Анализируя результаты влияния смачивателя Fiba-zorb plus на регулирование влажности торфяного субстрата при поливе (табл. 3), было установлено, что его влажность после полива увеличилась в среднем от 44,89 до 76,58%.

Эта величина несколько превышает верхний предел влажности торфяного субстрата, которой необходимо достичь при поливе во

время выращивания сеянцев с закрытой корневой системой. Отмечены небольшие различия по средней величине влажности субстрата по вариантам опыта. Варианты с внесением смачивателя 1 и 2 кг/м³ достигли влажности субстрата более 77%, с дозировкой 3 кг/м³ она составила в среднем 76,45%, а в контрольном варианте без внесения смачивателя – 75,70%. Аналогичные различия большей величины были установлены при определении массы впитанной воды субстратом. Варианты с внесением смачивателя 1 и 2 кг/м³ впитали более 42 мл воды, с дозировкой 3 кг/м³ объем воды в среднем составил 39,4 мл, а в контрольном варианте без внесения смачивателя – 37,9 мл.

В табл. 3 представлены результаты определения влажности субстрата при расчете ее на абсолютно сухую навеску. Также установлена скорость впитывания субстратом воды по вариантам опыта с учетом влияния смачивателя Fiba-zorb plus.

Как видно из табл. 3, после добавления дистиллированной воды средняя влажность образцов торфяного субстрата с внесением 1 и 2 кг/м³ достигла более 335% на абсолютно сухую навеску, тогда как при дозировке 3 кг/м³ в среднем она составила 324,9%. В контрольном варианте без внесения смачивателя она значительно ниже и составила в среднем 311,6%. Существенные различия были установлены по скорости впитывания торфяным субстратом слоя влаги с поверхности с различной дозой внесения смачивателя. При дозировке смачивателя 2 кг/м³ время впитывания слоя напора составило в среднем 12,47 с, при дозировке 1 кг/м³ – 14,87 с, а при дозировке 3 кг/м³ и в контрольном варианте – более 20,52 с.

Предварительно можно отметить, что на увлажнение субстрата добавление смачивателя Fiba-zorb plus оказывает положительное влияние при дозировке 1 и 2 кг/м³. Это способствует

увеличению удерживаемой влаги более чем на 1% из расчета на влажную навеску, различия по впитыванию влаги из расчета на абсолютно сухую навеску более значительные и составили более 25% по сравнению с контролем. Также при дозировке 1 кг/м³ и особенно 2 кг/м³ скорость впитывания торфяного субстрата в 1,6 раза выше по сравнению с контролем и дозировкой 3 кг/м³.

При выращивании посадочного материала в теплице в вегетационный период при повышенных температурах летом часто происходит быстрое иссушение торфяного субстрата. В это время в теплице температура может достигать 30°C и более. Для имитации данного процесса в лабораторных условиях субстрат был подсушен при температуре 50°C в течение 10 ч, чтобы установить влияние различных доз смачивателя на удержание влаги субстратом при высыхании, а также на последующее ее впитывание и скорость промачивания (табл. 4).

Как видно из табл. 4, после высушивания субстрата при температуре 50°C, наибольшую влажность имели образцы торфяного субстрата с дозировкой 2 кг/м³, которая достигла в среднем 14,27% при расчете влажности на абсолютно сухую навеску. Несколько ниже она наблюдалась в субстратах с дозировкой 1 кг/м³ – в среднем 9,35%. В варианте с дозировкой 3 кг/м³ она оказалась значительно ниже – 6,77%, что меньше значения контрольного образца, в котором она составила 7,79%.

После увлажнения субстрата наибольшее количество поглотили варианты с дозировкой 2 кг/м³ – в среднем 166,24%, при дозировке 3 кг/м³ – 130,11%, при дозировке 1 кг/м³ – 104,22%, в контрольном варианте без внесения смачивателя эта цифра составила 110,35%.

Таблица 3

Скорость промачивания торфяного субстрата в пределах диапазона увлажнения по ТУ

Вариант опыта	Влажность субстрата, %			Скорость впитывания воды, с	
	на абсолютно сухую навеску		средняя	по вариантам опыта	средняя
	до увлажнения	после увлажнения			
3 кг/м ³	82,3	336,6	324,85	15,56	20,53
	83,2	323,9		21,18	
	85,4	314,0		24,85	
2 кг/м ³	81,3	334,7	335,40	10,34	12,47
	80,3	343,0		11,49	
	83,6	328,5		15,59	
1 кг/м ³	82,0	335,8	337,33	13,93	14,87
	80,6	336,6		14,64	
	78,5	339,6		16,04	
Контроль	81,3	321,8	311,60	17,07	20,52
	77,8	302,8		26,88	
	81,1	310,2		17,60	

Таблица 4

Скорость промачивания торфяного субстрата при сильном высыхании

Вариант опыта	Влажность субстрата на абсолютно сухую навеску, %			Скорость впитывания воды, мин/с/сотые	
	до увлажнения	после увлажнения	средняя до/после	по вариантам опыта	средняя
3 кг/м ³	3,7	129,3	6,77/130,11	11/21/85	12/07/80
	12,8	138,9		11/26/97	
	3,9	122,1		13/34/59	
2 кг/м ³	17,0	176,9	14,27/166,24	07/36/82	07/09/39
	15,6	174,5		06/18/41	
	10,2	147,4		07/32/93	
1 кг/м ³	4,2	98,8	9,35/104,22	08/11/74	07/23/85
	12,6	106,1		07/01/08	
	6,6	107,7		06/58/74	
Контроль	17,6	135,0	7,79/110,35	09/13/14	08/41/54
	9,5	120,3		07/52/07	
	1,0	75,8		08/59/41	

По сравнению с впитыванием воды влажным субстратом в первом эксперименте скорость впитывания значительно снизилась от десятков секунд до нескольких минут. При дозировке 2 кг/м³ впитывание слоя-напора составило в среднем 7 мин 09,39 с, при дозировке 1 кг/м³ – 7 мин 23,85 с, а при дозировке 3 кг/м³ – более 12 мин 07,80 с. В контрольном варианте время впитывания воды оказалось ниже, чем при дозировке 3 кг/м³, и составило 8 мин 41,54 с.

В целом можно отметить, что значительное высыхание субстрата отрицательно влияет на его последующее смачивание. При внесении воды сильно высушенный субстрат смачивался не полностью, и влажность после смачивания составила по вариантам опыта от 75,8 до 176,9% на абсолютно сухую навеску, тогда как при увлажнении более влажного субстрата после смачивания (табл. 3) она достигала от 302,8 до

343,0% на абсолютно сухую навеску. Наибольшее количество влаги впитали образцы торфяного субстрата с дозировкой 2 кг/м³. При этом в обоих экспериментах происходила фильтрация влаги сквозь торфяной субстрат. Также скорость впитывания влаги торфяного субстрата при его значительном иссушении достигла наивысшего значения при дозировке смачивателя 2 кг/м³.

При выращивании посадочного материала в теплице в оптимальных условиях с регулированием температуры также происходит постепенное высыхание торфяного субстрата. В этот период в теплице температура обычно составляет около 30°C. В лабораторных условиях субстрат был также подсушен при температуре 30°C в течение 2 суток до снижения влажности, чтобы установить влияние смачивателя на удержание влаги, а также на последующее ее впитывание и скорость промачивания (табл. 5) после подсыхания субстрата.

Таблица 5

Скорость промачивания торфяного субстрата при нормальном иссушении

Вариант опыта	Влажность субстрата на абсолютно сухую навеску, %			Скорость впитывания воды, мин/с/сотые	
	до увлажнения	после увлажнения	средняя до/после	по вариантам опыта	средняя
3 кг/м ³	56,4	211,7	48,19/205,05	04/25/09	03/21/66
	53,3	234,2		03/16/26	
	34,9	169,2		02/23/64	
2 кг/м ³	69,3	265,3	65,39/250,93	01/56/47	02/27/15
	72,2	265,6		02/02/89	
	54,8	222,0		03/22/10	
1 кг/м ³	36,9	153,4	47,86/166,58	06/07/90	05/16/50
	44,2	172,1		04/28/11	
	42,5	174,3		05/13/48	
Контроль	64,8	213,7	41,17/177,58	05/06/18	05/19/79
	55,9	185,8		05/24/29	
	23,0	133,3		05/28/89	

По результатам исследования (табл. 5) после высушивания субстрата при температуре 30°C наибольшее количество воды удержали образцы с дозировкой 2 кг/м³, где влажность достигла в среднем 65,39% при расчете на абсолютно сухую навеску. Несколько ниже она оказалась в субстратах с дозировкой 1 и 3 кг/м³ – в среднем 47,86 и 48,19% по вариантам опыта соответственно. В контрольном варианте влажность еще более снизилась и составила в среднем 41,17%. После увлажнения субстрата наибольшее количество влаги поглотили варианты с дозировкой 2 кг/м³ – в среднем 250,93%, при дозировке 3 кг/м³ – 205,05%, при дозировке 1 кг/м³ – 166,58%, в контрольном варианте без внесения смачивателя влажность составила 177,58%. По сравнению с впитыванием воды торфяным субстратом в первом эксперименте скорость впитывания значительно снизилась от десятков секунд до нескольких минут. При дозировке 2 кг/м³ впитывание слоя-напора составило в среднем 2 мин 27,15 с, при дозировке 3 кг/м³ – 3 мин 21,66 с, а при дозировке 1 кг/м³ и в контрольном варианте оно имело близкие средние значения – 5 мин 16,50 с и 5 мин 19,79 с соответственно. Это говорит о том, что эффективность действия

смачивателя во многом определяется влажностью субстрата.

При внесении воды влажность после смачивания составила по вариантам опыта от 133,3 до 265,6% на абсолютно сухую навеску. Наибольшее количество влаги впитали образцы торфяного субстрата с дозировкой 2 кг/м³. Также скорость впитывания влаги торфяного субстрата при его значительном иссушении наивысшего значения достигла при дозировке смачивателя 2 кг/м³.

Заключение. По результатам экспериментов можно отметить, что при увлажнении торфяного субстрата добавление смачивателя Fibazorb plus оказывает положительное влияние на водный режим семян с закрытой корневой системой. Оптимальная дозировка смачивателя составляет 2 кг/м³, при которой происходит наибольшее удержание влаги в процессе постепенного высушивания. Это подтверждается при различных режимах высушивания (при температуре 50 и 30°C). Также при такой дозировке достигается лучшая скорость промачивания субстрата при различных режимах высушивания и наивысшая влагопоглотительная способность.

Список литературы

1. Fields J. S., Fonteno W. C., Jackson B. E. Hydration efficiency of traditional and alternative greenhouse substrate components // *HortScience*. 2014. No. 49. P. 336–342.
2. Reed D. W. *Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops*. Illinois, USA: Ball Publishing Inc., 1996. 324 p.
3. Michel J. C., Rivière L. M., BellonFontaine M. N. Measurement of the wettability of organic materials in relation to water content by capillary rise method // *Eur. J. Soil Sci.* 2001. No 52. P. 459–467.
4. Michel J. C. Influence of clay addition on physical properties and wettability of peat growing media // *HortScience*. 2009. No. 44. P. 1694–1697.
5. Martínez de Azagra Paredes A., Del Río San José J., Reque Kilchenmann J., Diez Hernández J. M., Sanz Ronda F. J. Methods for Watering Seedlings in Arid Zones // *Forests*. 2022. No. 13. P. 351. DOI:10.3390/f13020351.
6. Bragg N., McCann A. The use of wetting agents in modern substrates production // *Peat in Horticulture Additives in Growing Media: International Peat Symposium*. Amsterdam, 2003. 95 p.
7. Cattivello C. Behaviour of natural wetting agents by plant extracts on peat-based substrates // *Acta Hort.* 2009. No. 819. P. 235–242.
8. Tu M., Randall J. M. Adjuvants. Chapter 8 // *Tools & Techniques for Use in Natural Areas*. Washington: Utah State University, 2001. P. 171–175.
9. Bunt A. C. *Media and Mixes for Container Grown Plants*. London, UK: Unwin Hymen Ltd., 1988. 309 p.
10. Czarnota M., Thomas P. Using surfactants, wetting agents, and adjuvants // *Greenhouse Bulletin* 2013. No. 1314. P. 8.
11. Reza Nematy M., Jeong K. Y. Wetting agent effects on plant growth // *Acta Horticulturae*. 2017. No. 1168. P. 63–70.
12. Соколовский И. В., Домасевич А. А., Юрени А. В. Практикум по почвоведению с основами земледелия. Минск: БГТУ, 2016. 184 с.

References

1. Fields J. S., Fonteno W. C., Jackson B. E. Hydration efficiency of traditional and alternative greenhouse substrate components. *HortScience*, 2014, no. 49, pp. 336–342.
2. Reed D. W. *Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops*. Illinois, USA, Ball Publishing Inc., 1996. 324 p.

3. Michel J. C., Rivière L. M., BellonFontaine M. N. Measurement of the wettability of organic materials in relation to water content by capillary rise method. *Eur. J. Soil Sci.*, 2001, no. 52, pp. 459–467.
4. Michel J. C. Influence of clay addition on physical properties and wettability of peat growing media. *HortScience*, 2009, no. 44, pp. 1694–1697.
5. Martínez de Azagra Paredes A., Del Río San José J., Reque Kilchenmann J., Diez Hernández J. M., Sanz Ronda F. J. Methods for Watering Seedlings in Arid Zones. *Forests*, 2022, no. 13, p. 351. DOI:10.3390/f13020351.
6. Bragg N., McCann A. The use of wetting agents in modern substrates production. *Peat in Horticulture Additives in Growing Media: International Peat Symposium*. Amsterdam, 2003. 95 p.
7. Cattivello C. Behaviour of natural wetting agents by plant extracts on peat-based substrates. *Acta Horti*, 2009, no. 819, pp. 235–242.
8. Tu M., Randall J. M. Adjuvants. Chapter 8. *Tools & Techniques for Use in Natural Areas*, Washington, Utah State University, 2001, pp. 171–175.
9. Bunt A. C. Media and Mixes for Container Grown Plants. London, UK, Unwin Hymen Ltd., 1988. 309 p.
10. Czarnota M., Thomas P. Using surfactants, wetting agents, and adjuvants. *Greenhouse Bulletin*, 2013, no. 1314, p. 8.
11. Reza Nemati M., Jeong K. Y. Wetting agent effects on plant growth. *Acta Horticulturae*, 2017, no. 1168, pp. 63–70.
12. Sokolovskiy I. V., Domasevitch A. A., Yurenaya A. V. *Praktikum po pochvovedeniyu s osnovami zemledeliya* [Workshop on soil science with the basics of agriculture]. Minsk, BGTU Publ., 2016. 184 p. (In Russia).

Информация об авторах

Носников Вадим Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nosnikov@belstu.by

Юреня Андрей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: yurenaya@belstu.by

Селищева Оксана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: oksana_selishchava@mail.ru

Граник Александр Михайлович – магистр сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: granik@belstu.by

Alam Michel – аспирант кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: michelalalam@gmail.com

Information about the authors

Nosnikov Vadim Valer'evich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nosnikov@belstu.by

Yurenaya Andrey Vladimirovich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yurenaya@belstu.by

Selishcheva Oksana Aleksandrovna – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: oksana_selishchava@mail.ru

Granik Aleksandr Mikhaylovich – Master of Agriculture, Assistant Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: granik@belstu.by

Alam Michel – PhD student, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: michelalalam@gmail.com

Поступила 28.02.2022

УДК 630*114.26

А. В. Юрениа, Н. И. Якимов, О. А. Селищева, А. М. Граник, Е. Г. Юрениа
Белорусский государственный технологический университет

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ИЛОВОГО
ПРУДА УП «МИНСКВОДОКАНАЛ»**

В статье изложены результаты исследований почвогрунта илового пруда, который представляет собой смесь органических веществ с минеральной породой в виде песка и характеризуется неоднородным составом. Во взятых образцах почвогрунта определялись следующие показатели: актуальная кислотность, гумус, содержание обменных оснований кальция и магния, подвижная фосфорная кислота и железо, обменный калий. Для изучения изменений почвенно-грунтовых условий под влиянием древесной растительности грунт отбирался в весенний и осенний периоды с 2018 по 2021 г. В результате установлено, что в процессе роста растения оказывают положительное влияние на кислотность грунта и содержание гумуса, оптимизируя условия произрастания. Содержание основных элементов питания растений в грунте находится на достаточном уровне, что не требует применения минеральных удобрений. Для создания оптимальной реакции среды для роста древесных растений рекомендуется внесение регуляторов кислотности почвы.

Ключевые слова: почвогрунт, свойства агрохимические, гумус, кислотность, регулятор кислотности, растительность древесная, элементы питания.

Для цитирования: Юрениа А. В., Якимов Н. И., Селищева О. А., Граник А. М., Юрениа Е. Г. Изменение почвенно-грунтовых условий под влиянием различных видов древесной растительности илового пруда УП «Минскводоканал» // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 79–85.

A. V. Yurenya, N. I. Yakimov, O. A. Selishcheva, A. M. Granik, E. G. Yurenya
Belarusian State Technological University

**CHANGES IN SOIL AND GROUND CONDITIONS UNDER THE INFLUENCE
VARIOUS TYPES OF WOODY VEGETATION POND
UE “MINSKVODOKANAL”**

The article presents the results of studies of the soil of the silt pond, which is a mixture of organic substances with mineral rock in the form of sand and is characterized by a heterogeneous composition. In the soil samples taken, the following indicators were determined: actual acidity, humus, content of exchangeable bases of calcium and magnesium, mobile phosphoric acid and iron, exchangeable potassium. To study changes in soil and ground conditions under the influence of woody vegetation, the soil was sampled in the spring and autumn period from 2018 to 2021. As a result, it was found that during the growth process, plants have a positive effect on soil acidity and humus content, optimizing the reaction of the environment. The content of the main plant nutrients in the soil is at a sufficient level, which does not require the use of mineral fertilizers. To create an optimal reaction of the environment for the growth of woody plants, the introduction of soil acidity regulators is recommended.

Key words: ground, agrochemical properties, humus, acidity, acidity regulator, woody vegetation, batteries.

For citation: Yurenya A. V., Yakimov N. I., Selishcheva O. A., Granik A. M., Yurenya E. G. Changes in soil and ground conditions under the influence various types of woody vegetation pond UE “Minskvodokanal”. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 79–85 (In Russian).

Введение. Увеличение количества осадков сточных вод и других отходов обостряет проблемы, связанные с их экономически эффективной и экологически безопасной утилизацией. Экологически безопасное захоронение или сжигание отходов – дорогостоящее мероприятие. Одним из наиболее приемлемых по экономическим и экологическим соображениям методом

утилизации отходов является использование их в качестве удобрений при выращивании посадочного материала в лесных питомниках [1–5].

При использовании в качестве нетрадиционных удобрений смеси осадка первичных отстойников и активного ила с аэрационных станций в дозе 500–1000 кг/га было зафиксировано положительное влияние на показатель средней

высоты для посадочного материала сосны обыкновенной [6].

В настоящее время большинство иловых осадков промышленных и коммунальных стоков ликвидируют путем их захоронения на полигонах, сброса в накопители, несанкционированного вывоза на свалки. Например, в Москве и Московской области распространено использование илового осадка для рекультивации нарушенных земель, например после разработки песчаных карьеров и торфяных выработок [7].

Особое место в настоящее время отводится поиску альтернативных способов и средств переработки и утилизации иловых осадков, донных отложений водоемов, жидких отходов. Среди них предпочтение отдается, прежде всего, наиболее экологически безопасным. Исследования показывают, что добавка осадка сточных вод в определенных количествах в грунт оказывает положительное влияние на рост растений. При определенных условиях возможно их применение в зеленом строительстве [8]. Другие экспериментальные разработки обосновывают возможность использования иловых осадков в дорожном строительстве [9].

Содержание тяжелых металлов в осадках на единицу сухого вещества может быть снижено при добавлении в осадки сточных вод опилок, торфа и других материалов при компостировании [10, 11].

С санитарной точки зрения в качестве удобрения могут использоваться только те осадки, которые подвергались обработке, обеспечивающей уничтожение патогенных микроорганизмов. К биологическим методам обеззараживания относится компостирование. Компостирование отличается простотой и доступностью и является одним из способов уменьшения влажности осадков и обеззараживания их от патогенной микрофлоры и яиц гельминтов [12].

При использовании осадков сточных вод и компостов на их основе в качестве удобрения в грунтах увеличивается содержание органического вещества, азота, фосфора, других макро- и микроэлементов. Под действием осадков, как правило, снижается кислотность, увеличивается их влагоемкость, что особенно важно для почвогрунтов легкого гранулометрического состава. Улучшаются тепловой, водный и воздушный режимы грунта, возрастает их биологическая активность [13].

Компостирование можно признать «медленным» способом утилизации осадков сточных вод. Однако такой прием, как выдерживание осадков сточных вод на иловых площадках для обезвреживания и обеззараживания, по современным требованиям предусматривает более длинные сроки. Установлено, что осадки сточных

вод должны находиться на иловых площадках не менее трех лет [14].

Основная часть. Исследования проводились на иловом пруду с осадками сточных вод УП «Минскводоканал» площадью 0,92 га, на поверхность которого для создания твердой основы наносился грунт из песколовок, где сточные воды очищаются от песка и других минеральных примесей.

Для улучшения экологической обстановки после нанесения отходов песколовок слоем в среднем 50–60 см производилась посадка различных древесных и кустарниковых пород. Изучение почвенно-грунтовых условий на территории илового пруда проводилось в течение четырех лет с 2018 по 2021 г.

Агрохимические свойства почвогрунтов определялись в смешанных образцах, отобранных в разные периоды в определенных точках участка в количестве 20 шт. При этом учитывалось влияние высаженных древесных и кустарниковых растений, сочетание минеральной и органической части грунта, изменения микрорельефа.

В отобранных почвенных образцах определялись следующие показатели: актуальная кислотность (рН в КС1) потенциометрическим методом; гумус по методу Н. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова; содержание кальция и магния трилонометрическим методом; подвижная фосфорная кислота и железо на ФЭЖе по методике А. Т. Кирсанова; обменный калий на пламенном фотометре по методу А. Д. Масловой [15].

Результаты по основным показателям обеспеченности элементами питания и актуальной кислотности образцов почвогрунта за время исследований представлены в табл. 1.

В почвогрунте в 2018 г. содержание гумуса составляло 2,9–3,1%. В дальнейшем за счет формирования напочвенного покрова отмечалось некоторое увеличение содержания гумуса, которое варьирует от 2,9 до 5,2%. В 2020 г. было отмечено его наибольшее количество, которое колебалось от 4,6% весной до 5,2% осенью. В 2021 г. наблюдалась стабилизация накопления органического вещества на уровне 4,3–4,8%, что характерно для довольно плодородных земель. Это объясняется наличием сформированного напочвенного покрова, интенсивным ростом травянистой растительности, накоплением древесного опада, а также обусловлено формированием устойчивого микробиологического процесса в верхнем корнеобитаемом слое. Сочетание этих факторов, обеспечивает благоприятный воздушный и температурный режимы для более интенсивного протекания процессов гумификации и минерализации органического вещества.

Таблица 1

Агрохимические свойства исследуемых образцов грунтов

Год	Сроки отбора образцов грунта	Гумус, %	рН КСl	Сумма обменных оснований мг-экв. на 100 г субстрата	P ₂ O ₅	Fe ³⁺	K ₂ O
					мг на 100 г субстрата		
2018	Апрель	3,1	7,5	21,0	16,5	16,5	6,4
	Октябрь	2,9	7,3	23,2	14,4	11,4	7,2
2019	Апрель	2,9	7,3	23,3	15,8	14,5	7,8
	Июль	3,3	7,2	22,3	59,3	14,1	14,1
2020	Октябрь	3,5	7,3	22,1	57,1	14,3	27,5
	Апрель	4,6	6,6	19,1	15,0	20,4	20,8
2021	Октябрь	5,2	6,2	11,2	52,0	28,3	25,6
	Апрель	4,8	6,5	18,4	41,3	25,7	15,7
	Октябрь	4,3	6,2	19,1	50,2	31,6	21,7

За период исследований можно отметить некоторое увеличение кислотности грунта. Так, в 2018 и 2019 г. кислотность почвогрунта была слабощелочной (7,2–7,5 рН), весной 2021 г. она снижается до уровня 6,5 рН, а в октябре в среднем она составляет 6,2 рН. По сравнению с 2019 г. величина рН уменьшилась более чем на единицу.

Кислотность почвогрунта для листовенных пород приблизилась к верхней границе оптимальных значений. Для хвойных видов требуется снижение кислотности, как минимум, еще на единицу. Кроме того, необходимо учитывать, что при интенсивных осадках, таянии снега на кислотность почвенного раствора могут повлиять водорастворимые соединения, находящиеся в грунте, а также высвобождающиеся вследствие минерализации и разложения органического вещества.

Содержание обменных оснований кальция и магния к концу наблюдений составило 19,1 мг-экв. на 100 г почвогрунта и варьировало по срокам отбора образцов, при этом количество его ниже, чем в 2018–2019 гг. Кальций играет важную роль в процессе фотосинтеза и передвижения углеводов, в процессах усвоения азота растениями. Он участвует в формировании клеточных оболочек, обуславливает обводненность и поддержание структуры клеточных органелл. Наличие кальция в почве улучшает ее свойства. Однако этот элемент потребляется растениями в небольшом количестве. Кальций вносят в почву с целью оптимизации ее кислотности. Снижение количества кальция может быть обусловлено протеканием химических процессов в почве, а также использованием его произрастающими на территории растениями.

Магний входит в состав хлорофилла, участвует в передвижении фосфора в растениях и углеводном обмене, влияет на активность окислительно-восстановительных процессов. Магний участвует в составе основного фосфорсодержащего запасного органического соединения –

фитина. Он создает нейтральную реакцию почв, а также помогает устранить вредное действие избыточного количества извести.

Отмечается довольно высокое содержание подвижных форм фосфора – в среднем 50,2 мг на 100 г почвы. Изменение его содержания за три года подвержено колебаниям. Снижение содержания фосфора весной объясняется уменьшением концентрации ионов в почвенном растворе за счет разбавления водой в условиях повышенной влажности. Потребность растений в данном питательном элементе обеспечена в полной мере.

Содержание обменного калия в исследуемых образцах имеет определенные различия как по годам, так и по территории участка (от 6,4 до 27,5 мг на 100 г почвы). Происходит снижение обеспеченности калием в весенние месяцы вследствие высокой растворимости его соединений. Калий требуется растениям для разнообразных физиологических процессов, в том числе для развития корневой системы, ее морозоустойчивости, одревеснения побегов. Он участвует в процессах синтеза и оттока углеводов в растениях, обуславливает водоудерживающую способность клеток и тканей, влияет на устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды и поражаемость растений болезнями. При калийном голодании верхние листья растений по краям желтеют, а зелеными остаются только участки листа, окружающие сосуды. Обеспеченность калием остается высокой, недостатка в данном элементе растения не испытывают.

Железо входит в состав окислительно-восстановительных ферментов растений и участвует в синтезе хлорофилла, процессах дыхания и обмена веществ, является важным элементом в фотосинтезе растений. Содержание подвижного железа также довольно высокое и составляет к концу наблюдений 31,6 мг на 100 г почвы. При этом наблюдается устойчивая динамика увеличения содержания железа по годам, что

обуславливается особенностью происходящих биохимических и почвообразовательных процессов.

Выращивание древесных растений проводилось с внесением регулятора кислотности на основе серы и гранулированной серы, применение которых повышает кислотность почвогрунта. Сера постепенно разлагается в грунте и имеет медленное и длительное воздействие на реакцию среды. Действие препаратов на основе серы имеет пролонгированный характер для верхнего корнеобитаемого слоя грунта.

В 2019–2021 гг. они вносились в апреле в приствольные круги вокруг деревьев с открытой и закрытой корневой системой под породы, наиболее требовательные к повышенной кислотности грунта: ель европейская, сосна обыкновенная, клен остролистный и береза повислая. Дозировка серных препаратов составляла 100 г на 1 дерево с внесением в приствольный круг диаметром 0,4–0,5 м. Предварительно до внесения серных препаратов также отобраны образцы грунта для анализа величины рН (табл. 2).

Так как препараты на основе серы имеют довольно длительное и медленное воздействие, то анализ почвогрунта на кислотность проводился в апреле и октябре ежегодно.

Результаты анализа грунта до внесения регуляторов кислотности показывают, что величина рН в 2019 г. составляла в среднем 7,17 и изменялась от 7,08 до 7,28. За вегетационный период 2019 г. на контрольном участке величина рН к октябрю не изменилась. А при применении гранулированной серы снизилась в октябре на 0,24 по сравнению с контролем. Более интенсивное воздействие оказывает регулятор кислотности на основе серы, при использовании которого значение рН снижается в среднем на 0,59. За 2019 г. на участке произошло интенсивное развитие травянистой растительности. Также регулированию кислотности грунта способствует

органическая масса, которая образуется при разложении листьев деревьев и травянистой растительности.

В 2020 г. был продолжен эксперимент по внесению серосодержащих препаратов. В октябре на контрольном участке величина рН снизилась на 0,43 за период вегетации. При применении гранулированной серы она уменьшилась на 0,26 по сравнению с контролем, при использовании регулятора кислотности – на 0,42.

В 2021 г. в октябре на контрольном участке величина рН снизилась на 0,32, а при внесении гранулированной серы – на 0,26. В этом году регулятор кислотности на основе серы в почвогрунт не вносился.

Полученные результаты согласуются с данными литературных источников, которые указывают на то, что под влиянием растительности слабощелочная реакция среды смещается в сторону кислотной [1, 2].

Заключение. На основании проведенных исследований можно отметить, что в почвогрунте наблюдается устойчивое накопление органического вещества. При этом содержание гумуса за четыре года увеличилось в среднем от 3,0 до 4,5%. Это обуславливается формированием сплошного травянистого покрова и разложением древесного опада. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в почвогрунте является достаточным для роста древесных и кустарниковых пород.

Учитывая кислотность среды почвогрунта и биологические особенности некоторых древесных и кустарниковых пород, можно сделать вывод, что не все древесные породы будут испытывать благоприятные условия для роста и развития. Однако реакция среды постепенно оптимизируется за счет активизации микробиологических процессов и выделения в почву растениями органических соединений, что способствует лучшему росту древесных и кустарниковых пород.

Таблица 2

Изменение кислотности почвогрунта при внесении гранулированной серы и регулятора кислотности

Варианты опыта	Кислотность грунта (рН)					
	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	апрель	октябрь	апрель	октябрь	апрель	октябрь
Контроль (без внесения)	7,22	7,23	6,72	6,29	6,50	6,18
Внесение гранулированной серы						
Ель европейская с закрытой корневой системой	7,18	7,07	6,54	6,02	6,44	5,89
Сосна обыкновенная с закрытой корневой системой	7,21	7,02	6,58	5,99	6,51	5,95
Береза повислая с открытой корневой системой	7,28	6,97	6,63	6,07	6,39	5,90
Средние значения	7,17	6,99	6,58	6,03	6,45	5,92
Внесение регулятора кислотности на основе серы						
Ель европейская с закрытой корневой системой	7,14	6,72	6,69	5,86	Регулятор кислотности не применялся	
Сосна обыкновенная с закрытой корневой системой	7,13	6,57	6,47	5,77		
Береза повислая с открытой корневой системой	7,08	6,63	6,71	5,98		
Средние значения	7,17	6,64	6,63	5,87		

Оптимизацию реакции среды можно осуществить мероприятиями по ее регулированию. При величине кислотности почвогрунта от 7,0 до 7,5 рекомендуется вносить регулятор кислотности и гранулированную серу после посадки

растений в приствольные круги диаметром 0,4–0,5 м. Доза внесения препаратов серы составляет 100 г/м². Это позволяет увеличить значение рН за три периода вегетации на 1,3, что создает лучшие условия среды для роста древесных видов.

Список литературы

1. Кан В. М., Рахимжанов А. Н., Залесов С. В. Повышение плодородия почв лесного питомника «Ак кайын» Республики Казахстан // Аграрн. вестн. Урала. 2013. № 8 (114). С. 39–43.
2. Залесов С. В., Магасумова А. Г., Фролова Е. А. Эффективность внесения нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Аграрн. вестн. Урала. 2015. № 2 (132). С. 45–48.
3. Кан В. М., Залесов С. В., Рахимжанов А. Н. Мелиоративные приемы борьбы с коркообразованием на лесном питомнике «Аккайын» в Республике Казахстан // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 35–42. URL: <http://www.science-education.ru/121-17592> (дата обращения 25.02.2022).
4. Залесов С. В., Магасумова А. Г., Фролова Е. А. Перспективы использования осадка сточных вод при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы IV междунар. науч. экол. конф.: в 2 ч., Краснодар, 24–25 марта 2015 г. Краснодар, 2015. Ч. 1. С. 151–155.
5. Фролова Е. А., Залесов С. В. Применение нетрадиционных удобрений в лесном хозяйстве // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 2017. С. 245–246.
6. Фролова Е. А., Кряжевских Н. А., Глухова Е. И. Использование осадков сточных вод г. Екатеринбурга в качестве нетрадиционных удобрений при выращивании посадочного материала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Леса России и хозяйство в них. 2017. № 2 (61). С. 41–46.
7. Щербина Е. В., Ковальская А. И. Основы концепции комплексного управления обращением с иловыми осадками для обеспечения экологической безопасности в городском хозяйстве // Науковедение. 2012. № 4. С. 1–8.
8. Боровков В. С., Курочкина В. А. Миграция тяжёлых металлов в растения при их выращивании с использованием сточных вод и загрязнённых илов в качестве удобрений // Экология урбанизированных территорий. 2011. № 2. С. 51–54.
9. Беннаби А., Ковальская А. И. Обоснование использования илового осадка прибрежных акваторий портовых сооружений города Гавра (Франция) для целей дорожного строительства // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 2. С. 62–68. URL: www.science-education.ru/102-6005 (дата обращения: 23.09.2012).
10. Чертеc К. Л. Установка для компостирования осадка сточных вод в Петрозаводске // Водоснабжение и сантехника. 1984. № 1. С. 4–7.
11. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96. М.: Стандартинформ, 1996. 54 с.
12. Пахненко Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. М.: Лаборатория знаний, 2007. 311 с.
13. Анализ состояния обработки осадков бытовых сточных вод малых населенных пунктов // Электронная библиотека диссертаций – Веда. URL: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/176858.html> (дата обращения: 23.02.2022).
14. Горбань Н. С., Фомина И. Г. Утилизация осадков сточных вод с возможностью использования их в качестве удобрений // Труды Украин. науч.-исслед. ин-та эколог. проблем, 2014. С. 142–144.
15. Соколовский И. В., Домасевич А. А., Юрениа А. В. Практикум по почвоведению с основами земледелия. Минск: БГТУ, 2016. 184 с.

References

1. Kan V. M., Rahimzhanov A. N., Zalesov S. V. Improving soil fertility in the forest nursery “Ak Kaiyn” of the Republic of Kazakhstan. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2013, no. 8 (114), pp. 39–43 (In Russian).
2. Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A. Efficiency of application of non-traditional fertilizers in the cultivation of Scots pine planting material (*Pinus sylvestris* L.). *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2015, no. 2 (132), pp. 45–48 (In Russian).

3. Kan V. M., Zalesov S. V., Rahimzhanov A. N. Ameliorative methods of combating crusting at the forest nursery “Akkaiyn” in the Republic of Kazakhstan. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, [Modern problems of science and education], 2015, no. 1, pp. 35–42 (In Russian). Available at: <http://www.science-education.ru/121-17592> (accessed 25.02.2022).

4. Zalesov S. V., Magasumova A. G., Frolova E. A. Prospects for the use of sewage sludge in the cultivation of Scots pine planting material. *Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy IV mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii* [Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production: materials IV International scientific ecological conference]. Krasnodar, 2015, part 1, pp. 151–155 (In Russian).

5. Frolova E. A., Zalesov S. V. The use of non-traditional fertilizers in forestry. *Lesnaya nauka v realizatsii kontseptsii ural'skoy inzhenernoy shkoly: sotsial'no-ekonomicheskiye i ekologicheskkiye problemy lesnogo sektora ekonomiki: materialy XI mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Forest science in the implementation of the concept of the Ural engineering school: socio-economic and environmental problems of the forest sector of the economy: materials of the XI International scientific and technical conference]. Ekaterinburg, 2017, pp. 245–246 (In Russian).

6. Frolova E. A., Kryazhevskikh N. A., Gluhova E. I. The use of sewage sludge from the city of Yekaterinburg as non-traditional fertilizers in the cultivation of planting material of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* [Forests of Russia and the economy in them], 2017, no. 2 (61), pp. 41–46 (In Russian).

7. Shherbina E. V., Koval'skaya A. I. Fundamentals of the concept of integrated management of sludge management to ensure environmental safety in the municipal economy. *Naukovedeniye* [Science studies], 2012, no. 4, pp. 1–8 (In Russian).

8. Borovkov V. S., Kurochkina V. A. Migration of heavy metals into plants during their cultivation using sewage and polluted sludge as fertilizers. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of urban areas], 2011, no. 2, pp. 51–54 (In Russian).

9. Bennabi A., Koval'skaya A. I. Justification of the use of silt sediment from the coastal waters of the port facilities of the city of Le Havre (France) for the purposes of road construction. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2011, no. 2, pp. 62–68 (In Russian). Available at: www.science-education.ru/102-6005 (accessed 25.02.2022).

10. Chertes K. L. Sewage sludge composting plant in Petrozavodsk. *Vodosnabzheniye i santekhnika* [Water supply and plumbing], 1984, no. 1, pp. 4–7 (In Russian).

11. SanPiN 2.1.7.573-96. Hygienic requirements for the use of wastewater and their sludge for irrigation and fertilization. Moscow, Standartinform Publ., 1996. 54 p. (In Russian).

12. Pahlenko E. P. *Osadki stochnykh vod i drugiye netraditsionnyye organicheskiye udobreniya* [Sewage sludge and other non-traditional organic fertilizers]. Moscow, Laboratoriya znaniy Publ., 2007. 311 p. (In Russian).

13. Analysis of the state of treatment of domestic sewage sludge from small settlements. Available at: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/176858.html> (accessed 23.02.2022).

14. Gorban' N. S., Fomina I. G. Utilization of sewage sludge with the possibility of using them as fertilizers. *Trudy Ukrain'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ekologicheskikh problem* [Proceedings of the Ukrainian Research Institute of Environmental Problems], 2014, pp. 142–144 (In Russian).

15. Sokolovskiy I. V., Domasevitch A. A., Yurenaya A. V. *Praktikum po pochvedeniyu s osnovami zemledeliya* [Workshop on soil science with the basics of agriculture]. Minsk, BGTU Publ., 2016. 184 p. (In Russian).

Информация об авторах

Юрениа Андрей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: urenya@belstu.by

Якимов Николай Игнатьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: yakimov@belstu.by

Селищева Оксана Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: selishcheva@belstu.by

Граник Александр Михайлович – магистр сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: granik@belstu.by

Юрeня Елена Геннадьевна – старший преподаватель кафедры организации производства и экономики недвижимости. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: selishcheva@belstu.by

Information about the authors

Yurenya Andrey Vladimirovich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: urenya@belstu.by

Yakimov Nikolay Ignat'yevich – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: yakimov@belstu.by

Selishcheva Oksana Aleksandrovna – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: selishcheva@belstu.by

Granik Aleksandr Mikhaylovich – Master of Agriculture, Assistant Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: granik@belstu.by

Yurenya Elena Gennad'yevna – Senior Lecturer, the Department of Production Organization and Real Estate Economics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: eurenya@belstu.by

Поступила 15.02.2022

ЛЕСОЗАЩИТА И САДОВО-ПАРКОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО FOREST PROTECTION AND LANDSCAPING

УДК 582.677(476)

А. М. Малевич, Т. В. Шпитальная

Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси

ИЗУЧЕНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МАГНОЛИЙ (*MAGNOLIA* L.) В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

В данной публикации представлены результаты изучения роста побегов у магнолий, приводятся сведения об особенностях их сезонного ритма роста и развития, а также оценивается перспектива их использования в озеленении Республики Беларусь. В ходе исследований измерялась величина прироста побегов у 2 сортов и 5 видов магнолий, проводились фенологические наблюдения за 4 видами, 1 подвидом и 3 сортами магнолий, и на основании полученных данных была оценена перспектива изученных образцов магнолий для применения в озеленении Республики Беларусь.

Фенологические наблюдения на протяжении периода 2019–2021 гг. показали, что магнолии являются очень чувствительными к климатическим условиям, и каждой фазе соответствует свой уровень тепла. Средняя продолжительность цветения магнолий за период 2019–2021 гг. исследования составила 7–14 дней, чем выше температура, тем дольше длится период цветения.

Для определения интенсивности роста побегов проводились замеры величины их прироста в течение всего вегетационного периода. Измерялись побеги из нижней и срединной частей кроны. У верхушечных ветвей показатели прироста побегов оказались более высокими по сравнению с нижними и срединными благодаря большей освещенности. На основании проведенных измерений изучена динамика роста побегов для видов и сортов магнолий.

Ключевые слова: магнолии, побег, рост, вегетационный период, средний прирост, фенологические наблюдения, озеленение.

Для цитирования: Малевич А. М., Шпитальная Т. В. Изучение фенологических особенностей магнолий (*Magnolia* L.) в условиях Беларуси // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 86–93.

A. M. Malevich, T. V. Shpitalnaya

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus

THE STUDY OF THE PHENOLOGICAL FEATURES OF MAGNOLIAS (*MAGNOLIA* L.) IN THE CONDITIONS OF BELARUS

The article presents the results of studying the growth of magnolias shoots, provides information about the features of their seasonal rhythm of growth and development, and also assesses the prospect of their use in landscaping of the Republic of Belarus. During the research, the growth rate of shoots was measured in 2 varieties and 5 species of magnolias, phenological observations were carried out for 4 species, 1 subspecies and 3 varieties of magnolias, and based on the data obtained, the prospects of the studied samples of magnolias for use in landscaping of the Republic of Belarus were evaluated.

Phenological observations during the period 2019–2021 have shown that magnolias are very sensitive to climatic conditions, and each phase corresponds to its own level of heat. The average duration of flowering of magnolias for the period 2019–2021 of the study was 14–20 days. The warmer the weather conditions, the longer the flowering period lasts.

To determine the intensity of the growth of shoots, measurements of the magnitude of their growth during the growing season were carried out. Shoots from the lower and middle parts of the crown were measured. In the apical branches, the growth rates of shoots were higher compared to the lower and

middle ones due to the greater illumination by the sun. Based on the measurements carried out, the dynamics of the growth of shoots for magnolias has been established.

Key words: magnolias, shoot, growth, growing season, average growth, phenological observations, landscaping.

For citation: Malevich A. M., Shpitalnaya T. V. The study of the phenological features of magnolias (*Magnolia* L.) in the conditions of Belarus. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 86–93 (In Russian).

Введение. Магнолии являются представителями древнейшей флоры Земли. Род *Magnolia* L. (*Magnoliaceae* Juss.) включает древнейших представителей покрытосеменных растений, имеющих существенное значение для понимания эволюции цветковых растений. Род насчитывает около 240 видов вечнозеленых и листопадных деревьев, кустовидных деревьев и кустарников, произрастающих в Юго-Восточной Азии, Северной и Южной Америке [1].

Большинство видов магнолий представлены листопадными деревьями и кустарниками. Кора ствола пепельно-серого либо коричневого цвета, гладкая, чешуйчатая или бороздчатая. Побеги голые или опушенные, серовато-коричневого, а молодые – зеленого, зеленовато-красного или коричневого цвета. Форма кроны варьирует в зависимости от видовой либо сортовой принадлежности. Почки достаточно крупные, особенно больших размеров достигают генеративные почки. Листья крупные эллиптические или обратнояйцевидные. Цветки обоеполые, крупные, одиночные, располагаются в основном на концах побегов. Цвет лепестков у различных представителей магнолий разнообразный: может быть от белого до темно-пурпурного. Плод – сборная шишкообразная многолистровка [2].

Согласно многочисленным исследованиям, отмечается тенденция увеличения продолжительности вегетационного периода у многих растений, в том числе и у магнолий [3–10]. Фенологию растений следует рассматривать как один из важных показателей изменения климата [11].

При интродукции магнолий в новые условия произрастания поведение их различно для каждого вида и сорта. Это отражается как на внешнем виде растения, так и на его сезонном развитии, например на сроках начала и окончания вегетации. Одним из самых важных признаков приспособления магнолий к новым условиям является изменение ритма сезонного развития, а также их приспособление к климатическим условиям нового места произрастания [12].

Согласно литературным источникам, в среднем у магнолий начало роста побегов приходится на начало мая. Отмечается два периода роста: интенсивный (длится около 60–80 дней, начиная с мая до первой половины июля) и затухающий (длится 14–21 день до конца июля либо

начала августа). Завершение роста побегов приходится на вторую половину июля – начало августа.

На рост побегов значительное влияние оказывают резкие похолодания, в основном происходящие на май, а также температурные максимумы, которые характерны для летних месяцев. При резком похолодании происходит снижение скорости роста побегов. Под влиянием слишком высоких температур скорость роста побегов также становится ниже и при этом листья теряют тургор [13].

К началу осени происходит одревеснение однолетних побегов взрослых магнолий. К концу сентября одревеснение побегов завершается и наблюдается их вступление в состояние глубокого покоя. После этого побеги становятся устойчивыми к низким температурам и заморозкам. Достаточная степень лигнификации к осени определяет степень холодостойкости магнолий [2].

Изучение характера роста побегов и установление средних значений размеров прироста в течение вегетационного периода также имеют большое значение для решения вопроса о возможности использования побегов для зеленого черенкования, почек – для окулировки, а также для определения сроков проведения агротехнических мероприятий, степени адаптации растений к конкретным условиям произрастания [14].

Целью данной работы является проведение фенологических наблюдений за разными видами и сортами магнолий в 2019–2021 гг. и изучение особенностей роста побегов в условиях Беларуси.

Основная часть. Условия вегетационного периода 2019 г. отличались теплой и сухой погодой, температура воздуха летом была аномально высокой. 2020 г. характеризовался поздним наступлением весны и достаточно теплым летним сезоном. В 2021 г. отмечено позднее наступление весны и засушливая погода летом.

Отобраны 4 вида (*M. kobus*, *M. obovata*, *M. sieboldii*, *M. acuminata*), 1 подвид (*M. kobus* var. *borealis*) и 2 сорта (*M. 'Susan'*, *M. 'Galaxy'*) магнолий.

Общеизвестно, что магнолии по срокам цветения подразделяются на раннецветущие (*M. 'Donna'*, *M. kobus*, *M. kobus* var. *borealis*), среднецветущие (*M. sieboldii*, *M. 'Susan'* и *M. 'Galaxy'*) и позднецветущие (*M. obovata* и *M. acuminata*).

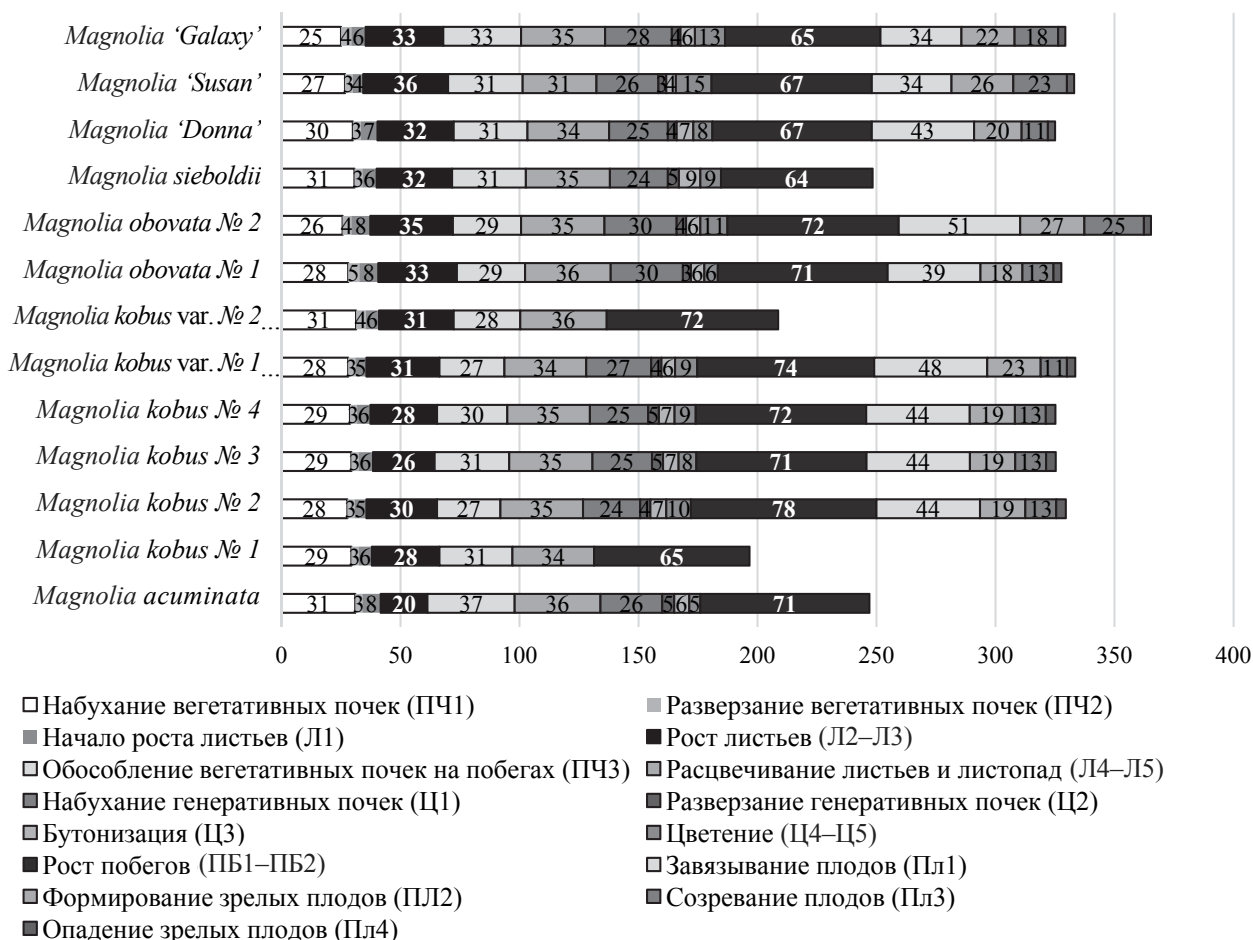


Рис. 1. Средняя продолжительность фенологических фаз у магнолий в 2019–2021 гг.

Как правило, раннецветущие магнолии начинают цветение в конце марта – начале апреля, среднецветущие – в середине апреля, поздноцветущие – ближе к концу мая – началу июня.

Все представленные выше образцы магнолий произрастают на территории ЦБС НАН Беларуси в различных частях дендрария. Для статистической обработки данных применялась программа Microsoft Excel. Для определения интенсивности роста побегов проводилось измерение их прироста в течение всего вегетационного периода.

Средняя продолжительность фенологических фаз у магнолий за трехлетний период наблюдений представлена на рис. 1.

В результате многолетних исследований нами было установлено, что продолжительность вегетационного периода у магнолий за период наблюдений в 2019–2021 гг. составила 132 дня (рис. 2).

Согласно литературным данным, фазы набухания и разворачивания вегетативных почек у исследуемых нами магнолий зависят от суммы эффективных температур выше +5°C [15]. У раннецветущих магнолий набухание вегетативных почек происходит при сумме эффективных температур,

равной 155,4°C, у среднецветущих – 155°C, у поздноцветущих – 175,8°C. Сумма эффективных температур, которая необходима для разворачивания вегетативных почек раннецветущих магнолий составляет 371,6°C, среднецветущих – 380,6°C, поздноцветущих – 409,9°C. Можно сделать вывод о том, что сумма эффективных температур, которая необходима для набухания и разворачивания вегетативных почек для разных сроков цветения магнолий, имеет незначительные различия.

Согласно нашим наблюдениям, вегетативные почки у большинства образцов магнолий разворачиваются в третьей декаде апреля. Характерно, что для раннецветущих магнолий фаза разворачивания происходит во время массового цветения.

У среднецветущих магнолий вегетативные почки начинают выходить из состояния покоя несколько раньше генеративных. Период активного роста листьев и цветения у них совпадает.

У поздноцветущей *M. obovata* вегетативные почки пробуждаются в конце апреля за 20–25 дней до цветения. У *M. acuminata* вегетативные почки начинают разворачиваться к концу первой декады мая за 12–14 дней до цветения.

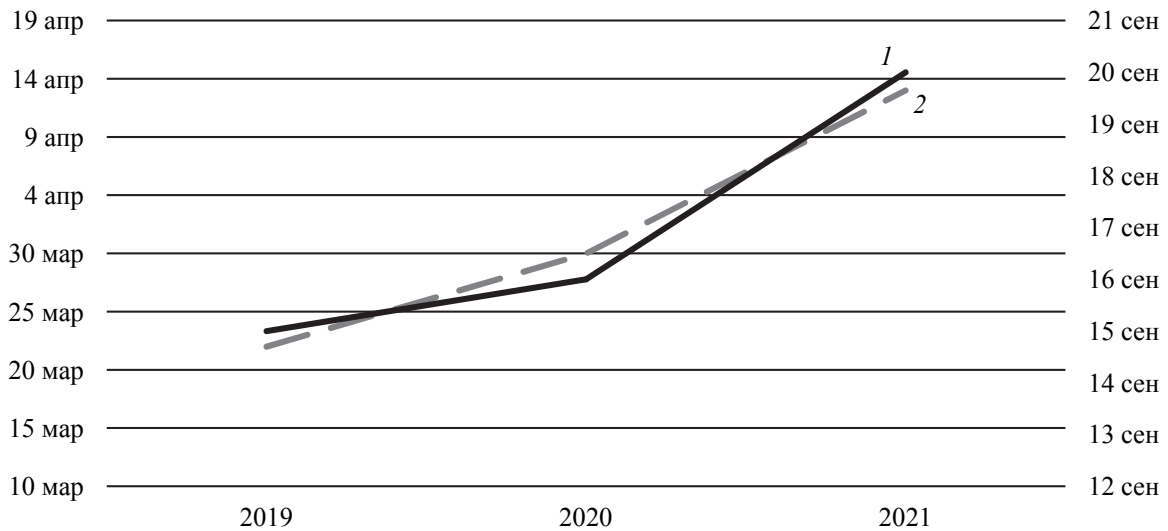


Рис. 2. Средняя продолжительность вегетационного периода в 2019–2021 гг.:
1 – набухание вегетативных почек; 2 – листопад

Сроки начала разверзания вегетативных почек могут смещаться из-за неблагоприятных погодных условий. Так, в 2021 г. вегетативные почки начали разверзаться на 2 недели позже по сравнению с 2019 и 2020 гг. Это связано с поздним наступлением весеннего периода и, соответственно, низкой температурой окружающей среды. Массовое распускание листьев в среднем происходит через 3–5 дней, завершение облиствения – через 7–10 дней. Продолжительность роста листьев в среднем составляет 31 день. В середине сентября у магнолий расцветают листья, а к середине октября начинается листопад, который заканчивается в начале ноября и длится в среднем 14–16 дней.

Другая картина выявлена при набухании, распускании и цветении генеративных почек – им необходим определенный уровень тепла. За период проводимых в 2019–2021 гг. наблюдений погодные условия были очень изменчивыми, поэтому сумма эффективных температур также для каждого года отличалась. У раннецветущих магнолий цветение в среднем происходит при сумме эффективных температур, равной 409,4°C, среднецветущих – при 644,1°C. Для позднецветущих магнолий этот показатель равен 680,7°C.

Раннецветущие магнолии от зимнего покоя пробуждаются в конце марта. Первыми набухают генеративные почки у *M. 'Donna'*, *M. kobus*, *M. kobus var. borealis*, затем у *M. sieboldii*, *M. 'Susan'* и *M. 'Galaxy'*, позже всех – у *M. obovata* и *M. acuminata*.

В 2021 г. по сравнению с 2019 и 2020 гг. сроки наступления цветения у позднецветущих магнолий сместились на 2–3 недели в связи с очень поздним наступлением весны, а цветение среднецветущих магнолий так же, как и раннецветущих, наступило на 2 недели позже. Массовая

бутионизация в 2021 г. тоже началась позже обычного: у раннецветущих магнолий – в конце апреля (средняя продолжительность составила 5 дней), у среднецветущих – во второй декаде мая (длилась 8 дней), у позднецветущих – в середине июня (продолжилась 4 дня). По срокам продолжительности бутонизация в 2021 г. практически не отличалась от 2019 и 2020 гг.

В результате наших исследований отмечено, что к растениям, цветущим до распускания листьев, относятся следующие виды и сорта: *M. kobus*, *M. kobus var. borealis*, *M. 'Donna'*; вторая группа растений, цветение которой приходится на вторую половину мая – начало июня, представлена *M. obovata* и *M. acuminata* (цветут после распускания листьев). Выделена промежуточная группа магнолий, цветущих почти одновременно с распусканием листьев, – *M. sieboldii*, *M. 'Susan'* и *M. 'Galaxy'*. Общая продолжительность цветения магнолий за период 2019–2021 гг. исследований в среднем составила 7–14 дней.

На рис. 3 представлено цветение одного из образцов *Magnolia obovata*.

Рост побегов у магнолий начинается в основном в начале мая.



Рис. 3. Цветение *Magnolia obovata* Thunb.

По результатам проведенного исследования было установлено, что в 2021 г. рост побегов у всех исследуемых нами видов и сортов магнолий начался на 2 недели позже по сравнению с 2019 и 2020 гг., а у *M. obovata* – позже на 3 недели. Это обусловлено тем, что сроки наступления весны в 2021 г. были очень поздними в отличие от предыдущих двух лет.

Изучена динамика роста побегов у ряда видов и сортов магнолий.

В 2019 г. максимальная скорость роста побегов наблюдалась в июне, в начале июля она постепенно снижалась. Минимальная скорость наблюдалась в середине июля. К концу июля рост побегов полностью завершился (рис. 4).

Рост побегов в 2020 г. наблюдался с начала мая. Максимальные темпы роста побегов отмечены в середине июня. К началу июля интенсивность роста снизилась, а к концу июля рост побегов полностью прекратился (рис. 5).

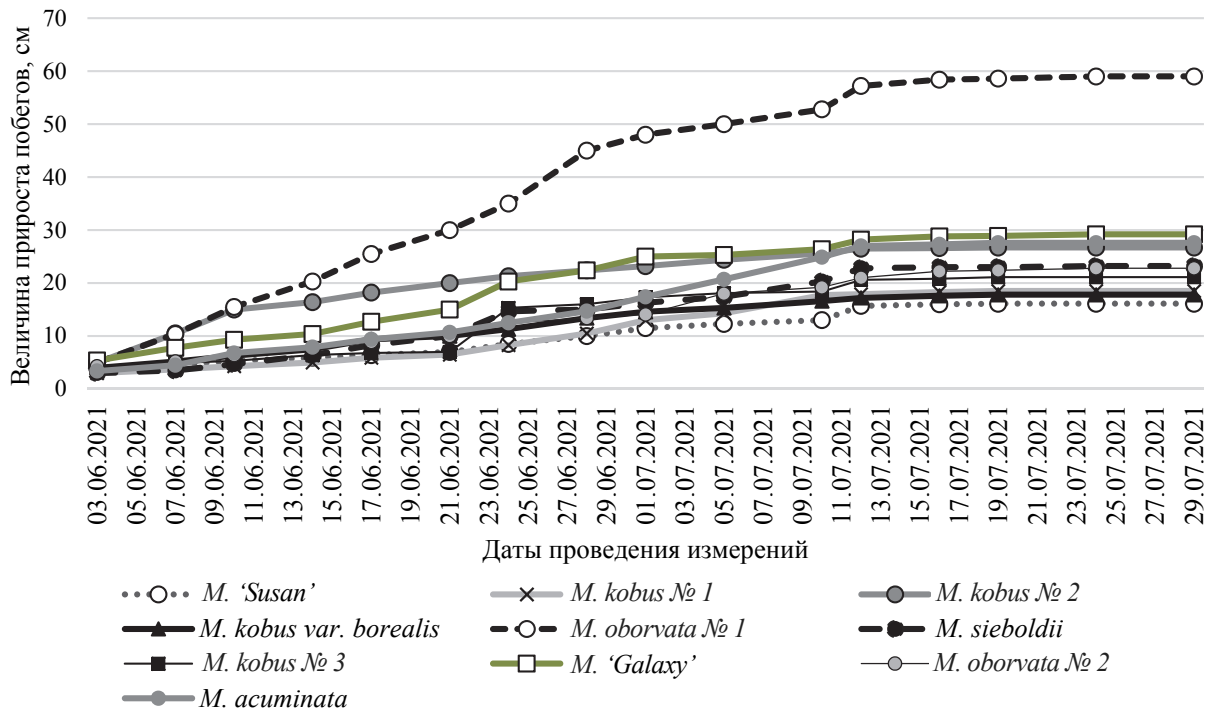


Рис. 4. Динамика роста побегов в 2019 г.

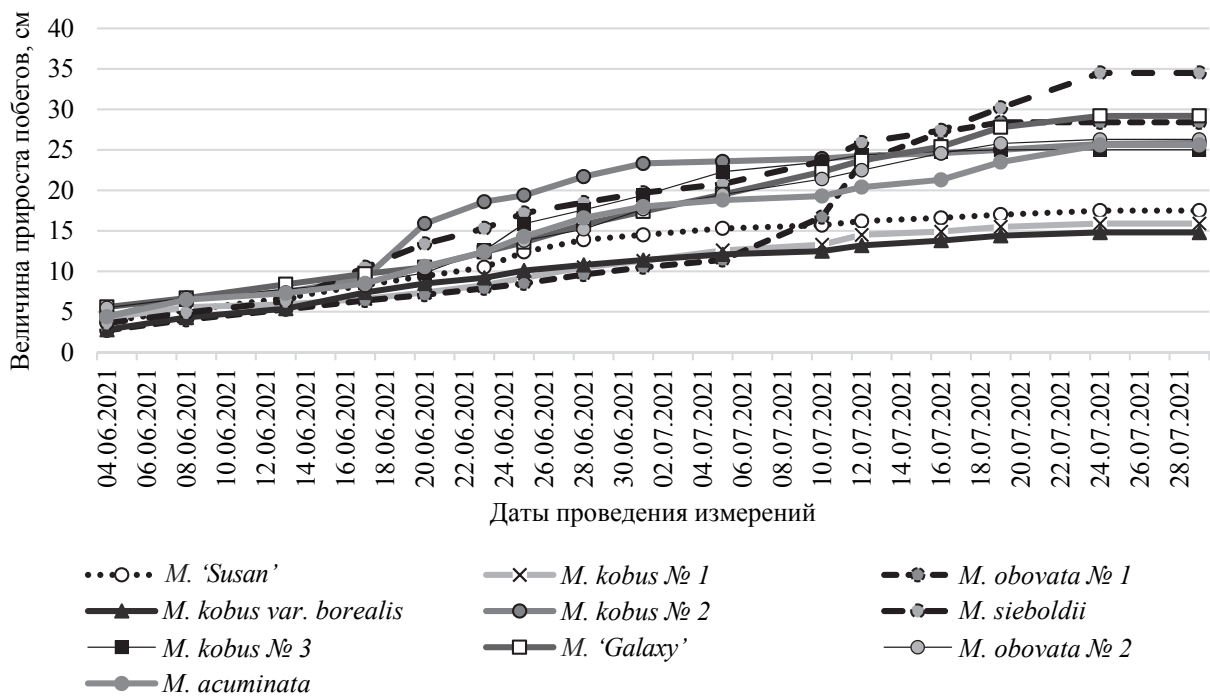


Рис. 5. Динамика роста побегов в 2020 г.

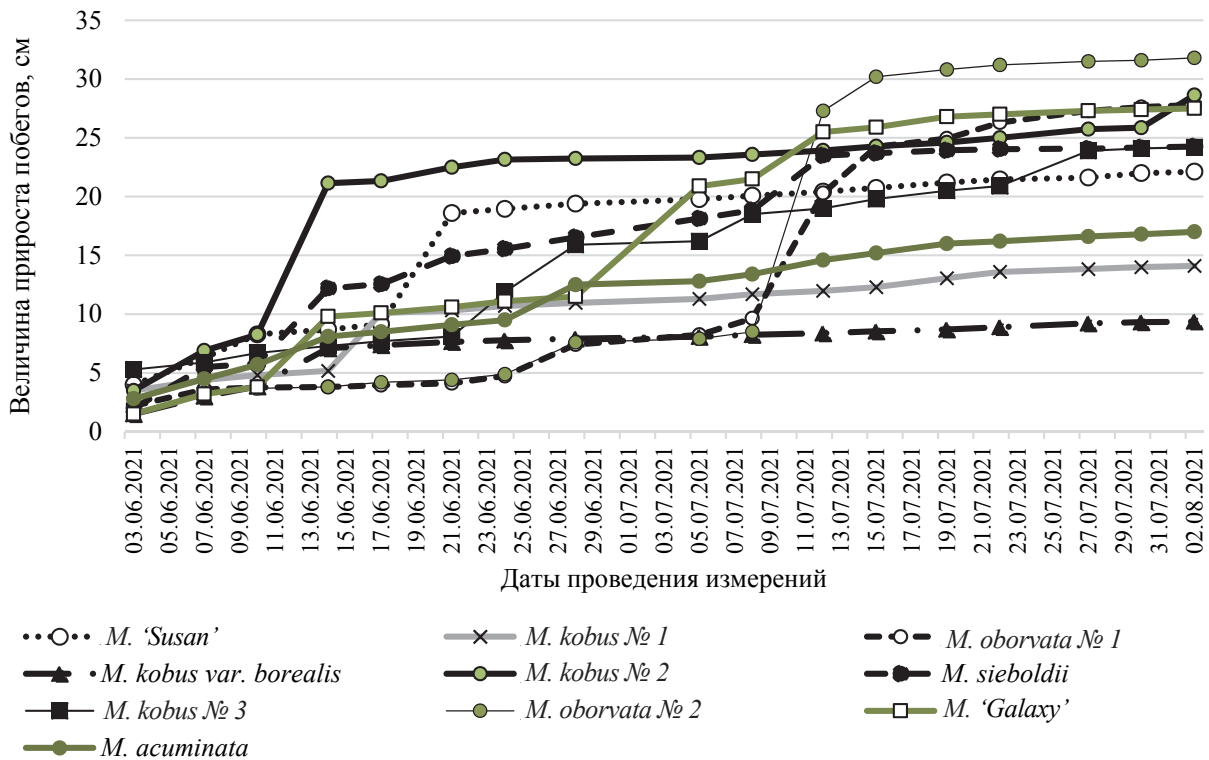


Рис. 6. Динамика роста побегов в 2021 г.

Начало роста побегов в 2021 г. отмечалось со второй декады мая. В первой половине июня и первой декаде июля наблюдалось 2 пика роста. В июне прирост побегов у магнолий был невысоким в связи с сильной засухой. В июле рост побегов усилился, так как погодные условия стали более благоприятными. На протяжении второй половины июля показатели роста побегов оставались стабильными, и уже к началу августа он полностью завершился (рис. 6).

Таким образом, в связи с резкими колебаниями температуры в 2021 г. темпы роста побегов отличались определенной изменчивостью. В то же время погодные условия 2019 и 2020 гг. были более благоприятными для роста побегов.

Заключение. Анализ фенологических наблюдений на протяжении 2019–2021 гг. показал, что магнолии являются очень чувствительными

к климатическим условиям и каждой фазе соответствует свой уровень тепла.

Рост побегов является одним из показателей устойчивости растений в условиях интродукции. В результате наших многолетних исследований установлено, что величина прироста побегов у магнолий достаточно стабильная. В условиях влажного и теплого вегетационного периода значения прироста побегов более высокие, чем в сухой и холодный сезоны.

Прирост побегов имеет сезонную зависимость. Максимальный рост побегов у магнолий – середина июля, а к концу июля он полностью прекращается.

Магнолии в условиях нашей республики проходят полный цикл сезонного развития. Считаем, что изученные нами виды и сорта магнолий являются устойчивыми к климатическим условиям Беларуси и могут быть рекомендованы для широкого использования в зеленом строительстве.

Список литературы

1. Каменева Л. А. Биология цветения и плодоношения представителей рода *Magnolia* L. (*Magnoliaceae* Juss.) в условиях культуры на юге российского Дальнего Востока: автореф. ... дис. канд. биол. наук: 03.02.01. Владивосток, 2018. 18 с.
2. Минченко Н. Ф., Коршук Т. П. Магнолии на Украине. Киев: Наук. думка, 1987. 184 с.
3. Post E., Stenseth N.C. Climatic variability, plant phenology, and northern ungulates // *Ecology*. 1999. Vol. 80. P. 1322–1339.
4. Menzel A., Fabian P. Growing season extended in Europe // *Nature*. 1999. Vol. 397. P. 659.

5. Menzel A., Estrella N., Fabian P. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996 // *Global Change Biology*, 2001, vol. 7, pp. 657–666.
6. Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in central Europe / H. Scheifinger [et al.] // *International Journal of Climatology*. 2002. Vol. 22. P. 1739–1755.
7. Parmesan C., Yohe G. A global coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems // *Nature*. 2003. Vol. 421. P. 37–42.
8. Impact of climate change on the flowering of *Rhododendron arboretum* in central Himalaya, India / K. S. Gaira [et al.] // *Current Science*. 2014. Vol. 106. P. 1735–1738.
9. Heide O. M. High autumn temperature delays spring bud burst in boreal trees, counterbalancing the effect of climatic warming // *Tree Physiology*, 2003. Vol. 23. P. 931–936.
10. Chilling and heat requirements for leaf unfolding in European beech and sessile oak populations at the southern limit of their distribution range / C. F. Dentec [et al.] // *International Journal of Biometeorology*. 2014. Vol. 58. P. 1853–1864.
11. Gordo O., Sanz J. Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems // *Global Change Biology*. 2010. Vol. 16. P. 1082–1106.
12. Ваниев А. Г., Салбиева М. Г. Экологическая оценка адаптивности интродуцентов *Magnolia kobus* и *Magnolia soulangeana* к условиям г. Владикавказ // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2016. № 46. С. 121–124.
13. Лапин П. И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // *Бюл. ГБС*. 1967. Вып. 65. С. 18–25.
14. Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. М.: Высш. шк., 1977. 288 с.
15. Петухова И. П. Эколого-физиологические основы интродукции древесных растений. М.: Наука, 1981. 124 с.

References

1. Kameneva L. A. *Biologiya tsveteniya i plodonosheniya predstaviteley roda Magnolia L. (Magnoliaceae Juss.) v usloviyakh kul'tury na yuge rossiiskogo Dal'nego Vostoka. Avtoreferat dissertatsii kandidata biologicheskikh nauk* [Biological features of flowering and fruiting of introduced species of the genus *Magnolia L. (Magnoliaceae Juss.)* in the Russian Far East. Abstract of thesis PhD (Biological)]. Vladivostok, 2018. 18 p. (In Russian).
2. Minchenko N. F., Korshuk T. P. *Magnolii na Ukraine* [Magnolias in Ukraine]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1987. 184 p. (In Russian).
3. Post E., Stenseth N. C. Climatic variability, plant phenology, and northern ungulates. *Ecology*, 1999, vol. 80, pp. 1322–1339.
4. Menzel A., Fabian P. Growing season extended in Europe. *Nature*, 1999, vol. 397, p. 659.
5. Menzel A., Estrella N., Fabian P. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biology*, 2001, vol. 7, pp. 657–666.
6. Scheifinger H., Menzel A., Koch E., Peter C., Ahas R. Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in central Europe. *International Journal of Climatology*, 2002, vol. 22, pp. 1739–1755.
7. Parmesan C., Yohe G. A global coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 2003, vol. 421, pp. 37–42.
8. Gaira K. S., Rawal R. S., Rawat B., Bhatt I. D. Impact of climate change on the flowering of *Rhododendron arboretum* in central Himalaya, India. *Current Science*, 2014, vol. 106, pp. 1735–1738.
9. Heide O. M. High autumn temperature delays spring bud burst in boreal trees, counterbalancing the effect of climatic warming. *Tree Physiology*, 2003, vol. 23, pp. 931–936.
10. Dentec C.F., Vitasse M., Bonhomme M., Louvet J.M., Kremer A., Delzon S. Chilling and heat requirements for leaf unfolding in European beech and sessile oak populations at the southern limit of their distribution range. *International Journal of Biometeorology*, 2014, vol. 58, pp. 1853–1864.
11. Gordo O., Sanz J. Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 2010, vol. 16, pp. 1082–1106.
12. Vaniev A. G., Salbieva M. G. Ecological assessment of adaptability of introduced *Magnolia kobus* and *Magnolia soulangeana* to the conditions of Vladikavkaz. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2016, no. 46, pp. 121–124 (In Russian).
13. Lapin P. I. Seasonal rhythm of development of woody plants and its significance for introduction. *Bulleten' GBS* [GBS Bulletin], 1967, vol. 65, pp. 18–25 (In Russian).

14. Kuperman F. M. *Morfofiziologiya rasteniy* [Morphophysiology of plants]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1977. 288 p. (In Russian).

15. Petukhova I. P. *Ekologo-fiziologicheskiye osnovy introduksii drevesnykh rasteniy* [Ecological and physiological bases of introduction of woody plants]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 124 p. (In Russian).

Информация об авторах

Малевич Анна Михайловна – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории интродукции древесных растений. Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси (220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2В, Республика Беларусь). E-mail: neto4ka2010@mail.ru

Шпитальная Тамара Васильевна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией интродукции древесных растений. Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси (220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2В, Республика Беларусь). E-mail: t.shpitalnaya@cbg.org.by

Information about the authors

Malevich Anna Mihaylovna – PhD student, Junior Researcher, the Laboratory of Introduction of Woody plants. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2B, Surganova str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: neto4ka2010@mail.ru

Shpitalnaya Tamara Vasil'yevna – PhD (Biology), Head of the Laboratory of Introduction of Woody Plants. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences (2B Surganova str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: t.shpitalnaya@cbg.org.by

Поступила 15.03.2022

ТУРИЗМ И ЛЕСОХОТНИЧЬЕ ХОЗЯЙСТВО

TOURISM AND FOREST HUNTING

УДК 504.54:378:911.9

В. Л. Андреева

Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка

ОЦЕНКА АТТРАКТИВНОСТИ РЕСУРСОВ УЧЕБНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРОП

Эстетическая оценка привлекательности позволяет выделить наиболее перспективные территории для образовательно-просветительной деятельности и рекреационного туризма, что связано с выделением и отбором уникальных объектов, с достаточно высокой степенью сохранности, ценности (прежде всего с учебно-просветительной точки зрения), обладающих высоким природно-ресурсным потенциалом. В статье приведена модифицированная методика оценки аттрактивности учебно-экологических троп. Проанализирован выбор отбора критериев учета эстетической привлекательности ресурсов учебно-экологических троп. Критерии оценки определяются функциональным назначением, непосредственно пользователями и напрямую зависят от ресурсного потенциала территории. Разработанная матрица для оценки аттрактивности учебно-экологической тропы включает такие блоки как композиционное устройство пейзажа, общая привлекательность ландшафта и характеристика природных компонентов – геолого-литологических, геоморфологических, климатических, гидрологических, растительного покрова и животного мира. В каждом блоке выделены критерии, которые оцениваются в баллах. На основе подготовленной матрицы выполнена оценка учебно-экологической тропы в границах Минского района (центральная часть Республики Беларусь). Анализ оценок каждого из остановочных пунктов на маршруте позволяет судить о степени аттрактивности каждого, помогает выявить потенциал территории, отобрать наиболее «интересные» объекты и определить тематику каждого пункта маршрута.

Ключевые слова: пейзажно-эстетическая привлекательность, оценка аттрактивности, учебно-экологическая тропа, туристский потенциал, экологическое образование, рекреационная география.

Для цитирования: Андреева В. Л. Оценка аттрактивности ресурсов учебно-экологических троп // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 94–104.

V. L. Andreeva

Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University

ASSESSMENT OF THE ATTRACTIVENESS OF EDUCATIONAL AND ECOLOGICAL TRAILS RESOURCES

Aesthetic assessment of attractiveness allows us to identify the most promising territories for educational and educational activities and recreational tourism, which is associated with the selection and selection of unique objects with a sufficiently high degree of preservation, value (primarily from an educational and educational point of view), with high natural resource potential. The article presents a modified methodology for assessing the attractiveness of educational and ecological trails. The choice of selection criteria for taking into account the aesthetic attractiveness of the resources of educational and ecological trails is analyzed. The evaluation criteria are determined by the functional purpose, directly by the users and directly depend on the resource potential of the territory. The developed matrix for assessing the attractiveness of the educational and ecological path includes such blocks as the compositional structure of the landscape, the overall attractiveness of the landscape and the characteristics of natural components – geological, lithological, geomorphological, climatic, hydrological, vegetation and wildlife. In each block, criteria are highlighted, which are evaluated in points. Based on the prepared matrix, an assessment of the educational and ecological path within the boundaries of the Minsk district (the central

part of the Republic of Belarus) was carried out. An analysis of the assessments of each of the stopping points on the route allows us to judge the degree of attractiveness of each, helps to identify the potential of the territory, select the most “interesting” objects and determine the subject of each point of the route.

Key words: landscape and aesthetic attractiveness, attractiveness assessment, educational and ecological trail, tourist potential, environmental education, recreational geography.

For citation: Andreeva V. L. Assessment of the attractiveness of educational and ecological trails resources. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 94–104 (In Russian).

Введение. Вопросам разработки учебно-экологических троп в настоящее время уделяется особое внимание в связи с необходимостью изучения проблемы устойчивого развития Республики Беларусь, связанной с сохранением природно-ресурсного потенциала территории и охраной окружающей среды. Основная цель создания учебно-экологических троп заключается в формировании мировоззрения, экологического воспитания, культуры и образования населения республики, в совмещении рекреационной и образовательно-просветительской функций.

С целью отбора наиболее экономически и экологически перспективных территорий для разработки учебно-экологических троп, а также в целом для развития сферы туризма, рекреации и обучения необходимо осуществить анализ и оценку комплексного разнообразия компонентов ландшафтов тропы, изучить информационную емкость, устойчивость к рекреационным нагрузкам, уровень комфортности и привлекательности.

Эстетическая привлекательность (аттрактивность) – универсальная характеристика восприятия объектов, возникающая при совпадении особенностей объекта и его представлений (индивидуальных и/или общественных) о красоте вообще и красоте подобного рода объектов [1].

Эстетическая привлекательность территории определяется двумя типами оценок.

Изучается идентичность предполагаемых потребителей, их мотивов и потребностей в соответствии с функциями и направлением деятельности объекта, а также с историческими особенностями территории. Это так называемая ментальная субъективная оценка [2, 3]. Исследователи изучают географию потенциальных посетителей: местожительство – городской или сельский житель, представитель равнинной или горной местности [4], принадлежность к этнической группе [5], возраст [1], социальный статус, эмоциональное состояние [6]. Учет данных осуществляется на основе анализа анкет, опросников общественного предпочтения.

Оценка привлекательности художественно-эстетического образа ландшафта определяется его функционально-динамическими свойствами, которые напрямую или косвенно оказывают

влияние на органы чувств [4] и фиксируются как обычными посетителями, так и специалистами в данной области (экологами, географами, ландшафтными дизайнерами и др.). Такая оценка может быть качественной (описательной) и количественной – в виде баллов, индексов, коэффициентов [7].

Анализ литературы показал, что эстетические свойства ландшафта определяются его целостностью, композиционным устройством (просматриваемостью, гармоничностью), отличительными особенностями (экзотичностью, уникальностью), мозаичностью территории (разнообразием форм и красок), балансом природных и антропогенных, в том числе культурно-исторических, объектов [1, 8]. Привлекательность ландшафта напрямую связана с физико-географическими характеристиками отдельных его компонентов (геолого-литологическими, геоморфологическими, климатическими, в том числе природными явлениями, особенностями водных объектов, почво-растительным покровом и географией представителей животного мира). На степень эстетической привлекательности будет влиять разнообразие социально-культурных объектов, уровень экономического развития изучаемых ландшафтов.

Основная часть. Выбор критериев учета эстетической привлекательности учебно-экологических троп определяется в первую очередь ее функциональным назначением и пользователями и зависит от ресурсного потенциала территории [9].

Учебно-экологическая тропа представляет собой специализированный маршрут в природе, созданный с целью организации и проведения в его границах учебно-просветительской работы по изучению природных объектов, процессов и явлений природы, а также по изучению антропогенно преобразованных и техногенных ландшафтов.

Экотропы рассчитаны на посещение учащимися разных возрастов. Они доступны для других категорий населения, поскольку общая протяженность учебно-экологической тропы не должна превышать 2–3 км (из расчета, что маршрут прокладывают вблизи учреждений образования – в парках, лесопарках, зеленых зонах).

Для выделения критериев оценки аттрактивности изначально необходимо изучить особенности ресурсного потенциала территории, где предполагается заложение учебно-экологической тропы. С этой целью была выбрана территория окрестностей деревень Крыжовка – Зеленое Минского района, расположенная в границах железнодорожного полотна Минск – Молодечно.

Данная территория отличается высоким разнообразием природных и антропогенных объектов.

Согласно физико-географическому районированию эта территория относится к Белорусской гряде [10] и представляет собой узел фронтальных гряд краевых разновозрастных образований, сформировавшихся во время днепровского и сожского (ошмянская и моголевская стадии) оледенений. Сложность рельефа усиливают как древние – моренные, водно-ледниковые, озерно-ледниковые, так и современные отложения (аллювиальные, болотные, делювиальные). Среди форм рельефа выделяют следующие формы: кам, ложбину стока древнего водотока. Рельеф местности – среднехолмистый и увалистый, с высотами 220–250 м и относительной высотой в 40–50 м, отличается неравномерностью расчленения. Густота эрозионного расчленения колеблется от 0,1 до 3,5 км/км² и более, минимальный показатель на территории района составляет 0,3–0,5 км/км².

По климатическим показателям территория исследования входит в центральную климатическую область [11].

В границах исследуемого участка протекает меандрирующая с хорошо выраженной центральной поймой малая река Поплав, правый приток реки Свислочь, с водосбором 47 км².

Почвенный покров района сложный. На повышенных участках преобладают дерново-подзолистые сильно- и среднеподзоленные, иногда эродированные почвы, развивающиеся на легких завалуненных моренных суглинках и гравийно-хрящеватых песках и супесях, подстилаемых моренными суглинками. На отдельных повышенных участках встречаются бурые лесные почвы. В понижениях рельефа распространены дерново-подзолистые глееватые и глеевые, встречаются торфянисто-болотные переходного типа, а в границах поймы реки распространение имеют аллювиальные почвы. Почвообразующие породы здесь представлены песками разнозернистыми, с гравием и галькой; супесями, реже суглинками и торфом.

Исследуемая территория входит, согласно геоботаническому районированию [12], к подзоне дубово-темнохвойных лесов. Однако с достаточно высокой степенью антропогенного влияния здесь представлена вторичная лесная

растительность, представленная листьями брусничными, кисличными, снытьевыми и черничными. Растительный покров представлен лесной, болотной и луговой типами растительности. Выявлены ареалы распространения высших сосудистых краснокнижных растений (арника горная, лилия саранская, баранец обыкновенный), пресноводных красных водорослей – батрахоспермума.

При оценке эстетической привлекательности необходимо рассматривать антропогенные и природные ландшафты как взаимодополняющие друг друга [13].

Из антропогенных объектов в образовательных целях интерес представляет законсервированный песчаный карьер и объект геодезической сети – триангуляционный пункт.

В результате анализа литературных источников и практического опыта нами были выделены восемь тематических блоков, отражающих особенности природы и структурную составляющую пейзажа изучаемой территории.

Изначально определяется блок «Композиционное устройство пейзажа». Пейзажный образ закрепляется в сознании и в дальнейшем оценивается благодаря внутренней структуре ландшафта [14], его многоплановости и глубины перспективы, наличия узлов, кулис, определяемых из видовой точки [9, 15]. По этой причине нами были выделены три категории.

Перспектива в ландшафте может быть близкой, промежуточной и отдаленной, она определяется соотношением глубины пейзажа к его обзорной ширине [16]. При этом различают многоплановость фронтальную (одноплановый пейзаж), объемную (2–3 пейзажа) и глубинно-пространственную (имеет далекую перспективу) [17, 18].

Кулисы способствуют созданию эффекта рамки, указывая на степень заполненности пространства.

Узлы в композиции создают эстетический эффект, максимальный при наличии 3, но не более 5 узлов [9, 17, 15]. Линейные объекты ландшафта образуют оси композиции, они, как и узлы, притягивают внимание наблюдателей. Следует выделять основную, главную, ось в композиции.

На оценку аттрактивности будет влиять местоположение обзорных (видовых) точек [4, 18]. Выделяют три варианта видовых точек в зависимости от обзора – узкого, секторного, панорамного и кругового типов [19]. Использование ГИС-технологий (программа ArcGIS) позволяет определить зоны видимости и скорректировать местоположение смотровых площадок [20].

В понятийный блок «Общая привлекательность ландшафта» для оценивания были включены такие категории ландшафтов, как коммуникации, наличие природоохранных, культурно-исторических, антропогенно преобразованных и

техногенных объектов, наличие контрастных биогеоценозов, способствующих формированию экотонного эффекта, степень антропогенной нарушенности территории, доступность.

Категория «Коммуникации» предполагает тактильную (движение потока ветра), одорическую (запах «грозы», свежескошенной травы), органолептическую (вкус ягод, орехов), звуковую (шум леса, дождя, течения воды в реке) и зрительную коммуникацию. Последняя определяется цветовой палитрой различных сезонов года [4, 13, 16].

Наличие как природоохранных, культурно-исторических, так и антропогенно преобразованных, техногенных объектов [6] может усиливать аттрактивность экотропы. Это возможно при условии, когда данные объекты будут рассматриваться в качестве образовательного полигона, а малый 3-балльный диапазон подчеркнет учебный, а не рекреационный характер учебной тропы.

В данный блок не был внесен критерий «наличие инфраструктуры», поскольку учебно-экологическая тропа предполагает относительную близость размещения к местожительству основных посетителей. Критерий «безопасность» предполагает удобство подхода к смотровым точкам; «степень нарушенности» указывает на антропогенный прессинг со стороны посетителей на почвенный покров, уплотнение почв [21] и формирование разветвленной тропичной сети.

В границах лесопарков и пригородных лесов наблюдается усиление экотонного эффекта, увеличивается разнообразие напочвенного покрова [22]. Оно определяется отношением протяженности граничных полос к площади территории [16, 23]. В работе была применена модифицированная шкала оценок степени контрастности природных комплексов [24].

Среди критериев геолого-литологического блока нами были выделены только два – цвет грунта (однотонный или пестроцветный) и генезис отложений. Многие авторы предлагают включать в качестве критерия оценки геологические обнажения, останцы [25, 26], учитывать разнообразие горных пород и минералов.

По мнению ряда авторов, рельеф, его выразительность, являются основой эстетического ресурса территории [8, 25, 27]. Равнинность рельефа Беларуси определила основные критерии: степень холмистости и его влияние на контрастность и неоднородность территории. Учет формы, крутизны и экспозиции склонов определяют их внешний вид [27], что связано с особенностями перераспределения потоков вещества и энергии. В целях обучения в качестве смотровых площадок следует включать в состав

экотропы ярко выраженные отдельные формы рельефа как естественного происхождения (например, камы), так и антропогенного (карьеры, овраги), необходимо учитывать форму и экспозицию [28], крутизну склонов [29, 30].

При оценке аттрактивности отработанного карьера необходимо рассматривать генезис отложений (вертикальную дифференциацию) одновременно со степенью сохранности объекта [31].

Сфера интересов медицинской географии заключается в изучении климатических рекреационных ресурсов и оценивании степени комфортности климата для жизнедеятельности населения. Среди критериев оценки биоклиматических показателей территории используют индекс СИТ (в основе которого лежат среднесуточные метеорологические наблюдения), [32]; индекс изменчивости погоды [33]. Часто выделяют такие показатели, как среднее многолетнее число дней с благоприятной погодой в определенный период (сезон) года; продолжительность летнего комфортного периода с $t \geq 15^\circ\text{C}$, количество солнечных дней в году [34, 35].

Нами в этом блоке были отобраны два критерия: среднесуточная температура воздуха $+10^\circ\text{C}$, на основе требований [36] и наличие опасных метеоявлений. Частоту проявления неблагоприятных и опасных метеорологических явлений, к которым относятся туман, сильный ветер, продолжительный дождь, град и др., необходимо учитывать посезонно, поскольку основная нагрузка на тропу приходится в учебный период.

Водные объекты усиливают аттрактивность, поэтому учебно-экологическую тропу рекомендуется разрабатывать при наличии в ее предполагаемых границах хотя бы одного водного объекта.

Выделяют универсальные критерии аттрактивных оценок различных водных объектов, например морфометрические параметры, цвет воды, характер береговой линии. Некоторые авторы в их качестве используют такие критерии, как наличие стариц, степень извилистости русла, конфигурация водного зеркала [35, 37], для водохранилищ – это определенный уровень воды, когда не просматривается «мертвая зона» [38].

Оценку растительного покрова чаще производят комплексно.

Большинство исследователей, изучающих аттрактивность рекреационных лесов, парков и лесопарков, рассматривают лесистость, просматриваемость территории, видовой состав, эстетическую ценность пород, класс, возраст древостоя, количество ярусов (вертикальное расчленение) и разнообразие растительного покрова [39, 40].

Критерий «лесистость» территории определяется назначением объекта (учебно-просветительной и/или образовательной деятельностью),

высший балл получают территории чаще с покрытием от 59 до 85% [7, 9, 39]. Аттрактивность усиливается наличием открытых пространств (опушек, вырубок) [19].

Тип растительности определялся по естественной и синантропной растительностям. Самое малое значение имеет рудеральная растительность, выше – культурная (сегетальная), еще на балл выше значения у болотной и луговой, максимальные значения у лесной, причем мелколиственные и еловые леса с валежником получают меньшую отметку по сравнению со светлохвойными и широколиственными лесами.

Если в пейзаже встречаются инвазивные виды, то значение эстетической привлекательности понижается, однако при наличии отдельных экземпляров баллы не снижают, что объясняется исключительно просветительными целями. Некоторые ученые допускают наличие единичных случаев усохших деревьев в каче-

стве декоративных элементов, улучшающих эстетическую привлекательность лесных ландшафтов [41].

В учебных целях наибольший интерес представляет учет разнообразия фитоценозов, наличия «полезных» растений (дикорастущих плодово-ягодных, лекарственных растений, грибов) [15, 42, 43].

Оценка видového разнообразия определялась нами по методике [44]. Выделение блока «Животный мир» предполагал учет кровососущих и наблюдение за небольшими птицами, млекопитающими и т. п.

На основании вышеуказанных критериев была подготовлена матрица с последующим выделением суммарного балла эстетической привлекательности учебно-экологической тропы (таблица).

Диапазон шкалы оценок лежит в пределах от 0 до 3 баллов.

Критерии оценки аттрактивности учебно-экологических троп

Инфо-блок	Разновидность критерия	Шкала оценок	Балл по остановочным пунктам										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Композиционное устройство пейзажа	Многоплановость	Фронтальная (одноплановая) Объемная (несколько планов) Глубинная (пейзажи с далекой перспективой)	2	1	1	2	2	1	2	2	2	3	2
	Наличие и количество композиционных узлов	Нет До 4-х единиц 4–5 единиц Выше 5 единиц	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	
	Наличие кулис	Нет Одна Две	1	2	2	2	2	1	0	2	2	2	
Общая привлекательность ландшафта	Цветовая гамма (зрительная коммуникация)	Черный, серый, коричневый; Красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий Голубой и зеленый с контрастными проявлениями оранжевого и белого цвета	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	
	Звуковая коммуникация	Антропогенный звук (шум автотрассы, работа двигателя) Звук природы (пение птиц, шелест листьев)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Одорическая коммуникация	Антропогенный запах (гари, дыма) Естественный запах (свежести)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Наличие культурно-исторических объектов	Нет 1–2 3 и более	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Наличие природоохранных объектов	Нет Местного значения Республиканского значения и выше	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Экотонный эффект (контрастность)	Нет Поле – луг, кустарничковые заросли – луг, карьер – лес; Лес – луг (поле), лес – водоем	1	0	1	0	0	0	1	0	2	1	
	Рекреационное использование	Нет Есть места пассивного отдыха (лавочки) Есть места активного отдыха (велодорожки, тренажеры)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Степень нарушения территории	Сильноизмененные Измененные Слабоизмененные	1	2	2	1	2	2	0	1	1	0	
	Доступность к посещению, близость	Лесной тропы Грунтовой дороги Наличие автотрассы	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2	

Окончание таблицы

Инфо-блок	Разновидность критерия	Шкала оценок	Балл по остановочным пунктам									
Геолого-литологические особенности	Особенности цвета грунта	Однотонный Пестроцветные виды отложений	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1
	Генезис отложений, количество	Один Два Более трех	1	1	2	0	1	1	3	1	2	1
Выраженность рельефа	Степень холмистости рельефа	Ровный Слабо холмистый Холмистый	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1
	Наличие ярко выраженных форм рельефа	Нет Карьер, набережная Овражно-балочная сеть, холмы, долинный комплекс, камы, озовые гряды	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	Форма склонов	Выпуклые Прямые Вогнутые	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Экспозиция склонов	Северная, северо-восточная, северо-западная составляет более 50% Южная, юго-восточная, юго-западная составляет более 50%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Климатические особенности территории	Наличие особо опасных метеоявлений	Часто (туманы, ураганные ветры, грозы и т. п.) (-2 балла) Очень редко (-1 балл) Крайне редко	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
	Среднесуточная температура воздуха +10°C	Ниже 5 мес. Выше 5 мес.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Выраженность водных объектов	Наличие водных и заболоченных объектов	Нет Заболоченные участки луга, сухие балки, оросительные каналы Болота, малые ручьи Реки, озера, водохранилища	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Выраженность береговой линии	Нет Не выраженная Берег без открытого прохода к воде Открытый берег, наличие пляжа	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Растительный покров	Тип пространства	Залесенность менее 30% Залесенность от 30 до 60% Залесенность более 60%	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Тип растительности	Рудеральная Сегетальная Луговая, болотная Лесная (мелколиственные породы, темнохвойные древостой с валежником) Лесная (широколиственные породы, светлохвойный древостой)	3	4	2	4	3	3	0	2	4	3
	Видовое разнообразие	Низкое Среднее Высокое	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Наличие «полезных» растений	Нет Красиво цветущие Ягоды, грибы, лекарственные растения	0	1	2	1	2	2	2	1	2	1
Животный мир	Наличие кровососущих насекомых	Да, клещи Да, комары, мошки Нет	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Наличие мелких животных (птиц, белок и т. п.)	Нет Да	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Общая сумма максимальных баллов			24	29	28	25	26	25	24	23	33	28

Заключение. Анализ оценок каждого из остановочных пунктов на маршруте показал, что средний балл аттрактивности составляет 26,5 из 60 возможных и определяется как показатель чуть ниже среднего. С точки зрения многоплановости наиболее выделяется остановочный пункт (ОП) № 9. По критерию цветовой гаммы ОП № 2, 3, 6 получили высокие баллы. Все ОП имели до 4 единиц узлов, поэтому получили по 1–2 балла. Кулис не имеет только ОП № 7.

Все ОП не находятся в зоне особо опасных климатических явлений, поэтому могут эксплуатироваться во все сезоны. С точки зрения разнообразия растительности и богатства древесных пород выделяются ОП № 2, 4, 9.

Учет результатов оценки эстетической привлекательности учебно-экологических троп помогает выявлять потенциал территории, отбирать наиболее «интересные» объекты для использования в учебно-просветительских целях и рекреации.

Список литературы

1. Назаренко О. В., Рубан Д. А., Заяц П. П. Эстетическая аттрактивность водных объектов (родников и водопадов) на юге России: апробация новой методики // Географический вестник. 2015. № 3 (34). С. 18–25.
2. Воронина Ю. Н. Оценка привлекательности туристских ресурсов на особо охраняемых территориях // Вестник Рязанского государственного университета им. С. А. Есенина. 2016. № 2 (51). С. 198–207.
3. Дашкова Е. В. Экологическая тропа: сущность и особенности проектирования // Вестник Чеченского государственного университета имени А. А. Кадырова. 2017. № 1 (25). С. 107–112.
4. Горбунов Р. В., Табунщик В. А., Горбунова Т. Ю. Нерешенные теоретические и методологические вопросы при эстетической оценке ландшафтов // Географический вестник. 2020. № 3 (54). С. 6–22.
5. Красовская Т. М. Эстетические функции ландшафтов: методические приемы оценок и сохранения // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Вып. 10, № 2. С. 51–55.
6. Корф Е. Д. Критерии оценки туристической аттрактивности геологических объектов горной местности // Евразийский Союз Ученых. 2014. № 7-7. С. 149–151.
7. Чурилова Э. А., Лопина Е. М. Опыт изучения эстетическо-потребительских параметров среды // Московский экономический журнал. 2021. № 6. С. 301–312. DOI: 10.24412/2413-046X-2021-10332.
8. Кириллова А. В. Рельеф как фактор эстетической привлекательности ландшафта // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. № 2. С. 104–108.
9. Evaluation of the Natural Landscape Aesthetic: a Case Study of Uvs Province, Mongolia // Polish Journal of Environmental Studies / E. Naranhuu [et al.] 2021. № 6. P. 1–13. DOI: 10.15244/pjoes/132788.
10. Матвеев А. В., Гурский Б. Н., Левицкий Р. Н. Рельеф Белоруссии. Минск: Университетское, 1988. 318 с.
11. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. Минск: Ин-т геологич. наук АН Беларуси, 1996. 400 с.
12. Голод Д. С., Юркевич И. Д., Адерихо В. С. Проблемы геоботанической картографии в Белоруссии // Геоботаническое картографирование. 1976. С. 60–62.
13. Грудинина Н. А. Эстетическое качество туристско-рекреационных ландшафтов как индикатор их устойчивого развития // Вестник Тамбовского университета. Сер. Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, № 2. С. 584–587.
14. Блинова Е. К. Созерцание ландшафта как эмпирическая практика // Международный журнал исследований культуры. 2020. № 4 (41). С. 170–185.
15. Дишин Д. А. Методика оценки рекреационного потенциала водных объектов // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Иркутск, 23–27 сент. 2019 г. Иркутск, 2019. С. 828–832.
16. Анисимова С. В. Эстетическая оценка водного объекта для определения его рекреационной пригодности // Вісник Харківського Національного автомобільно-дорожнього університету. 2011. № 52. С. 156–161.
17. Гродзинский М. Д., Савицька О. В. Эстетика ландшафту. Київ: Київ. ун-т, 2005. 270 с.
18. Шеремет Э. А., Калуцкова Н. Н., Дехнич В. С. Визуальные свойства ландшафтов и методы их оценки с применением ГИС (на примере Белоградчишских скал (Болгария)) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2021. Т. 27, № 2. С. 191–204. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-191-204.
19. Николаев В. А. Ландшафтоведение: Эстетика и дизайн. М.: Аспект Пресс, 2005. 176 с.
20. Ротанова И. Н., Васильева О. А. Оценка эстетической привлекательности ландшафтов проектируемого природного парка «Предгорье Алтая» с применением геоинформационных технологий // Наука и туризм: стратегии взаимодействия. 2017. № 7 (5). С. 29–36.

21. Захаров С. Г., Кулик И. В. Тропа и рекреационная нагрузка: новый метод определения уплотнения почв на тропах // Географический вестник. 2017. № 2 (41). С. 109–117.
22. Валиева А. К., Казанцева М. Н. Влияние рекреации на опушечный экотон // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 56. С. 171–174.
23. Корляков К. А. Основные положения теории экотонных экосистем // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. 2019. Т. 1, № 4 (27). С. 3–10.
24. Веденин Ю. А., Филиппович А. С. Опыт выявления и картирования пейзажного разнообразия природных комплексов // Географические проблемы организации туризма и отдыха. 1975. Вып. 2. 1975. С. 39–48.
25. Анфимова Г. В. Организационно-правовые аспекты сохранения эталонных геологических разрезов // J. of Geology, Geography and Geocology. 2016. Т. 24 № 1. С. 3–12.
26. Гонтарева Е. Ф., Рубан Д. А. Эстетическая привлекательность выходов флиша в окрестностях города Новороссийска (Краснодарский край) как предпосылка регионального развития геологического туризма // Вестник кафедры географии Восточно-Сибирской государственной академии образования. 2014. № 4. С. 22–29.
27. Никифорова Е. М. Эстетические свойства рельефа на ряде участков Рязанской области и их влияние на рекреационный потенциал территории // Тенденции и проблемы развития индустрии туризма и гостеприимства: материалы 5-й Межрегионал. науч.-практич. конф., Рязань, 15 нояб. 2018 г. Рязань, 2018. С. 29–34.
28. Кочуров Б. И., Буцацкая Н. В. Оценка эстетического потенциала ландшафтов // Юг России: экология, развитие. 2007. № 4. С. 25–33.
29. Хворостухин Д. П., Сизова А. Д. Разработка методики оценки привлекательности обзорной точки с использованием ГИС-технологий // Современные проблемы территориального развития. 2017. № 3. С. 1–12.
30. Олексійченко Н. О., Гатальська Н. В. Покомпонентний підхід дослідження естетики ландшафту // Біоресурси і природокористування. 2017. Т. 9, № 5–6. С. 131–140.
31. Wacziarg E., Lorenc M. W., Kaźmierczak U. The Landscape Attractiveness of Abandoned Quarries // Geoheritage. 2017. No. 5. DOI: 10.1007/s12371-017-0231-6.
32. Рыбак О. О., Рыбак Е. А. Применение климатических индексов для оценки региональных различий туристической привлекательности // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 425–448. DOI: 10.21515/1990-4665-121-016.
33. Телеш И. А. Применение геоинформационных технологий при геоэкологической оценке комфортности климата городов Беларуси (на примере г. Витебска) // Big Data and Advanced Analytics. 2019. № 5. С. 391–405.
34. Псковских (Гудковских) М. В. Туризм в Тюменской области: потенциал и территориальная организация: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.24. Пермь, 2015. 23 с.
35. Абрамова И. В., Стенько С. А. Природный и культурно-исторический потенциал Брестской области для развития экологического туризма // Псковский регионологический журнал. 2017. № 1 (29). С. 76–91.
36. Специфические санитарно-эпидемиологические требования к содержанию и эксплуатации учреждений образования: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 07.08.2019, № 525. URL: https://adu.by/images/2019/08/Post_sovMina_RB_SET_07_08_2019_nomer_525.pdf (дата обращения: 13.12.2021).
37. Токарчук С. М., Токарчук О. В., Охримук И. В. Оценка эстетического потенциала водных объектов Брестской области // Псковский регионологический журнал. 2017. № 4 (32). С. 40–53.
38. Sargentis G.-F., Hadjibiros K., Christofides A. Plastiras Lake: the impact of water level on the aesthetic value of the landscape // Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology (9CEST), Rhodes island, Greece, 1–3 September 2005. No. B. P. 817–824.
39. Ильин В. Н., Мулендеева А. В., Никитина А. С. Оценка ландшафтно-эстетической привлекательности пригородных лесов г. Чебоксары // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45, № 3. С. 288–300.
40. Нешатаева Е. В., Ковязин Е. В. Методика оценки комфортности рекреационных лесов // Проблемы региональной экологии. 2014. № 2. С. 146–151.
41. Гизатуллина Г. И. Лесоводственно-экологическая характеристика насаждений общего пользования в г. Уфе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 25.00.23. Уфа, 2018. 24 с.
42. Севко О. А. Вычисление эстетической оценки ландшафтов (на примере постоянных пробных площадей Негорельского учебно-опытного лесхоза) // Труды БГТУ. 2013. № 1. Лесное хозяйство. С. 48–50.

43. Дирин Д. А., Попов Е. С. Оценка пейзажно-эстетической привлекательности ландшафтов: методологический обзор // Известия Алтайского государственного университета. 2010. № 3. С. 120–124.
44. Романова Т. А. Опыт количественной оценки разнообразия лесов Беловежской пуши // Природные ресурсы. 1997. № 3. С. 33–46.

References

1. Nazarenko O. V., Ruban D. A., Zayats P. P. Aesthetic attractiveness of water bodies (springs and waterfalls) in the south of Russia: approbation of a new technique. *Geograficheskiy vestnik* [Geographical Bulletin], 2015, no. 3 (34), pp. 18–25 (In Russian).
2. Voronina Yu. N. Assessment of the attractiveness of tourist resources in specially protected areas. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S. A. Esenina* [Bulletin of Ryazan State University named after S. A. Yesenin], 2016, no. 2 (51), pp. 198–207 (In Russian).
3. Dashkova E. V. Ecological path: the essence and features of design. *Vestnik Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta imeni A. A. Kadyrova* [Bulletin of the Chechen State University named after A. A. Kadyrov], 2017, no. 1 (25), pp. 107–112 (In Russian).
4. Gorbunov R. V., Tabunshchik V. A., Gorbunova T. Yu. Unsolved theoretical and methodological issues in the aesthetic assessment of landscapes. *Geograficheskiy vestnik* [Geographical Bulletin], 2020, no. 3 (54), pp. 6–22 (In Russian).
5. Krasovskaya T. M. Aesthetic functions of landscapes: methodological methods of assessment and conservation. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov* [Geopolitics and ecogeodynamics of regions], 2014, issue 10, no. 2, pp. 51–55 (In Russian).
6. Korf E. D. Criteria for assessing the tourist attractiveness of geological objects of mountainous terrain. *Evrasiyskiy Soyuz Uchenykh* [Eurasian Union of Scientists], 2014, no. 7-7, pp. 149–151 (In Russian).
7. Churilova E. A., Lopina E. M. The experience of studying the aesthetic-consumer parameters of the environment. *Moskovskiy ekonomicheskiy zhurnal* [Moskov economic magazine], 2021, no. 6, pp. 301–312. DOI: 10.24412/2413-046X-2021-10332 (In Russian).
8. Kirillova A. V. Relief as a factor of aesthetic attractiveness of the landscape. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* [Bulletin of Udmurt University], Ser. Biology. Earth sciences, 2012, no. 2, pp. 104–108 (In Russian).
9. Naranhuu E., Batsuren D., Lkhagvasuren Ch., Dash D., Altanbold E., Bilegsaikhan M., Boldbaatar N., Abel G. Evaluation of the Natural Landscape Aesthetic: a Case Study of Us Province, Mongolia. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2021, no. 6, pp. 1–13. DOI: 10.15244/pjoes/132788.
10. Matveev A. V., Gursky B. N., Levitsky R. N. *Rel'yef Belorussii* [Relief of Belarus]. Minsk, Universitetskoye Publ., 1988. 318 p. (In Russian).
11. *Klimat Belarusi* [Climate of Belarus]. Ed. by V. F. Loginov. Minsk, Institute of Geological Sciences of the Academy of Sciences of Belarus Publ., 1996. 400 p. (In Russian).
12. Golod D. S., Yurkevich I. D., Adericho V. S. Problems of geobotanical cartography in Belarus. *Geobotanicheskoye kartografirovaniye* [Geobotanical mapping], 1976, pp. 60–62 (In Russian).
13. Grudinina N. A. Aesthetic quality of tourist and recreational landscapes as an indicator of their sustainable development. *Vestnik Tambovskogo universiteta* [Bulletin of Tambov University], ser. Natural and technical sciences, 2013, vol. 18, no. 2, pp. 584–587 (In Russian).
14. Blinova E. K. Contemplation of the landscape as an empirical practice. *Mezhdunarodnyy zhurnal issledovaniy kul'tury* [International Journal of Cultural Studies], 2020, no. 4 (41), pp. 170–185 (In Russian).
15. Dirin D. A. Methodology for assessing the recreational potential of water bodies. *Geograficheskiye osnovy i ekologicheskiye printsipy regional'noy politiki prirodopol'zovaniya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Geographical foundations and ecological principles of regional environmental policy: materialy International Scientific and Practical Conference], Irkutsk, 2019, pp. 828–832 (In Russian).
16. Anisimova S. V. Aesthetic assessment of a water body to determine its recreational suitability. *Visnyk Kharkivs'kogo Natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universitetu* [Vesnik Harkiv National automobile and road university], 2011, no. 52, pp. 156–161 (In Russian).
17. Grodzinsky M. D., Savitska O. V. *Estetyka landshaftu* [Aesthetics of the landscape]. Kiev, Kiev University Publ., 2005. 270 p. (In Ukraine).
18. Sheremet E. A., Kalutskova N. N., Dekhnich V. S. Visual properties of landscapes and methods of their assessment using GIS (on the example of the Belogradchish rocks (Bulgaria)). *InterKarto. InterGIS* [InterCarto. InterGIS], 2021, vol. 27, no. 2, pp. 191–204. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-191-204 (In Russian).
19. Nikolaev V. A. *Landshaftovedeniye: Estetika i dizayn* [Landscape studies: Aesthetics and design]. Moscow, Aspect Press Publ., 2005. 176 p. (In Russian).

20. Rotanova I. N., Vasilyeva O. A. Assessment of aesthetic attractiveness of landscapes of the projected natural park “Foothills of Altai” with the use of geoinformation technologies. *Nauka i turizm: strategii vzaimodeystviya* [Science and tourism: strategies of interaction], 2017, no. 7 (5), pp. 29–36 (In Russian).
21. Zakharov S. G., Kulik I. V. Trail and recreational load: a new method for determining soil compaction on trails. *Geograficheskiy vestnik* [Geographical Bulletin], 2017, no. 2 (41), pp. 109–117 (In Russian).
22. Valieva A. K., Kazantseva M. N. Influence of recreation on the pubescent ecotone. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2020, no. 56, pp. 171–174 (In Russian).
23. Korlyakov K. A. The main provisions of the theory of ecotonic ecosystems. *Vestnik Soveta molodykh uchionykh i spetsialistov Chelyabinskoy oblasti* [Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk region], 2019, vol. 1, no. 4 (27), pp. 3–10 (In Russian).
24. Vedenin Yu. A., Filippovich A. C. Experience of identifying and mapping landscape diversity of natural complexes. *Geograficheskiye problemy organizatsii turizma i otdykha* [Geographical problems of Tourism and Recreation organization], 1975, issue 2, pp. 39–48 (In Russian).
25. Anfimova G. V. Organizational and legal aspects of preserving Etalon Geological sections. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2016, vol. 24, no. 1, pp. 3–12 (In Russian).
26. Gontareva E. F., Ruban D. A. Aesthetic attraction of flea exits in the vicinity of the city of Novorossiysk (Krasnodar Territory) as a prerequisite for the regional development of geological tourism. *Vestnik kafedry geografii Vostochno-Sibirskoy Gosudarstvennoy Akademii obrazovaniya* [Bulletin of the Department of Geography of the East Siberian State Academy of Education], 2014, no. 4, pp. 22–29 (In Russian).
27. Nikiforova E. M. Aesthetic properties of relief on a number of sites of the Ryazan Region and their influence on the recreational potential of the territory. *Tendentsii i problemy razvitiya industrii turizma i gostepriimstva: materialy 5-y Mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Trends and problems of development of the tourism and hospitality industry: materials of the 5th Inter regional Scientific and Practical Conference]. Ryazan, 2018, pp. 29–34 (In Russian).
28. Kochurov B. I., Buchatskaya N. V. Assessment of the aesthetic potential of landscapes. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye* [South of Russia: ecology, development], 2007, no. 4, pp. 25–33 (In Russian).
29. Khvorostukhin D. P., Sizova A. D. Development of a methodology for assessing the attractiveness of a survey point using GIS technologies. *Sovremennyye problemy territorial'nogo razvitiya* [Modern problems of territorial development], 2017, no. 3, pp. 1–12 (In Russian).
30. Oleksiyenko N. O., Gatska N. V. Component-By-Component approach to landscape aesthetics research. *Bioresursy i prirodokorystuvannya* [Bioresources and environmental management], 2017, vol. 9, no. 5–6, pp. 131–140 (In Ukrainian).
31. Baczyńska E., Lorenc M. W., Kaźmierczak U. The Landscape Attractiveness of Abandoned Quarries. *Geoheritage*, 2017, no. 5. DOI: 10.1007/s12371-017-0231-6.
32. Rybak O. O., Rybak E. A. The use of climate indices to assess regional differences in tourist attractiveness. *Politematicheskyy onlayn elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University], 2016, no. 121, pp. 425–448. DOI: 10.21515/1990-4665-121-016 (In Russian).
33. Telesh I. A. Application of geoinformation technologies in the geo-ecological assessment of the comfort of the climate of Belarusian cities (on the example of Vitebsk). *Big Data and Advanced Analytics*, 2019, no. 5, pp. 391–405 (In Russian).
34. Pskovskikh (Gudkovskikh) M. V. *Turizm v Tyumenskoj oblasti: potentsial i territorial'naya organizatsiya. Avtoreferat kandidata geograficheskikh nauk* [Tourism in the Tyumen region: potential and territorial. Abstract of thesis PhD (Geographical)]. Perm, 2015. 23 p. (In Russian).
35. Abramova I. V., Stenko S. A. Natural and cultural-historical potential of the Brest region for the development of ecological tourism. *Pskovskiy regionologicheskij zhurnal* [Pskov Regionological journal], 2017, no. 1 (29), pp. 76–91 (In Russian).
36. Specific sanitary and epidemiological requirements for the maintenance and operation of educational institutions: resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 07.08.2019, no. 525. Available at: https://adu.by/images/2019/08/Post_sovMina_RB_SET_07_08_2019_nomer_525.pdf (accessed: 13.12.2021) (In Russian).
37. Tokarchuk S. M., Tokarchuk O. V., Okhrimuk I. V. Assessment of the aesthetic potential of water bodies of the Brest region. *Pskovskiy regionologicheskij zhurnal* [Pskov Regionological Journal], 2017, no. 4 (32), pp. 40–53 (In Russian).
38. Sargentis G.-F., Hadjibiros K., Christofides A. Plastiras Lake: the impact of water level on the aesthetic value of the landscape. *Proceedings of the “9th International Conference on Environmental Science and Technology” (9CEST)*, Rhodes island, Greece, 2005. No. B, pp. 817–824 (In English).

39. Ilyin V. N., Mulendeeva A. V., Nikitina A. S. Assessment of landscape and aesthetic attractiveness of suburban forests of Cheboksary. *Regional'nyye geosistemy* [Regional geosystems], 2021, vol. 45, no. 3, pp. 288–300 (In Russian).

40. Neshataeva E. V., Kovyazin E. V. Methodology for assessing the comfort of recreational forests. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of regional ecology], 2014, no. 2, pp. 146–151 (In Russian).

41. Gizatullina G. I. *Lesovodstvenno-ekologicheskaya kharakteristika nasazhdeniy obshchego pol'zovaniya v gorode Ufe. Avtoreferat kandidata sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Forestry and ecological characteristics of public plantations in Ufa. Abstract of thesis PhD (Agriculture)]. Ufa, 2018, 26 p. (In Russian).

42. Sevko O. A. Calculation of aesthetic assessment of landscapes (on the example of permanent trial areas of the Negorelsky educational and experimental forestry). *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2013, no. 1: Forestry, pp. 48–50 (In Russian).

43. Dirin D. A., Popov E. S. Assessment of landscape and aesthetic attractiveness of landscapes: a methodological review. *Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of the Altai State University], 2010, no. 3, pp. 120–124 (In Russian).

44. Romanova T. A. Experience of quantitative assessment of the diversity of forests of Belovezhskaya Pushcha. *Prirodnyye resursy* [Natural resources], 1997, no. 3, pp. 33–46 (In Russian).

Информация об авторе

Андреева Виктория Леонидовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры географии и методики преподавания географии. Белорусский государственный университет имени Максима Танка (220089, г. Минск, ул. Советская, 18, Республика Беларусь). E-mail: diversity75@mail.ru

Information about the author

Andreeva Victoriya Leonidovna – PhD (Agriculture), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Geography and Methods of Teaching Geography. Maxim Tank Belarusian State Pedagogical University (220089, Minsk, Sovetskaya str., 18, Republic of Belarus). E-mail: diversity75@mail.ru

Поступила 15.03.2022

УДК 338.482

Д. А. Бессараб

Белорусский государственный технологический университет

**К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОТЕНЦИАЛА МУЗЕЯ ВАЛУНОВ
ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА
НА УРБАНИСТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ**

В статье приводятся взгляды автора на возможности использования природно-антропогенных объектов с целью развития экологического туризма на урбанистических территориях. Даются сведения о распространении четвертичных ледниковых покровов на территории Республики Беларусь. Прослеживаются связи между их распространением и распределением обломочного материала по территории республики.

Отмечена роль академика Г. И. Горецкого в разработке идеи создания музея валунов в г. Минске. Дается оценка территориального размещения музея валунов, а также приводится краткая характеристика его основных экспозиций. Произведена попытка поиска доказательств сформулированного тезиса о том, что камень, принесенный ледником, сыграл важнейшую роль в формировании ментальности и миропонимания белорусов. Это отразилось в разных сферах жизни наших предков. Сделано предположение о времени создания креста Стефана Батория и причинах его появления. Дана оценка феномена камня «Дед» – двух наиболее ценных предметов, находящихся в коллекции музея валунов.

Таким образом, имеющийся природно-антропогенный ландшафт музея валунов обладает ярко выраженным признаком уникальной аттракции и определяет возможность массового потребления информации о природе, ее познания и изучения в процессе организации экологического образования и просвещения.

Ключевые слова: туризм, экологический туризм, развитие туризма в Беларуси, музей валунов, четвертичные оледенения, урбанистические территории, антропогенный ландшафт, камень в жизни человека.

Для цитирования: Бессараб Д. А. К вопросу об использовании потенциала музея валунов для развития экологического туризма на урбанистических территориях // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 105–108.

D. A. Bessarab

Belarusian State Technological University

**TO THE QUESTION OF USING THE POTENTIAL OF THE BOULDER MUSEUM
FOR THE DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL TOURISM IN URBAN AREAS**

The article presents the author's views on the possibilities of using natural and anthropogenic objects for the development of ecological tourism in urban areas. The data about the distribution of Quaternary glacial covers on the territory of the Republic of Belarus are presented. The links between their distribution and the distribution of detrital material on the territory of the Republic of Belarus are traced.

The role of academician G. I. Goretsky in developing the idea of creating a Boulder Museum in Minsk is noted. The assessment of the territorial location of the Boulder Museum is given, as well as a brief description of its main expositions is given. An attempt was made to search for evidence of the formulated thesis that the stone brought by the glacier played a crucial role in shaping the mentality and worldview of Belarusians. This was reflected in different spheres of life of our ancestors. An assumption about the time of the creation of the cross of Stephen Bathory and the reasons for its appearance was made. The phenomenon of the Grandfather stone – two of the most valuable items in the collection of the Boulder Museum is evaluated.

Thus, the existing natural and anthropogenic landscape of the Boulder Museum has a clear attraction and defines the possibility of mass consumption of information about nature, its knowledge and study in the organization of environmental education and enlightenment.

Key words: tourism, ecological tourism, tourism development in Belarus, Boulder Museum, quaternary glaciation, urban areas, anthropogenic landscape, stone in human life.

For citation: Bessarab D. A. To the question of using the potential of the Boulder Museum for the development of ecological tourism in urban areas. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 105–108 (In Russian).

Введение. В государственной программе «Беларусь гостеприимная» на 2021–2025 гг. [1] отмечено, что все более актуальным становится усиление внимания к развитию внутреннего туризма. Значит, необходимо более активно вовлекать в туристическую деятельность объекты, которые могут усилить интерес к национальной аутентичности, национальному мифу, сопро­вождающему исторический процесс формирования нации, ее ментальности, миропонимания, устройства быта и организации жизни общества.

Территория Беларуси является классической зоной развития краевых ледниковых образований. Здесь они представлены эталонным комплексом форм, особенно в северной части страны, где располагаются самые «свежие» формы рельефа. На протяжении последнего миллиона лет льды не менее пяти раз приходили на территорию современной Беларуси. Первые четыре оледенения получили название по наименованию рек: наревское, березинское, днепровское и сожское. Последнее, покинувшее территорию Восточно-Европейской равнины лишь 10 тыс. лет назад, называют поозерским [2].

Непременным атрибутом постледникового ландшафта является присутствие неоднородной смеси обломочного материала (глыбы, валуны, галька, гравий, а также пески, глины и суглинки), образованного в результате перетирания обломков при движении льда. Этот материал называется мореной. На территории Беларуси распространены большей частью морены двух видов [3]. Более плотная, сложенная в основном грубыми суглинками и супесями с включением в их толщу большим количеством обломочного материала различной крупности, называется основной. Второй вид – конечная морена – образуется в результате суммирования двух основных процессов: нагнетания обломочного материала у края льда и вытаивания несортированного материала из тела мертвого льда. Этот вид представлен несортированными грубыми супесями, перемешанными с крупными песками, и перенасыщен большим количеством обломков разной степени крупности.

Обломочный материал, особенно в северной и центральной части Беларуси, широко распространен на дневной поверхности и пересыщает почвенные горизонты. Эти глыбы – неременный атрибут и составная часть белорусского ландшафта.

Идея организации музея валунов впервые была высказана академиком Гаврилой Ивановичем Горецким. Он знал, какую роль обломочный материал играл в жизни наших предков и как повлиял на самобытную ментальность белорусов. Благодаря энтузиазму десятков сотрудников бывшего Института геохимии и геофизики АН БССР

на восточной окраине Минска, между Академгородком и микрорайоном Уручье-2, между нынешними улицами Шугаева и Академика Купревича, был создан настоящий уникум. Единственный в Европе, да и в мире, музей валунов. Следует заметить, что валуны не просто собраны, но и размещены в систематизированном порядке по пяти экспозициям, отражающим и объясняющим закономерности размещения обломочного материала на территории нашей страны. Такова была задумка академика Горецкого.

Основная часть. В течение четвертичного периода лед пять раз наступал на территорию современной Беларуси. Первые два ледниковых покрова (наревский и березинский) почти полностью перекрывали территорию нашей страны, останавливаясь лишь у самых южных границ. Днепровский распространился максимально далеко, вплоть до широты Кременчуга, что находится в Полтавской области Украины. Сожский и поозерский льды разместили свои прикраевые зоны на территории современной Беларуси, что отметилось простираемым градом возвышенностей, осложнивших современную поверхность и представленных хаотичным нагромождением обломочного материала (конечные морены).

Поэтому наши предки, как никакой другой народ в мире, очень рачительно и уважительно относились к камню. Что покрупнее, – в фундамент, или на мельничьи жернова, на жертвенник, на капище, можно идола или крест высечь или могильный камень. Что помельче – в качестве снарядов для пращи использовались, да и в быту камни сгодятся, хороши и широко применимы. Можно констатировать: камень, принесенный ледником, сыграл важнейшую роль в формировании ментальности и миропонимания белорусов.

Главную композицию музея валунов составляет объемная карта Беларуси площадью около 4,7 га [4]. Можно подниматься на возвышенности, насыпанные в соотношении 1 : 100 и пешком прогуливаться по рекам, выложенным светлой крошкой и служащим дорожками для путешественников по нашей стране. То есть изначально предполагалось, что по карте можно и нужно ходить.

На каждой возвышенности – россыпи крупных валунов, свезенных с основных возвышенностей Беларуси и размещенных на карте именно в тех местах, где их собрали. Всего более 2 тыс. обломков. В этом есть научный интерес. Можно изучать характерные особенности петрографического состава местных валунных ассоциаций, а кроме того, проследить их соотношения с конечными формами ледникового рельефа. Для этого на карте цепочками из небольших валунов выложены границы конечного стояния сожского и поозерского оледенений.

Вторая экспозиция музея называется «Питающая провинция». Здесь собраны так называемые «руководящие» валуны, встречающиеся только на крайне ограниченной площади, в строго ограниченных местах. Своеобразные каменные эндемики. По ним можно определить, из каких мест пришел к нам лед, неся свою добычу.

Третья экспозиция, «Петрографическая коллекция», свидетельствует о разнообразии состава валунов. Здесь представлены те типы горных пород, что широко распространены в Беларуси, в том числе осадочные, магматические и метаморфические.

В четвертой экспозиции, «Форма валунов», собраны образцы обломочного материала, имеющего наиболее характерные очертания, присущие валунам ледникового происхождения, а это, в первую очередь, – уютнообразный абрис, также называемый ледогранником.

Ну и, наконец, пятая экспозиция: «Камень в жизни человека». Испокон веков он играл существенную роль в материальной и духовной культуре белорусов, определял быт, выполнял сакральные функции и влиял на формирование ментальности. В этом музейном «зале» и демонстрируются каменные жернова, камни-жертвенники, камни-идолы, камни с надписями, камни-следовики, каменные кресты и пр. Здесь же размещены и два уникала: крест Стефана Батория и камень «Дед» [5].

Когда-то этот крест находился в урочище Королев Стан близ деревень Сосновка и Осиновик недалеко от Докшиц. В конце 80-х гг. прошлого века его перевезли в музей валунов. Вытесанный из цельного камня крест имеет высоту, несколько превышающую полтора метра, размах перекладки составляет около 1 м, его толщина 35–40 см. Посередине высечено изображение человека с короной на голове, поднятым мечом в правой руке и щитом в левой. И ниже надпись: RSB. Корона на голове означает короля (Rex, буква R), далее указывается конкретная личность. Буквы SB расшифровываются как Stefan Batory.

Можно предположить, что во время одного из походов войск Великого княжества Литовского на восток в 1579 г. Стефан Баторий мог распорядиться изготовить и сам крест, и выбить на нем надпись. Крест – это оберег, а именной крест – это более чем оберег, удваивающий, а может и утраивающий силу просящего. Кажется бы крест, а в нем – целый пласт нашей да и общеевропейской истории.

Не менее легендарен и камень «Дед». За плечами у него память столетий. Уже сам факт

существования, пусть лишь в остаточном виде, но с центральным культовым объектом, языческого капища в первой половине XX в. в центре столичного города является абсолютным феноменом, аналогов которому нет в Европе. Роль главной святыни выполнял камень «Дед». Тысячи лет назад он был установлен в излучине Свислочи, на языческом капище, рядом со священным дубом и целебной криницей. Со временем Минск разрастался и капище оказалось в самом центре города (сейчас это место напротив стадиона «Динамо»). В последней четверти XIX в., к 900-летию крещения Руси, капище разорили: потушили священный огонь Знич, камни от него погрузили в Свислочь, дуб был спилен, а «Деда» освятили и оставили стоять на том же месте, где он и был изначально установлен. К нему люди ходили вплоть до второй половины XX в. – валун обладал чудодейственной силой и мог лечить бесплодие. Для этого бездетной женщине нужно было в определенную ночь взобраться на камень, посидеть на нем какое-то время и потом еще несколько раз повторить. Камень ценили и ублажали: в качестве символической жертвы то конфету на него положат, то яблоко, то монетку. Когда спрямляли русло р. Свислочь во время строительства второй линии метро, камень «Дед» стал на пути строителей. Его перевезли в музей валунов. Так и стоит он, царь царем, в экспозиции «Камень в жизни человека». И сейчас к нему продолжают носить то конфету, то яблоко, то монетку. В настоящее время камень является ценнейшим артефактом, носителем социально-культурной информации, жизненно-смысловых значений и заодно средством коммуникации. В данном случае мы, по сути, имеем дело с предметом, свидетельствующим об уровне развития материальной и духовной культуры нашего народа, а также являющимся прямым вещественным доказательством уникальности исторического процесса формирования белорусского этноса.

Заключение. Таким образом, современное развитие экологического туризма позволяет включать урбанистические территории в визуальный ряд объектов экскурсионного показа и определять их как важную часть состава туристического продукта. Имеющийся природно-антропогенный ландшафт музея валунов обладает ярко выраженным признаком уникальной аттракции и определяет возможность массового потребления информации о природе, ее познания и изучения в процессе организации экологического образования и просвещения.

Список литературы

1. Об утверждении государственной программы «Беларусь гостеприимная» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 29 янв. 2021 г., № 58 // Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2020. URL: <http://www.pravo.by/document> (дата обращения: 11.03.2022).

2. Горецкий Г. И. Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра. М.: Наука, 1970. 490 с.
3. Кухарчик Ю. В. Геология четвертичных отложений. Минск: БГУ, 2011. 160 с.
4. Ляўкоў Э. А. Маўклівыя сведкі мінуўшчыны. Мінск: Навука і тэхніка, 1992. 216 с.
5. Культурные валуны с рукотворными углублениями / В. Ф. Винокуров [и др.] // Кирьяж. URL: <http://www.kirjazzh.spb.ru/history/vinokur.htm> (дата обращения: 11.03.2022).

References

1. On the approval of the state program “Belarus hospitable” for 2021–2025: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 29.01.2021, no. 58. Available at: <http://www.pravo.by/document> (accessed: 11.03.2022) (In Russian).
2. Goretsky G. I. *Alluvial'naya letopis' velikogo Pra-Dnepra* [Alluvial chronicle of the Great Dnieper]. Moscow, Nauka Publ., 1970. 490 p. (In Russian).
3. Kukharchik Yu. V. *Geologiya chetvertichnykh otlozheniy* [Geology of quaternary deposits]. Minsk, BSU Publ., 2011. 160 p. (In Russian).
4. Lyaukou E. A. *Mauklivyya svedki minuushchyny* [Silent witnesses of the past]. Minsk, Navuka i tehnika Publ., 1992. 216 p. (In Belarusian).
5. Vinokurov V. F., Duchits L. V., Zaikovskiy E. M., Karabanov A. K. Cult boulders with man-made depressions. Available at: <http://www.kirjazzh.spb.ru/history/vinokur.htm> (accessed 11.03.2022) (In Russian).

Информация об авторе

Бессараб Дмитрий Александрович – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры туризма, природопользования и охотоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dibess1@yandex.ru

Information about the authors

Bessarab Dmitry Aleksandrovich – PhD (Geographical), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Tourism, Nature Management and Hunting. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dibess1@yandex.ru

Поступила 14.03.2022

УДК 634.734/.737:631.527.5

Д. В. Гордей¹, О. В. Морозов²¹Белорусский государственный технологический университет²Белостокский технический университет, Республика Польша**ОСОБЕННОСТИ ГАБИТУСА МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ ГОЛУБИКИ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L. (SPARTAN, DUKE) ♀ × *VACCINIUM ANGUSTIFOLIUM* AIT. ♂), КУЛЬТИВИРУЕМЫХ НА ВЕРХОВОМ ТОРФЯНИКЕ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

Перспективы выхода на рынок свежей ягодной продукции в рамках развития голубиководческой отрасли в Белорусском Поозерье во многом зависят от успеха селекционной работы по получению высокозимостойких и крупноплодных межвидовых гибридов голубики высокорослой и голубики узколистной. В настоящей статье приведены результаты анализа габитуса потомства в комбинации скрещивания *V. corymbosum* (Spartan, Duck) ♀ × *V. angustifolium* ♂, имеющие важное значение для понимания особенностей наследования вышеуказанных представителей рода *Vaccinium*, с целью получения экземпляров полувысокой голубики с определенными свойствами и характеристиками.

70,0% межвидовых гибридов с шириной кустов в пределах 90–149 см сочетают в структуре своей надземной вегетативной сферы признаки двух родительских видов. Побеги, расположенные непосредственно в центре кроны куста, имеют строго вертикальное положение, типичное для стеблей голубики высокорослой. Остальные ветви повторяют пространственное положение побегов голубики узколистной: при выходе из субстрата опускаются на поверхность торфа и стелются по ней до границы периферии кроны куста, где затем приподнимаются.

О преобладании в потомстве форм, фенотипически более близких к голубике узколистной, свидетельствует высота гибридов, которая у 63,2% растений не превышает 60 см. Доля гибридов с высотой в пределах 0,9–1,5 м, соответствующих по данному параметру «классическому» определению полувысокой голубики, составляет только 7,9%.

Красная окраска коры побегов присуща для 84% гибридов. Бордово-красный оттенок покровных тканей вегетативных органов выявлен у 15%. При этом, как правило, побеги пигментированы не полностью, а только со стороны, обращенной к солнцу. И только у 1% растений, или у 2 из 163 экземпляров, зеленая окраска побегов сохраняется вне зависимости от их пространственного расположения. Форма поперечного сечения однолетних ветвей всех межвидовых гибридов округлая. Наличие опушения на побегах не выявлено.

Отсутствие видимых повреждений крон кустов растений комплексом абиотических факторов зимнего периода в полной мере подтверждает информацию из литературных источников о высокой зимостойкости гибридов.

Ключевые слова: межвидовые гибриды, высота куста, диаметр горизонтальной проекции кроны куста, окраска коры, выработанные верховые торфяники, Белорусское Поозерье.

Для цитирования: Гордей Д. В., Морозов О. В. Особенности габитуса межвидовых гибридов голубики (*Vaccinium corymbosum* L. (Spartan, Duke) ♀ × *Vaccinium angustifolium* Ait. ♂), культивируемых на верховом торфянике Белорусского Поозерья // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 109–118.

D. V. Gordey¹, O. V. Morozov²¹Belarusian State Technological University²Bialystok University of Technology, Republic of Poland**FEATURES OF THE HABITUS OF INTERSPECIFIC BLUEBERRY HYBRIDS (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L. (SPARTAN, DUKE) ♀ × *VACCINIUM ANGUSTIFOLIUM* AIT. ♂), CULTIVATED ON DEVELOPED RIDING PEAT BOGS IN BELARUSIAN LAKELAND**

The prospects for entering the market of fresh berry products as part of the development of the blueberry industry in the Belarusian Lake Land largely depend on the success of selection work to obtain highly winter-hardy and large-fruited interspecific hybrids of highbush and low bush blueberries. This article presents the results of the analysis of the habitus of generation in the combination of *V. corymbosum* (Spartan, Duck) ♀ × *V. angustifolium* ♂ crossing, which are important for understanding the inheritance characteristics of above mentioned representatives of the genus *Vaccinium* with purpose to obtaining individuals of half-highbush blueberries with the certain properties and characteristics.

70.0% of interspecies hybrids with a bush width within 90–149 cm combine the features of two parent species in the structure of their above-ground vegetative sphere. Shoots located directly in the center of the bush crown have a strictly vertical position typical of highbush blueberry stems. The remaining branches repeat the spatial position of the shoots of the low bush blueberry: when leaving the substrate, they fall to the surface of the peat and creep along it until they reach the periphery border of the crown of the bush, where they rise.

The predominance in the offspring of forms closer to phenotype of lowbush blueberries is evidenced by the height of hybrids, which in 63.2% of plants is not overtop to 60 cm. The proportion of hybrids with a height within 0.9–1.5 m respondent under this parameter the "classical" definition of half-highbush blueberries was only 7.9%.

The red color of the bark of shoots is inherent in 84% of hybrids. Burgundy-red shade in the blood tissues of vegetative organs was detected in 15%. At the same time, as a rule, shoots are not completely covered with pigment, but only from the side facing the sun. And in only 1% of plants or 2 from 163 items, the green color of the shoots remains regardless of their spatial location. The habitus of the latter fully corresponds to the plants of *V. angustifolium*. The cross-sectional shape of the annual branches of all interspecies hybrids is round. The presence of hairs on the shoots was not detected.

The absence of visible damage to the crop crown by a complex of abiotic factors of the winter period fully confirms the information from literary sources on the high winter resistance of hybrids.

Key words: interspecies hybrids, bush height, diameter of the horizontal projection of the bush crown, bark color, developed riding peat bogs, Belarusian Lakeland.

For citation: Gordey D. V., Morozov O. V. Features of the habitus of interspecific blueberry hybrids (*Vaccinium corymbosum* L. (Spartan, Duke) ♀ × *Vaccinium angustifolium* Ait. ♂), cultivated on developed riding peat bogs in Belarusian Lakeland. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 109–118 (In Russian).

Введение. Развитие промышленного голубководства на севере Беларуси стало возможным во многом благодаря успешной интродукции голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) в регионе. Результаты исследований, проведенных на площади торфяного месторождения верхового типа в Белорусском Поозерье с 2009 по 2021 г., не только подтвердили предположение о высокой зимостойкости вида, но и установили низкую восприимчивость его к комплексу болезней и вредителей. Разработанная с учетом новых погодно-климатических и эдафических условий агротехника культивирования голубики узколистной обеспечивает гарантированное получение урожая в размере 8,7 т/га [1]. На фоне вышеупомянутых достоинств новой культуры только средняя масса ягод – 0,51 г [2] несколько снижает ценность интродуцента и предопределяет преимущественно техническое направление использования его плодов. Экономические перспективы выхода на рынок свежей ягодной продукции обусловлены возможностью реализации ее по цене в 2–4 раза выше, нежели закупочная стоимость ягод для последующей переработки. Занять данную нишу можно только при условии увеличения массы плодов в 2–3 раза, что крайне сложно сделать исключительно в рамках внутривидовой селекции *V. angustifolium* без привлечения новых видов рода *Vaccinium*, а также их гибридов.

Основная часть. Один из вариантов повышения крупноплодности ягодной продукции

голубководства в Белорусском Поозерье предусматривает использование сортовых растений *V. corymbosum*, плоды которых как нельзя лучше подходят для реализации в свежем виде. Из 15 сортов голубики высокорослой, включенных в государственный реестр сортов, допуск для выращивания в Витебской области имеют 13: Блюкроп, Нортланд, Эрлиблю, Джерси, Блюэта, Веймут, Дениз Блю, Хардиблю, Коллинз, Спартан, Блюджей, Патриот и Дюк [3].

С целью оценки адаптационного потенциала новой культуры осенью 2017 г. на площади верхового торфяника была начата работа по созданию коллекции сортов голубики высокорослой, которая на начало 2022 г. включала: раннеспелые – Дюк (Duke), Ханнас Чойс (Hanna's Choice), Река (Reka), Шантэклер (Chanticleer), Санрайз (Sunrise); среднеспелые – Коллинз (Collins), Мидер (Meader), Блюкроп (Bluecrop), Дениз Блю (Denise Blue), Дрейпер (Draper), Гурон (Huron), Патриот (Patriot), Блюголд (Bluegold), Торо (Toro), Легаси (Legacy), Уэймут (Weymouth), Джерси (Jersey), Бляувайс-Гольдтраубе (Blauweb-Goldtraube), Хардиблю (Hardyblue), Блюрей (Bluegray); позднеспелые – Чендлер (Chandler), Эллиот (Elliott), Бонус (Bonus), Дарроу (Darrow), Либерти (Liberty), Аврора (Aurora). Общее количество саженцев – более 200 шт.

Как показали результаты предварительных исследований, не жизнеспособным в условиях региона интродукции оказался сорт Дрейпер (Draper), два саженца осенней посадки которого

вымерзли в зимний период 2020–2021 гг., так и не вступив в стадию вегетации весной. О высокой восприимчивости к воздействию отрицательных температур зимнего периода сорта Легаси (Legacy) свидетельствует полное обмерзание кроны его куста на второй год после посадки в 2019 г. У подавляющего большинства остальных исследуемых сортов голубики высокорослой наблюдалось ежегодное повреждение верхней части побегов длиной от 3 до 10 см.

Исследованиями в 2020 и 2021 гг. установлена крайне низкая ягодная продуктивность ранне- и среднеспелых сортов *V. corymbosum* – не более 150 г с куста. В свою очередь полного созревания завязавшихся ягод позднеспелых сортов не было зафиксировано как в первый, так и во второй сезон наблюдений. Помимо уже отмеченного повреждения растений в результате воздействия отрицательных температур зимнего периода определенную роль в нарушении генеративного развития вида играли и поздние заморозки весной. Проявлением негативного воздействия последних можно логично объяснить отсутствие плодов на здоровых побегах с жизнеспособными цветочными почками.

Вышеупомянутые предварительные результаты исследований еще не дают убедительных оснований вынести окончательный вердикт о пригодности или непригодности голубики высокорослой для создания промышленных плантаций, но позволяют предварительно утверждать о малой вероятности получения стабильных и ежегодных урожаев культуры в долгосрочной перспективе.

Куда больший интерес в суровых погодноклиматических условиях северного региона Беларуси представляют межвидовые гибриды *V. corymbosum* и *V. angustifolium*, сочетающие в себе такие важные положительные признаки двух родительских видов, как зимостойкость и крупноплодность.

В рамках дальнейшего изложения результатов исследований обратим внимание на особенности голубиководческой лексики. В англоязычных странах голубику высокорослую именуют highbush blueberry, голубику узколистую – sweet low bush blueberry, а для обозначения их гибридов с промежуточными параметрами кроны кустов используют выражение half highbush blueberry. На русский язык последнее словосочетание переводят как полувысокая голубика, что конкретно подразумевает более узкую группу межвидовых гибридов, которая, собственно, и интересует нас.

Первым контролируемое скрещивание родственных видов, ранее отобранных из естественных популяций, провел F. V. Coville, успешно переопылив в 1911 г. голубику щитковую

Brooks с голубикой узколистой Russel. Полученное гибридное потомство в последующем послужило основой для выведения таких ценных коммерческих сортов голубики высокорослой как June, Rancocas, Weymouth, Earliblue и Collins. Доля наследственной информации *V. angustifolium* в их генотипе варьирует от одной четвертой до одной шестнадцатой части [4]. Работа ученого была сосредоточена исключительно на селекционном улучшении голубики высокорослой, в связи с чем должного внимания гибридам, отличающимся от *V. corymbosum* по фенотипу, уделено не было.

Последователи F. V. Coville в дальнейшем неоднократно использовали голубику узколистую с целью повышения засухоустойчивости и зимостойкости сортовых растений голубики высокорослой [5], а также сокращения продолжительности созревания их плодов [6, 7].

В 1946 г. Johnston провел серию перекрестных опылений голубики узколистой и голубики высокорослой с намерением получить растения с промежуточными параметрами надземной вегетативной сферы родительских видов и крупными ягодами. Результаты его исследований свидетельствовали о практически полном доминировании голубики узколистой в процессе передачи своей наследственной информации. Все гибриды по своим размерам ягод уступали материнскому растению голубики высокорослой, а габитус 97% из них соответствовал параметрам, свойственным голубике узколистой. Также ученый обратил внимание и на черную окраску плодов, выявленную у 65% растений от перекрестного опыления [8].

В 1954 г. Meader, Smith и Yeager изучали габитус и окраску плодов межвидовых гибридов голубики в Нью-Гэмпшире. Значение высоты 11-летних растений первого поколения (F₁) было сосредоточено в интервале, ограниченном величинами вертикальных составляющих параметров кустов двух родительских видов. При этом все гибриды достоверно превосходили по высоте голубику узколистую [9]. Данные исследования полностью противоречат изложенным выше результатам работы Johnston [8]. В то же время ученые подтвердили информацию о преобладании форм с черной окраской плодов среди гибридов первого поколения.

У гибридов второго поколения наблюдалось расщепление растений по высоте. Из 954 семян у 246 величина рассматриваемого показателя была ограничена значением в 30 см, 699 растений попали в интервал 30–90 см, и только у 9 кустов высота превысила 90 см [9].

Согласно данным Darrow, Morrow и Scott, в первом поколении высота растений от опыления голубики высокорослой и голубики узколистой

в Нью-Джерси, Мэриленде и Северной Каролине изменялась в пределах 2,5–3,5 фунтов (76,2–106,7 см). Обращено внимание на высокую однородность растений по данному показателю. Все растения отличались высокой урожайностью, а большинство из них характеризовалось также ранним созреванием и темным цветом плодов, но, к сожалению, посредственным вкусом [10].

Первым сортом полувысокой голубики является Northland, представленный в 1968 г. в Мичигане [11]. Начиная с 1983 г. в университете Миннесоты были выведены шесть сортов полувысокой голубики: St. Cloud, Northsky, Northcountry, Northblue, Polaris и Chippewa. Селекционная работа основывалась на использовании потенциала гибридизации *V. corymbosum* и *V. angustifolium*. Растения оптимально сочетали в себе признаки как высокорослой, так и узколистной голубики. Полученные сорта превосходят голубику узколистую по величине куста, урожайности, массе и продолжительности хранения ягод. Сорта предназначаются для использования в любительском садоводстве и декоративных целях [12].

Согласно данным Н. П. Павловского, мировая помологическая структура полувысокой голубики представлена сортами американской селекции: Chippewa, Cumberland, Friendship, Fundy, Little Crisp, Little Giant, Northblue, Northcountry, Northland, Northsky, Ornablue, Polaris, St. Cloud, Superior, Tiny Top, Top Hat; финской селекции: Alvar[®], Aino[®] и эстонской селекции: Are [13, 14]. Некорректным выглядит причисление к данной группе сортов Cumberland и Fundy, при описании которых оригинаторы четко указывают на их принадлежность к голубике узколистной [15]. С другой стороны, сорта Agon, Jorma[®] и Putte, причисленные Н. П. Павловским к группе низкорослой голубики, другие ученые относят к полувысокой [16, 17]. Упомянутые выше противоречия во многом обусловлены отсутствием четких критериев для однозначного распределения сортовых растений голубики в рамках коммерческих групп. Еще куда более сложным и дискуссионным выглядит установление видовой принадлежности сортов гибридов. Так, на общем фоне своим нетипичным происхождением выделяется финский сорт Agon, полученный в результате скрещивания сорта северной высокорослой голубики Rapcosas и голубики топяной (*V. uliginosum*) [16].

Сорта полувысокой голубики находят применение в Эстонии [18, 19], Литве [20], Латвии [21] и России [22]. В единый банк данных о сортах сельскохозяйственных растений, прошедших государственное испытание сортов и допущенных для производства, реализации и использования

на территории Республики Беларусь, из всего многообразия культурных форм полувысокой голубики внесены только два – Норткантри (допущен для производства) и Нотрблю (приусадебное возделывание). При этом еще один сорт полувысокой голубики Нортланд (Northland) согласно упомянутому выше официальному документу почему-то причислен к голубике высокорослой [3]. Описание сортов Northblue, Northcountry и Northland в условиях Беларуси приведено Т. В. Курлович [23–25].

Ограниченный ассортимент доступных сортов полувысокой голубики в Беларуси наряду с возможностью выведения культурных форм ягодника, максимально адаптированных к местным условиям произрастания, определяет актуальность проведения селекционной работы, предполагающей получение и хозяйственную оценку межвидовых гибридов (*V. corymbosum* × *V. angustifolium*).

Методика проведения перекрестного опыления в комбинации скрещивания *V. corymbosum* (Spartan, Duke) ♀ × *V. angustifolium* ♂ описана О. В. Морозовым [26]. Полученное потомство в виде двухлетних саженцев семенного происхождения было высажено на одном из чеков вы бывшего из эксплуатации торфяного месторождения верхового типа Долбенишки в 2010 г. Схема посадки: 1,5 м между рядами растений и 1,0 м в ряду. Общее количество исследуемых саженцев составило 163 шт. Комплекс агротехнических мероприятий по уходу за растениями включал ежегодное внесение определенных доз полного минерального удобрения, а также периодическое удаление сорной растительности в междурядьях весной.

Для установления особенностей габитуса гибридного потомства, полученного путем контролируемого скрещивания, осенью 2021 г. был проведен визуальный осмотр кустов с измерением линейных параметров их надземной вегетативной сферы.

Установлено, что растения гибридного происхождения отличаются особой структурой кроны куста, сочетающей в себе признаки двух родительских видов. Побеги, расположенные, как правило, в центре куста, имеют строго вертикальное положение, типичное для голубики высокорослой, в то время как преобладающая часть ветвей, подобно побегам голубики узколистной, при выходе из субстрата опускается на поверхность торфа и стелится по ней до периферии кроны куста, принимая в последующем вертикальное положение. Протяженность лежащей на поверхности субстрата горизонтальной части L-образных побегов у типичных гибридов в среднем составляет 50 см, но иногда достигает и большей величины. Количество побегов формирования, образующих

основу кроны кустов растений гибридного происхождения, достигает 20 и более штук. При этом они отличаются своей высокой ветвистостью. В совокупности две эти особенности определяют высокую густоту крон растений гибридного происхождения (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид куста гибридного происхождения

Апикальная 5–7-сантиметровая часть стелющихся ветвей гибридов имеет характерную для корневищ голубики узколистной розовую или белую окраску. Но проводить четкую параллель между надземными вегетативными органами упомянутых выше растений не совсем корректно. Во-первых, изменения окраски ветвей гибридов, возможно, обусловлены низкой освещенностью под пологом кроны куста, а во-вторых, рассматриваемые побеги, как правило, лишены хорошо развитой корневой поросли и укorenяются, хоть и очень редко, в результате длительного процесса образования придаточных корней.

Диаметр у основания корневой шейки побегов формирования гибридов варьирует в пределах 4–18 мм и в среднем составляет 8,4 мм. Медианное значение рассматриваемого показателя как нельзя лучше подчеркивает промежуточное положение гибридов между *V. angustifolium* с самыми тонкими (4–8 мм) и *V. corymbosum* с самыми толстыми (15–30 мм) побегами в данном ряду. Форма поперечного сечения ветвей у всего потомства, полученного в результате контролируемого скрещивания, округлая. Тем не менее ребристая форма побегов, как исключение, была выявлена у двух экземпляров высокорослых кустов, выращенных из саженцев от свободного опыления голубики узколистной.

Для изучаемого формового разнообразия гибридов характерно преобладание растений с красной окраской коры побегов, на долю которых приходится 84,0% (рис. 2, центральный

побег). Бордово-красный оттенок покровных тканей вегетативных органов распространен среди 15,0% гибридов (рис. 2, крайний побег справа). Следует обратить внимание, что пигментация наблюдалась только с внешней, обращенной к солнцу стороны побегов. Части вегетативного органа, скрытые по тем или иным причинам от солнечного света, сохраняли естественную зеленую окраску. Данное обстоятельство наталкивает на предположение о том, что 99% побегов имеет красную окраску, интенсивность которой определяется силой или продолжительностью освещения. И только у 1,0% растений или у 2 из 163 экземпляров зеленая окраска сохранялась вне зависимости от пространственного расположения побегов (рис. 2, крайний побег слева). По габитусу данные растения полностью соответствовали голубике узколистной: имели высоту не более 35 см и сохранили способность к размножению корневищными побегами. Наличие опушения на побегах не выявлено.

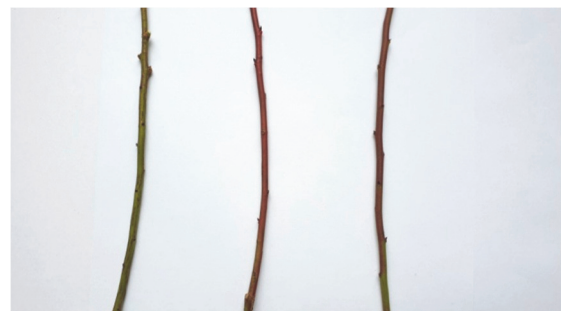


Рис. 2. Окраска коры побегов растений гибридного происхождения

Диаметр горизонтальной проекции кроны кустов межвидовых гибридов изменяется в пределах от 50 до 180 см. Ширина кустов родительского сорта Duke, согласно данным Т. В. Курлович, варьирует в пределах 1,2–1,5 м [27]. Растения же голубики узколистной на десятый год после создания плантации при аналогичной схеме посадки (1,5×1,0 м) формируют сплошной покров ягодника, смыкаясь друг с другом своими кронами как в ряду, так и в междурядьях [1, 2].

Согласно данным гистограммы рис. 3, среди растений, полученных в результате контролируемого скрещивания, преобладают экземпляры с шириной кустов в интервале 110–129 см, на долю которых приходится 30,1%. В двух соседних с центральным интервалах 90–109 и 130–149 см сосредоточено 19,0 и 20,9% растений соответственно. Жизненная форма 70,0% гибридов с диаметром горизонтальной проекции кроны кустов в интервале 90–149 см – это широко раскидистый с многочисленными L-образными побегами куст со слабой способностью к образованию дочерних растений из корневищ.

12,2% форм со значением рассматриваемого показателя в интервале 50–89 см представляют собой типичные растения голубики узколистной с крайне слабым проявлением территориальной экспансии в своем онтогенезе. У 17,8% растений с шириной куста в интервале 150–189 см формирование надземной вегетативной сферы, напротив, сопровождается крайне активным образованием парциальных кустов.



Рис. 3. Распределение растений гибридного происхождения по диаметру горизонтальной проекции кроны куста

В определенной степени распределение по ширине кустов можно интерпретировать как хороший результат в плане получения растений с промежуточными параметрами кроны родительских видов.

Тем не менее оценку успешности межвидовой гибридизации куда более целесообразно проводить на основании анализа высоты растений, чем их ширины, так как диаметр горизонтальной проекции кроны кустов растений голубики высокорослой и голубики узколистной может быть сопоставим ввиду способности последнего вида образовывать парциальные побеги и дочерние кусты [1].

Согласно данным гистограммы распределения гибридов от контролируемого скрещивания голубики высокорослой и голубики узколистной по высоте куста (рис. 4), значение данного показателя у 39,3% растений сосредоточено в интервале 50–59 см. В двух интервалах 30–39 и 40–49 см представлено по 5,5 и 18,4% растений соответственно. В целом можно утверждать, что растения с высотой куста 30–59 см, на долю которых суммарно приходится 63,2%, являются носителями генотипа голубики узколистной. Значение рассматриваемого показателя у 25 форм *V. angustifolium* как раз и изменялось в близких пределах – 28–62 см [1, 2].

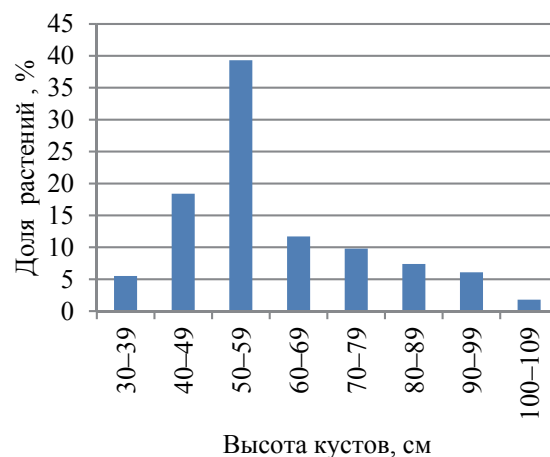


Рис. 4. Распределение растений гибридного происхождения по высоте кустов

Распределение растений с большей высотой носит следующий характер: 60–69 см – 11,7%, 70–79 см – 9,8%, 80–89 см – 7,4%, 90–99 см – 6,1%, 100–109 см – 1,8%. Таким образом, 36,8% форм от контролируемого скрещивания достоверно превысили высоту голубики узколистной. Согласно данным Павловского Н. Б., к полувысокой голубике относятся растения с высотой в интервале 0,9–1,5 м [13, 14]. Нижнюю границу данного диапазона преодолели только 13 из 163 растений (7,9%).

Согласно гистограмме распределения растений гибридного происхождения по диаметру горизонтальной проекции кроны и высоте куста (рис. 5), диаметр крон кустов растений с высотой 90–110 см изменяется в пределах от 107 до 180 см. Отношение диаметра горизонтальной проекции кроны к высоте куста у растений изменяется от 1,0 до 2,0 и в среднем составляет 1,6. На основании данной зависимости можно утверждать о преобладании горизонтального вектора роста у растений гибридов, передавшегося от голубики узколистной.

Стоит отметить, что ни одно растение не только не преодолело верхнюю границу высоты растений полувысокой голубики в 1,5 м, но и даже не смогло к ней приблизиться. Максимальная высота растения гибридов составила 104 см. Объяснять данный факт низкорослостью голубики узколистной при внушительных значениях вертикального вектора роста сортов голубики высокорослой не совсем логично. Высота сорта Дюк изменяется в пределах 1,2–1,8 м, сорта Спартан – 1,5–2,0 м [23]. Куда более оправданным выглядит предложение о том, что в суровых погодноклиматических условиях Белорусского Поозерья генетический потенциал растений не реализуется в полной мере и их фенотип не совсем корректно отражает унаследованные особенности габитуса гибридов по высоте. Подтверждением

выдвинутой гипотезы может служить тот факт, что высота более чем 26 сортов голубики высокорослой, возделываемых в аналогичных условиях верхового торфяника на соседнем чеке с 2017 г., также не превышает 1,2 м. При этом значение рассматриваемого показателя большинства ограничено одним метром.

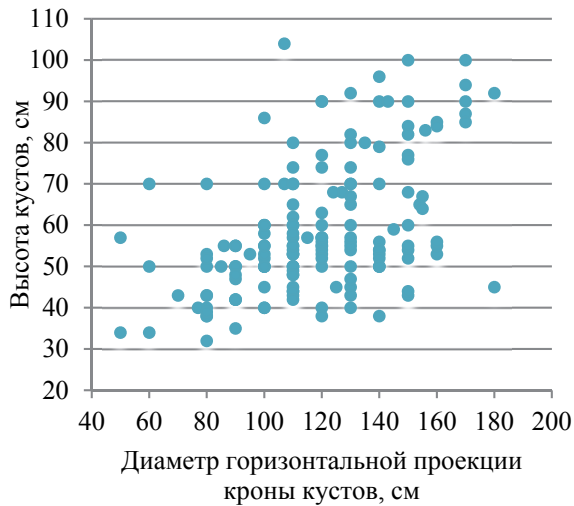


Рис. 5. Распределение растений гибридного происхождения по диаметру горизонтальной проекции кроны и высоте кустов

Бесспорным достоинством гибридов является их более высокая по сравнению с голубикой высокорослой зимостойкость. В течение 11 лет наблюдений повреждения вершин побегов длиной от 1 до 5 см вызывали только крайне суровые погодные условия отдельных зимних периодов: 2010–2011, 2011–2012, 2020–2021 гг. При этом более высокую восприимчивость к негативному воздействию комплекса абиотических факторов зимнего периода проявляли преимущественно наиболее высокорослые растения. Тем не менее ввиду, как правило, низкой, в пределах 5–10%, степени повреждения кроны кустов растений обмерзание побегов не сопровождалось в последующем каким-либо хозяйственно значимым снижением их урожайности.

Толерантность гибридов к воздействию весенних и летних заморозков, проявляющаяся в высокой сохранности цветков и завязи, является еще более важным подтверждением гипотезы о возможности успешного культивирования полувысокой голубики на севере Беларуси. Приведенные ранее заключения сделаны на основании ежегодных весенне-летних визуальных осмотров растений и не опираются на фактические данные, что в некоторой степени снижает их ценность, но не умоляет важность и правомерность сделанных выводов.

Заключение. Результаты анализа показателей надземной вегетативной сферы гибридного потомства голубики высокорослой и голубики узколистной свидетельствуют о возможности получения растений с промежуточными параметрами кроны кустов родительских видов путем контролируемого скрещивания в предложенной комбинации *V. corymbosum* (Spartan, Duke) ♀ × *V. angustifolium* ♂.

В условиях верховых торфяников Белорусского Поозерья межвидовые гибриды формируют широко раскидистые кусты с многочисленными плагиотропно-приподнимающимися L-образными побегами. Высота 63,2% растений ограничена значением показателя в 60 см, являющимся предельным для голубики узколистной. И только у 7,9% растений величина рассматриваемого показателя составляет 90,0 см и более.

Данные о параметрах габитуса кустов свидетельствуют о явном превалировании *V. angustifolium* при передаче своей наследственной информации над *V. corymbosum*. Тем не менее окончательные выводы об особенностях наследования при перекрестном опылении голубики высокорослой и голубики узколистной можно будет сделать только после проведения дополнительных молекулярно-генетических исследований гибридного потомства.

Для оценки хозяйственной ценности полувысокой голубики в регионе интродукции дальнейшие исследования необходимо сфокусировать на определении урожайности и установлении показателей плодов межвидовых гибридов: средняя масса, длина, ширина, окраска.

Список литературы

1. Культивирование голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) в Белорусском Поозерье / О. В. Морозов [и др.]. Минск: БГТУ, 2016. 195 с.
2. Гордей Д. В., Морозов О. В., Буга С. В. Практические рекомендации по выращиванию голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.). Минск: БГТУ, 2020. 59 с.
3. Государственный реестр сортов // Государственная инспекция по сортоиспытанию и охране сортов. URL: http://sorttest.by/img/gosudarstvennyy_reyestr_2021.pdf (дата обращения: 18.04.2022).
4. Coville F. V. Experiments in blueberry culture // Bulletin of the United States Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry. 1910. No. 193. 136 p.
5. Luby J. J. Breeding cold-hardy fruit crops in Minnesota. St. Paul, MN: University of Minnesota. 6 p.

6. Darrow G. M., Whitton L. and Scott D. H. The Ashworth Blueberry as a Parent in Breeding For Hardiness and Earliness // J. Fruit Var & Hort Digest (APS). 1960. No. 14. P. 43–46.
7. Moore J. N. Improving highbush blueberries by breeding and selection // Euphytica. 1965. No. 14. P. 39–48.
8. Johnston S. Observations on hybridizing lowbush and highbush blueberries // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1946. No. 47. P. 199–200.
9. Meader E. M., Smith W. W., Yeager A. F. Bush types and fruit colors in hybrids of highbush and lowbush blueberries // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1954. No. 63. P. 272–278.
10. Darrow G. M., Morrow E. B., Scott D. H. An evaluation of interspecific blueberry crosses // Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 1952. No. 59. P. 277–282.
11. Mainland C. M. Frederick V. Coville and the history of North American highbush blueberry culture // Intl. J. Fruit Sci. 2012. No. 12. P. 4–13.
12. ‘Northblue’, ‘Northsky’, and ‘Northcountry’ blueberries / J. J. Luby [et al.] // Hort Science. 1986. No. 21. P. 1240–1242.
13. Павловский Н. Б. Систематическое положение и классификация сортов голубики секции *Suapococcus* // Плодоводство. 2013. Т. 25. С. 533–542.
14. Павловский Н. Б. Таксономия голубики секции *Suapococcus* // Опыт и перспективы возделывания ягодных растений семейства Брусничные на территории Беларуси и сопредельных стран: материалы Междунар. науч.-практ. семинара, Минск, 18–19 июля 2017 г. Минск, 2017. С. 80–95.
15. Hall I. V., Jamieson A. R., Brydon A. D. Cumberland and Fundy lowbush blueberries // Can. J. Plant Sci. 1988. No. 68. P. 553–555.
16. Hiirsalmi H. Breeding of highbush blueberry in Finland // Acta Hort. 1985. No. 165. P. 71–78.
17. Hjalmarsson I. Introduction of lowbush blueberry and hybrids in Sweden // Acta Horticulturae. 2006. No. 715. P. 143–146.
18. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects / K. Vahejoe [et al.] // Baltic Forestry. 2010. No. 16 (2). P. 264–272.
19. The productivity of some blueberry cultivars under Estonian conditions / M. Starast [et al.] // Acta Horticulturae. 2009. No. 810. P. 103–108.
20. Selection of new half-highbush blueberry cultivars with higher contents of biologically active compounds / L. Česonienė [et al.] // Acta Horticulturae. 2016. No. 1139. P. 665–670.
21. Sterne D., Liepniece M., Abolins M. Productivity of some blueberry cultivars under Latvia conditions // Acta Horticulturae. 2012. No. 926. P. 185–189.
22. Атрощенко Г. П., Кошман М. Е., Кошман А. И. Оценка сортов голубики для возделывания в Ленинградской области // Повышение конкурентоспособности российской сельскохозяйственной продукции на внутренних и внешних рынках: материалы Междунар. конгр., Санкт-Петербург, 2017 г. СПб., 2017. С. 17–18.
23. Голубика: многообразие видов / Т. В. Курлович [и др.]. Минск: Красико-Принт, 2010. 79 с.
24. Курлович Т. В. Голубика на вашем участке. Минск: Красико-Принт, 2014. 79 с.
25. Курлович Т. В. Голубика для любителей и профессионалов. М.: Де’Либри, 2020. 127 с.
26. Морозов О. В. Методика и результативность гибридизации голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) и голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) на стадии виргинильных особей // Труды БГТУ. 2014. № 1: Лесное хоз-во. С. 79–81.
27. Курлович Т. В. Габитус и урожайность зрелых растений сортовой голубики в репродуктивной фазе онтогенеза // Опыт и перспективы возделывания голубики на территории Беларуси и сопредельных стран: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17–18 июля 2014 г. Минск, 2014. С. 49–56.

References

1. Morozov O. V., Gordey D. V., Sautkin F. V., Buga S. V., Yarmolovich V. A. *Kul'tivirovaniye golubiki uzkolistnoy (Vaccinium angustifolium Ait.) v Belorusskom Poozer'ye* [Cultivation of lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) in the Belarusian Lakeland]. Minsk, BG TU Publ., 2016. 195 p. (In Russian).
2. Gordey D. V., Morozov O. V., Buga S. V. *Prakticheskiye rekomendatsii po vyrashchivaniyu golubiki uzkolistnoy (Vaccinium angustifolium Ait.)* [Practical recommendations for growing lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.)]. Minsk, BG TU Publ., 2020. 59 p. (In Russian).

3. State Register of Varieties. Available at: http://sorttest.by/img/gosudarstvennyy_reyestr_2021.pdf (accessed 18.04.2022) (In Russian).
4. Coville F. V. Experiments in blueberry culture. *Bulletin of United States Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry*, 1910, no. 193, p. 136.
5. Luby J. J. Breeding cold-hardy fruit crops in Minnesota. St. Paul, MN, University of Minnesota. 6 p.
6. Darrow G. M., Whitton L. and Scott D. H. The ashworth blueberry as a parent in breeding for hardiness and earliness. *J. Fruit Var & Hort Digest (APS)*, 1960, no. 14, pp. 43–46.
7. Moore J. N. Improving highbush blueberries by breeding and selection. *Euphytica*, 1965, no. 14, pp. 39–48.
8. Johnston S. Observations on hybridizing lowbush and highbush blueberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1946, no. 47, pp. 199–200.
9. Meader E. M., Smith W. W., Yeager A. F. Bush types and fruit colors in hybrids of highbush and lowbush blueberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1954, no. 63, pp. 272–278.
10. Darrow G. M., Morrow E. B., Scott D. H. An evaluation of interspecific blueberry crosses. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 1952, no. 59, pp. 277–282.
11. Mainland C. M. Frederick V. Coville and the history of North American highbush blueberry culture *Intl. J. Fruit Sci.*, 2012, no. 12, pp. 4–13.
12. Luby J. J., Wildung D. K., Stushnoff C., Munson S. T., Read P. E., Hoover E-E. ‘Northblue’, ‘Northsky’, and ‘Northcountry’ blueberries. *Hort Science*, 1986, no. 21, pp. 1240–1242.
13. Pavlovskiy N. B. Systematic position and classification of blueberry varieties of the section *Cyanococcus*. *Plodovodstvo* [Fruit growing], 2013, no. 25, pp. 533–542 (In Russian).
14. Pavlovskiy N. B. *Cyanococcus* section blueberry taxonomy. *Opyt i perspektivy vozdeleyvaniya yagodnykh rasteniy semeystva Brusnichnyye na territorii Belarusi i sopredel'nykh stran: materialy Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar* [Experience and prospects of cultivating berries of the *Vaccinium* (Heath) family in Belarus and neighboring countries: materials of the International Scientific and Practical Seminar]. Minsk, 2017, pp. 80–95 (In Russian).
15. Hall I. V., Jamieson A. R., Brydon A. D. Cumberland and Fundy lowbush blueberries. *Can. J. Plant Sci.*, 1988, no. 68, pp. 553–555.
16. Hiirsalmi H. Breeding of highbush blueberry in Finland. *Acta Hort*, 1985, no. 165, pp. 71–78.
17. Hjalmarsson I. Introduction of lowbush blueberry and hybrids in Sweden. *Acta Horticulturae*, 2006, no. 715, pp. 143–146.
18. Vahejõe K., Albert T., Noormets M., Karp K., Paal T., Starast M., Värnik R. Berry cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects. *Baltic Forestry*, 2010, no. 16 (2), pp. 264–272.
19. Starast M., Paal T., Vool E., Karp K., Albert T., Moor U. The productivity of some blueberry cultivars under Estonian conditions. *Acta Horticulturae*, 2009, no. 810, pp. 103–108.
20. Česonienė L., Daubaras R., Kraujalytė V., Venskutonis P. R. Selection of new half-highbush blueberry cultivars with higher contents of biologically active compounds. *Acta Horticulturae*, 2016, no. 1139, pp. 665–670.
21. Sterne D., Liepniece M., Abolins M. Productivity of some blueberry cultivars under Latvia conditions. *Acta Horticulturae*, 2012, no. 926, pp. 185–189.
22. Atroshchenko G. P., Koshman M. E., Koshman A. I. Evaluation of blueberry varieties for cultivation in the Leningrad region. *Povysheniye konkurentosposobnosti Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy produkcii na vnutrennikh i vneshnikh rynkakh: materialy Mezhdunarodnogo kongressa* [Improving the competitiveness of Russian agricultural products in domestic and foreign markets: materials of the International Congress]. St. Petersburg, 2017, pp. 17–18 (In Russian).
23. Kurlovich T. V., Pavlovskaya A. G., Pavlovskiy N. B., Pyatnitsa F. S. *Golubika: mnogoobraziye vidov* [Blueberry: species variety]. Minsk, Krasiko-Print Publ., 2010. 79 p. (In Russian).
24. Kurlovich T. V. *Golubika na vashem uchastke* [Blueberry in your garden]. Minsk, Krasiko-Print Publ., 2014. 79 p. (In Russian).
25. Kurlovich T. V. *Golubika dlya lyubiteley i professionalov* [Blueberries for amateurs and professionals]. Moscow, De'Libri Publ., 2020. 127 p. (In Russian).
26. Morozov O. V. Methodology and effectiveness of hybridization low bush (*Vaccinium angustifolium* Ait.) and highbush (*Vaccinium corymbosum* L.) blueberries at the virginial stage. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 1: Forestry, pp. 79–81 (In Russian).

27. Kurlovich T. V. Habitus and yield of mature plants of varietal blueberries in the reproductive phase of ontogenesis. *Opyt i perspektivy vozdeleyvaniya golubiki na territorii Belarusi i sopredel'nykh stran: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Experience and prospects for the cultivation of blueberries in Belarus and neighboring countries: materials of the international scientific-practical conference]. Minsk, 2014, pp. 49–56 (In Russian).

Информация об авторах

Гордей Дмитрий Васильевич – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры туризма, природопользования и охотоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gordey@belstu.by

Морозов Олег Всеволодович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства и пользования лесом. Белостокский технический университет (17-200, г. Хайнувка, ул. Пилсудского, 8, Республика Польша). E-mail: a.marozau@pb.edu.pl

Information about the authors

Gordey Dmitriy Vasil'yevich – PhD (Biology), Senior Lecturer, the Department of Tourism, Nature Management and Game Management. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gordey@belstu.by

Morozov Oleg Vcevolodovich – DSc (Biology), Professor, the Department of Forestry and Forest Use. Bialystok University of Technology (8, Pilsudskiego str., 17-200, Haynowka, Republic of Poland). E-mail: a.marozau@pb.edu.pl

Поступила 18.04.2022

УДК 630*627.3

Н. Т. Юшкевич, А. И. Козорез

Белорусский государственный технологический университет

**ЛЕСНАЯ РЕКРЕАЦИЯ КАК ЭКОНОМИЧЕСКИ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ
И САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ ВИД ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Туризм и рекреационная деятельность – один из самых динамично развивающихся сегментов рынка услуг экономики Беларуси. Этому способствуют богатый природный потенциал и историко-культурное наследие страны, последовательная государственная политика по развитию инфраструктуры для оздоровления, туризма и отдыха. Рост рекреационных потребностей общества обуславливает необходимость существенного расширения площади рекреационных территорий. Перспективы развития туристско-рекреационной сферы во многом связаны с рекреационными ресурсами лесного фонда.

Рекреационная деятельность – важное направление современного многоцелевого лесопользования. Благодаря рациональной организации отдыха людей в природной среде решается широкий спектр актуальных социальных, экономических, лесохозяйственных и природоохранных задач.

Лесные рекреационные ресурсы имеют четыре основные составляющие: природно-рекреационный потенциал, туристско-рекреационная инфраструктура, историко-культурная среда, экологическая ситуация. В комплексе они дают интегральную оценку рекреационного потенциала лесного фонда.

Важным условием является то, что владельцы лесных угодий должны иметь право взимать плату за предоставленную услугу.

Зарубежный опыт показывает, что для эффективного рекреационного лесопользования необходимы благоприятные природные и социально-экономические условия, правовое регулирование и другие условия.

Ключевые слова: рекреационная деятельность, лесной отдых, доходы, эффективное лесопользование.

Для цитирования: Юшкевич Н. Т., Козорез А. И. Лесная рекреация как экономически привлекательный и самостоятельный вид лесопользования // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 119–124.

N. T. Yushkevich, A. I. Kozorez

Belarusian State Technological University

**FOREST RECREATION AS AN ECONOMICALLY ATTRACTIVE
AND INDEPENDENT TYPE OF FOREST USE**

Tourism and recreation activity is one of the most dynamically developing segments of the service market of the Belarusian economy. This is promoted by the rich natural potential and historical and cultural heritage of the country, the consistent state policy on development of infrastructure for recreation, tourism and recreation. The growth of recreational needs of the society causes the necessity of essential expansion of the recreational areas. Prospects for the development of tourism and recreation are largely related to the recreational resources of the forest fund.

Recreational activity is an important direction of modern multipurpose forest management. The rational organization of people's recreation in the natural environment solves a wide range of urgent social, economic, forestry and environmental problems.

Forest recreational resources comprise four main components: natural and recreational potential, tourist and recreational infrastructure, historical and cultural environment, environmental situation. Together they give an integral assessment of the recreational potential of the forest fund.

An important condition is that the owners of forest lands should have the right to charge for the service provided.

Foreign experience shows that effective recreational forest use requires favorable natural and socio-economic conditions, legal regulation and other conditions.

Key words: recreational activities, forest recreation, income, effective forest management.

For citation: Yushkevich N. T., Kozorez A. I. Forest recreation as an economically attractive and independent type of forest use. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 119–124 (In Russian).

Введение. В сентябре 2015 г. лидеры 193 стран – членов ООН приняли Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. Данный документ содержит 17 Целей, направленных на то, чтобы избавить человечество от нищеты, сохранить процветающую планету для будущих поколений и построить мирное и открытое общество, обеспечив тем самым достойные условия жизни для всех.

Цель устойчивого развития № 8 в этом документе звучит так: «Содействие поступательному всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех», где одна из задач № 8.9 гласит: «К 2030 году обеспечить разработку и осуществление стратегий поощрения *устойчивого туризма*, который способствует созданию рабочих мест, развитию местной культуры и производству местной продукции» [1].

Республика Беларусь принимала активное участие в разработке Повестки-2030 на всех ее этапах и взяла на себя обязательства по достижению целей устойчивого развития, направленных на рост уровня и качества жизни людей.

Обеспечение устойчивого развития лесных ресурсов, лесного хозяйства и лесопользования на основе рациональной организации лесного хозяйства и, прежде всего, эффективного использования земель лесного фонда является одной из важнейших задач Министерства лесного хозяйства страны.

Туризм и рекреационная деятельность – один из самых динамично развивающихся сегментов рынка услуг экономики Беларуси. Этому способствуют богатый природный потенциал и историко-культурное наследие страны, последовательная государственная политика по развитию инфраструктуры для оздоровления, туризма и отдыха. Рост рекреационных потребностей общества обуславливает необходимость существенного расширения площади рекреационных территорий [2]. Перспективы развития туристско-рекреационной сферы во многом связаны с рекреационными ресурсами лесного фонда.

Рекреационная деятельность – важное направление современного многоцелевого лесопользования. Благодаря рациональной организации отдыха людей в природной среде решается широкий спектр актуальных социальных, экономических, лесохозяйственных и природоохранных задач. Лесная рекреация имеет бесспорные преимущества для повышения качества жизни людей. Она находится в русле концепции устойчивого лесопользования, согласно которой необходимо рационально использовать лесные ресурсы и лесные площади для удовлетворения социальных, экономических, экологических,

культурных и духовных потребностей нынешнего и будущих поколений [3].

Основная часть. Лесным кодексом Республики Беларусь определено, что использование, охрана, защита и воспроизводство лесов осуществляются с соблюдением следующих основных принципов:

- рационального (устойчивого) использования лесных ресурсов;
- сохранения и усиления средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных, рекреационных и иных функций лесов;
- сохранения биологического разнообразия, естественных экологических систем, типичных и редких природных ландшафтов и биотопов.

Использование лесов в целях проведения культурно-оздоровительных, туристических, иных рекреационных и (или) спортивно-массовых, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий является *самостоятельным видом лесопользования* [4].

В целях реализации задач, поставленных Правительством Республики Беларусь перед лесным хозяйством, по повышению эффективности побочного лесопользования, охотничьего и экологического туризма была разработана «Программа мер по устойчивому развитию рекреационной деятельности в лесном хозяйстве Республики Беларусь на период до 2030 года».

Программа разработана на основании Лесного кодекса Республики Беларусь, развивает идеи Стратегического плана развития лесохозяйственной отрасли на 2015–2030 гг., положения государственной программы «Белорусский лес» (2016–2020 гг.) [5], Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. [6] в части интенсификации побочного лесопользования, охотничьего и экологического туризма, формирования рынка экосистемных услуг. При этом отечественные традиции организации отдыха в условиях природной среды интегрированы с передовым опытом Финляндии и других стран с высокоразвитым лесным хозяйством.

Лесная рекреация – пребывание населения в лесу с целью оздоровления, отдыха, туризма, участия в оздоровительных, туристических, иных рекреационных и (или) спортивно-массовых, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятиях.

Лесная рекреация – экономически привлекательный вид деятельности.

По данным ЕЭК ООН/ФАО, популярность лесной рекреации стремительно растет. Количество поездок в лес (чел./год) составляет:

- в Западной Европе – 6,5 млн;
- в Центральной и Восточной Европе – 2,5 млн.

В ФРГ свыше 55 млн человек посещают леса минимум один раз в год и, получая широкий спектр рекреационных услуг, приносят в экономику страны порядка 500 млн евро.

В Польше общенациональная годовая стоимость отдыха в лесу в 2005 г. была оценена на уровне 5–8,5 млрд евро (570–970 евро/га).

Рост спроса на экологические товары и услуги в Европе и Северной Америке привел к увеличению числа профессий в лесном хозяйстве, созданию «зеленых» рабочих мест, в частности связанных с управлением экосистемами и отдыхом.

По прогнозам ЕЭК ООН/ФАО, к 2030 г. в лесоуправлении ожидается развитие и маркетинг инноваций, связанных с лесной рекреацией и экосистемными услугами; формирование новых рынков недревесной продукции леса [7, 8].

Существует много видов лесного отдыха, имеющих потенциал для обеспечения более высоких доходов на гектар, чем производство древесины, если их развитие будет осуществляться путем «зеленых» инноваций (спорт, верховая езда, вело- и мотопутешествия, охота, экотуризм, приключения, концерты на природе; лесная экотерапия – оздоровление лесным воздухом, водой, тишиной и др.).

Признавая большое значение нерыночных ценностей леса и растущую популярность лесной экотерапии, во многих странах на государственном уровне оказывается поддержка развитию рекреационных территорий в лесах. Так, в Финляндии лесная служба Metsähallitus с учетом рекреационного зонирования страны имеет девять региональных ассоциаций, осуществляющих рекреационное лесопользование. Они предоставляют возможности для рекреации и туризма в соответствии с правами каждого человека на природу, а также сохраняют природное разнообразие. В интересах рекреационных зон работают компании, входящие в туристический кластер, которые предлагают путешественникам проживание, услуги кейтеринга, культурный досуг, транспортные и информационные услуги, оказывают помощь лесному хозяйству в охране биологического и ландшафтного разнообразия [9].

Лесные рекреационные ресурсы имеют четыре основные составляющие: природно-рекреационный потенциал, туристско-рекреационная инфраструктура, историко-культурная среда, экологическая ситуация. В комплексе они дают интегральную оценку рекреационного потенциала лесного фонда, на основе которой разработано рекреационное зонирование лесного фонда.

Основные направления рекреационной деятельности в лесном хозяйстве:

– *оздоровительная* (лесная экотерапия) – восстановление и оздоровление лесной средой,

приемами лечебной физкультуры, фитотерапии, апитерапии и т. п.;

– *спортивная* – отдых, включающий участие в соревнованиях, специфика которых связана с лесом;

– *культурно-познавательная* – отдых, связанный с ознакомлением с природным и историко-культурным наследием, дикой природой, экологическим воспитанием и просвещением, лесным опытным делом, деловой активностью;

– *потребительская* – отдых, связанный с готовкой для собственных нужд даров леса;

– *творческая* – отдых в лесу, связанный с творческой деятельностью.

К основным рекреационным услугам, оказываемым рекреантам, относятся:

1) обустройство лесных рекреационных зон и участков, кемпингов, мест отдыха, туристических маршрутов, объектов посещения, наличие проводников (гидов);

2) предоставление картосхем, познавательной информации, сувенирной и иной продукции;

3) создание условий для питания, проживания, досуга;

4) инструктирование по правилам безопасности;

5) мониторинг пребывания.

Прокат туристского снаряжения, создание условий для проживания, питания, досуга, развлечений целесообразно развивать, взаимодействуя с заинтересованными организациями и иными субъектами хозяйствования в рамках регионального туристического кластера.

При определении объемов работ и выборе участков лесного фонда для размещения объектов и элементов рекреационной инфраструктуры следует учитывать рекреационный потенциал лесхоза, категорию лесов, аттрактивность (привлекательность) лесных природных комплексов, качество рекреационных ресурсов (эстетические, санитарно-гигиенические, технологические свойства, устойчивость лесных насаждений); наличие мест обитания диких животных и (или) произрастания дикорастущих растений, относящихся к редким и охраняемым видам, объектов природного и историко-культурного наследия; степень рекреационной нарушенности; экологическую обстановку; транспортную доступность; существующий уровень благоустройства.

Осуществляя рекреационное лесопользование, следует более полно использовать существующие объекты рекреационного и производственного назначения. Многие лесохозяйственные организации располагают объектами туристического показа: вольеры с дикими животными и смотровые площадки для наблюдения за ними, туристические стоянки, музейные экспозиции,

благоустроенные места отдыха в лесу. В 54 лесхозах функционируют 70 туристических маршрутов, которые включены в перечень экологических троп и маршрутов, утвержденных правительством [5].

Большинство лесхозов ведут охотничье хозяйство. С этой целью построены и функционируют 90 охотничьих комплексов, отвечающих современным требованиям для отдыха.

«Концепция развития охотничьего хозяйства в Республике Беларусь» (постановление Совета министров Республики Беларусь, 31 окт. 2014 г., № 1029) одним из важнейших направлений развития охотничьего хозяйства определила развитие охотничьего туризма.

Для дальнейшего развития в республике охотничьего туризма имеются необходимые условия, в том числе «удобное географическое расположение, возможность фотоохоты на редкие для иностранных граждан виды охотничьих животных, привлекательная стоимость туристических услуг, созданная в последние годы инфраструктура охотничьих хозяйств» [10].

Пользователи охотничьих угодий должны уделять больше внимания формированию популярнейших животных по половозрастному составу с высоким трофейным потенциалом.

Следует организовать комплекс таких услуг, как транспортное обеспечение, питание по кулинарным рецептам охотничьей и белорусской кухни, таксидермия, развлечения и активный отдых, экскурсии по знаменательным местам, рыбалка, прокат охотничьего, туристского и спортивного инвентаря, снаряжения и экипировки, реализация сувенирной продукции и пр. Наряду с фотоохотой предлагаются туристические услуги (семейный и корпоративный отдых, экотуризм, рыбалка, катание на лошадях, лодках и др.), однако их объем в сравнении с охотничьим туризмом невелик. Повысить туристическую привлекательность и доходность охотничьих комплексов, расположенных среди лесных массивов, позволит создание на их основе благоустроенных рекреационных зон и участков, что существенно расширит перечень и объемы рекреационных услуг.

В лесохозяйственных организациях насчитывается 95 пасек (свыше 9 тыс. пчелосемей). Ежегодно они производят около 170 т товарного меда и другую пчелопродукцию, однако практически не оказывают туристических услуг. Вместе с тем оздоровление методами апитерапии и продуктами пчеловодства (прополис, перга, маточное молочко, пчелиный яд, ультрапия и пр.) является очень востребованным направлением рекреации. Адаптация лесных пасек для этих целей (организация специальных точек для наблюдения за жизнью пчелиных семей и овладения

первичными навыками пчеловодства, оборудование апидомиков, павильонов для демонстрации, дегустации и реализации продуктов пчеловодства) позволит популяризировать их деятельность и повысить доходность в целом лесного хозяйства.

Деревообрабатывающие производства также, как правило, находятся вне сферы туристических услуг. После соответствующей адаптации их необходимо включать в туристические маршруты в качестве объектов посещения. Это будет способствовать реализации недревесной продукции леса (банные веники, метлы хозяйственные, березовый сок, грибы, ягоды), пилопродукции и изделий из древесины.

Отрасль располагает лесными питомниками, на которых выращивается качественный посадочный материал для лесокультурного производства и зеленого строительства. Вовлечение их в сферу рекреационной деятельности в качестве экскурсионных объектов позволит значительно увеличить объем розничной продажи саженцев лесных, декоративных и плодово-ягодных пород и сопутствующей продукции.

Практически при всех лесхозах имеются дендропарки (98), а при лесничествах – минидендропарки (минидендрарии) – около 850, которые зачастую являются единственными объектами для отдыха в населенных пунктах. Они уже сейчас могут шире использоваться в рекреационной деятельности.

Это же относится к расположенным в лесном фонде фрагментам старинных парков (Телеханский, Лидский, Дрогичинский, Петриковский и некоторые другие лесхозы) и лесопаркам (Мозырский опытный лесхоз). Лесные опытно-производственные и демонстрационные объекты, именные культуры и насаждения также целесообразно включать в экскурсионные и туристические маршруты [6].

Наличие большого количества пуш, боров, урочищ, криниц, лесных озер и болот, имеющих устойчивые топонимические названия, а также мест исторических событий, партизанских стоянок, мемориалов и т. п., дает возможность развивать в лесном хозяйстве фирменные («брендовые») формы рекреации, объединять в единую сеть рекреационные объекты различных провинций и лесхозов.

Заключение. Для населения, проживающего в сельской местности, развитие рекреационной деятельности в лесном хозяйстве создает предпосылки для создания новых рабочих мест, обеспечения занятости и стабильной заработной платы.

Большое значение имеет вовлечение в трудовую деятельность пенсионеров, бывших работников лесного хозяйства. Они, как правило,

хорошо ориентируются в лесу, знают его растительный и животный мир, имеют практические навыки выживания в условиях природной среды и наряду с работниками отрасли и профессиональными гидами экотуризма могут быть задействованы в обслуживании лесных рекреационных зон и участков, на экологических тропах и туристических маршрутах.

Кроме того, рекреационная деятельность в лесном хозяйстве призвана стать своеобразным фокусом, способным интегрировать усилия всех заинтересованных в устойчивом и динамичном социально-экономическом развитии регионов. Сотрудничество лесхозов с местными исполнительными и распорядительными органами, заинтересованными организациями и малым бизнесом позволит создать конкурентоспособные туристические направления, организовать современное обустройство лесных зон отдыха, расширить спектр рекреационных услуг и улучшить их качество. Формирование на этой основе региональных туристских кластеров, как своеобразного каркаса национальной туристско-рекреационной системы, позволит обеспечить ее устойчивое развитие.

Лесная рекреация в государственных лесах Польши приносит дополнительный доход в объеме 5–7% от общего объема лесопользования. Зарубежный опыт показывает, что для эффективного рекреационного лесопользования необходимы благоприятные природные и социально-экономические условия, правовое регулирование доступа в леса и пользования лесными ресурсами,

менеджмент, маркетинг, информационно-коммуникационное и кадровое сопровождение. Важным условием является то, что владельцы лесных угодий должны иметь право взимать плату за предоставленную услугу. В связи с этим необходимо установление справедливой цены и жизнеспособной оплаты, разработка новых «правил игры».

Существуют объективные предпосылки для динамического развития лесной рекреации, ее роли в системе устойчивого природопользования и удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения. Это обуславливает необходимость в институциональных изменениях управления лесной рекреацией, укрепления кадрового потенциала, совершенствования и повышения эффективности и рационального использования рекреационных ресурсов на основе принципов устойчивого развития, конъюнктуры рынка, тенденций постиндустриального мирового развития и возрастания роли экологической сферы в жизни общества.

Рациональное использование рекреационных ресурсов и экосистемных услуг лесов, создание в лесном фонде системы природно-рекреационных зон и объектов инфраструктуры, предназначенных для организованного отдыха, оздоровления и туризма, предоставление разнообразных и качественных услуг – реальный путь повышения социальной роли и доходности лесного хозяйства, его вклада в развитие «зеленой» экономики. Лесная рекреация способствует укреплению здоровья населения и содействует общественному здравоохранению.

Список литературы

1. Цели устойчивого развития в Беларуси. URL: <https://sdgs.by> (дата обращения: 11.10.2021).
2. Об утверждении Генеральной схемы размещения зон и объектов оздоровления, туризма и отдыха Республики Беларусь на 2016–2020 годы и на период до 2030 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 15.12.2016, № 1031 // *Pravo.by*. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21601031&p1=1> (дата обращения: 11.02.2022).
3. Agenda 21 // Sustainable Development GOALS. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21> (дата обращения: 11.02.2022).
4. Лесной кодекс Республики Беларусь, 24.12.2015, № 332-3 // *Pravo.by*. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=Hk1500332> (дата обращения: 15.10.21).
5. Об утверждении Государственной программы «Белорусский лес» на 2016–2020 годы (с изменениями и дополнениями): постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 18.03.2016, № 215 // *Нормативка.by*. URL: <https://normativka.by/lib/document/500213696> (дата обращения: 17.11.2021).
6. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года: протокол заседания Президиума Совета Министров Респ. Беларусь, 02.05.2017, № 10 // Министерство экономики Республики Беларусь. URL: <https://economy.gov.by/> (дата обращения: 22.12.2021).
7. European Forest Sector Outlook Study. 1960 – 2000 – 2020: Main Report // UNECE. URL: <https://unece.org/forests/publications/european-forest-sector-outlook-study-1960-2000-2020-main-report> (дата обращения: 22.12.2021).
8. Valuing forest recreation on the national level in a transition economy: The case of Poland / A. Bartczak (et al.) // *Forest Policy and Economics*. 2008. Vol. 7–8, no. 10. P. 467–472.

9. The European Forest Sector Outlook Study II. 2010–2030: Main Report. Geneva: United Nations Publication Sales, 2011. 111 p.

10. Юшкевич Н. Т. Охотничий туризм: проблемы, перспективы, пути повышения эффективности // Труды БГТУ. 2015. № 7: Экономика и управление. С. 129–132.

References

1. The Sustainable Development Goals of the Republic of Belarus. Available at: <https://sdgs.by> (accessed 11.10.2021) (In Russian).

2. On Approval of the General Scheme of Location of Health, Tourism and Recreation Zones and Facilities of the Republic of Belarus for 2016–2020 and for the period up to 2030: the resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 15.12.2016, no. 1031. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21601031&p1=1> (accessed 11.02.2022) (In Russian).

3. Agenda 21. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21> (accessed 11.02.2022).

4. Forest Code of the Republic of Belarus, 24.12.2015, no. 332-Z. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=Hk1500332> (accessed 15.10.2021) (In Russian).

5. On approval of the State Program “Belarusian Forest” for 2016–2020 (with amendments and additions): Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 18.03.2016, no. 215. Available at: <https://normativka.by/lib/document/500213696> (accessed 17.11.2021) (In Russian).

6. National Strategy for Sustainable Socio-Economic Development of the Republic of Belarus until 2030 / Minutes of the meeting of the Presidium of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, 02.05.2017, no. 10. Available at: <https://economy.gov.by/> (accessed 22.12.2021) (In Russian).

7. European Forest Sector Outlook Study. 1960 – 2000 – 2020: Main Report. Available at: <https://unece.org/forests/publications/european-forest-sector-outlook-study-1960-2000-2020-main-report> (accessed 22.12.2021).

8. Bartczak A., Lindhjem H., Navrud S., Zandersen M., Zylicz T. Valuing forest recreation on the national level in a transition economy: the case of Poland. *Forest Policy and Economics*, 2008, vol. 7–8, no. 10, pp. 467–472.

9. The European Forest Sector Outlook Study II. 2010–2030: Main Report. Geneva, United Nations Publication Sales, 2011. 111 p.

10. Yushkevich N. T. Hunting tourism: problems, prospects, ways to improve efficiency. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 7: Economics and Management, pp. 129–132 (In Russian).

Информация об авторах

Юшкевич Николай Тарасович – кандидат экономических наук, доцент кафедры туризма, природопользования и охотоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ushkevichn@tut.by

Козорез Александр Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры туризма, природопользования и охотоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь); начальник отдела охотничьего хозяйства Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (220006, г. Минск, ул. Мясникова, 39, Республика Беларусь). E-mail: ushkevichn@tut.by

Information about the authors

Nikolai Tarasovich Yushkevich – PhD (Economics), Associate Professor, the Department of Tourism, Nature Management and Hunting. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ushkevichn@tut.by

Kozorez Alexander Ivanovich – PhD (Agricultural), Associate Professor, the Department of Tourism, Nature Management and Hunting. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus); Head of the Department of Hunting Management of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus (39, Myasnikova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ushkevichn@tut.by

Поступила 15.03.2022

ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

TIMBER PROCESSING COMPLEX. TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL QUESTIONS

УДК 621.3.027.542.3

Ю. А. Ким¹, М. Т. Насковец², Н. И. Жарков², В. И. Гиль²

¹Белорусский национальный технический университет

²Белорусский государственный технологический университет

ПОВЫШЕНИЕ ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН ЗА СЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ

В связи с нарастающим выпуском новых машин повышенной проходимости (лесных, сельскохозяйственных и др.), оснащенных крупногабаритными шинами, возникает проблема повышения их эксплуатационных качеств. Для решения этого вопроса проведены исследования, изучающие влияние воздействия крупногабаритных шин на почвогрунт.

В ходе лабораторных исследований определялась нагрузка на дорогу от машины. Объектом полевых исследований явилась машина, оснащенная системой централизованной накачки шин (ЦНШ) для задних колес. Были также проведены работы, связанные с разработкой конструкции и установкой системы ЦНШ. Выявлено, что время накачки шин задних колес с использованием ЦНШ в пределах от 0,05 до 0,15 МПа составляет 840 с при максимальной нагрузке на колесо и 600 с при минимальной. Время падения давления воздуха при тех же условиях составляет соответственно 1200 и 1500 с.

В процессе эксплуатации машин повышенной проходимости, оснащенных системой ЦНШ, выявилась ее недостаточная герметичность. Основная доля отказов пневмосистем относится к уплотнениям вращающихся соединений воздухопроводов. С целью повышения производительности и герметичности системы ЦНШ предлагается разработанное устройство крепления блока уплотнителей в ступице колеса. Как показали результаты проведенных исследований, основным направлением снижения уплотняющего воздействия колесного движителя на почву является снижение величин максимальных давлений в контакте.

Ключевые слова: проходимость, накачка шин, давление воздуха, уплотнение соединений, герметичность, затраты энергии.

Для цитирования: Ким Ю. А., Насковец М. Т., Жарков Н. И., Гиль В. И. Повышение проходимости колесных машин за счет регулирования давления воздуха в шинах // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 125–129.

Yu. A. Kim¹, M. T. Naskovets², N. I. Zharkov², V. I. Gil²

¹Belarusian National Technical University

²Belarusian State Technological University

INCREASING THE PERFORMANCE OF WHEELED MACHINES DUE TO REGULATION OF AIR PRESSURE IN TIRES

In connection with the growing production of new off-road vehicles (forestry, agricultural, etc.) equipped with large-size tires, the problem of improving their performance arises. To address this issue, studies have been conducted that study the effect of large-size tires on the soil.

In the course of laboratory studies, the load on the road from the car was determined. The object of field research was a vehicle equipped with a centralized tire inflation system (CNS) for the rear wheels. Works related to the development of the design and installation of the CNS system were also carried out. It has been established that the time of inflation of the tires of the rear wheels, using the CNS, ranging from 0.05 MPa to 0.15 MPa, is 840 s at the maximum load on the wheel, and 600 s at the minimum load. The air pressure drop time under the same conditions is 1200 and 1500 s, respectively.

During the operation of off-road vehicles equipped with the CNS system, it turned out that its tightness is insufficient. The main share of failures of pneumatic systems relates to the seals of the rotating joints of air ducts.

In order to improve the performance and tightness of the CNSh system, a developed device for fastening a block of seals in the wheel hub is proposed.

As the results of the research have shown, the main way to reduce the compacting effect of the wheel mover on the soil is to reduce the values of the maximum pressures in the contact.

Key words: flotation, tire inflation, air pressure, joint sealing, tightness, energy consumption.

For citation: Kim Yu. A., Naskovets M. T., Zharkov N. I., Gil V. I. Increasing the performance of wheeled machines due to regulation of air pressure in tires. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 125–129 (In Russian).

Введение. Вопрос повышения проходимости колесных транспортных средств давно волнует их производителей и эксплуатационников. Это относится к лесным и сельскохозяйственным машинам. Несмотря на постоянное усовершенствование конструкций движителей, их приводов, изменение распределения нагрузки по осям и других параметров, эта проблема не теряет своей актуальности [1–8]. Одним из наиболее эффективных и доступных способов повышения проходимости указанных транспортных средств является способ регулирования давления воздуха в шинах колес в допустимых пределах, в зависимости от условий эксплуатации [9–11]. Для этого были проведены экспериментальные исследования на примере машины МВУ-30, оснащенной крупногабаритными пневматическими шинами Ф-82.

Целью данного исследования является проверка эффективности использования системы централизованной накачки шин (ЦНШ), влияние параметров ее настройки на работу колесной машины и устранение конструктивных недостатков ЦНШ.

Основная часть. Экспериментальные исследования состояли из лабораторных и полевых. Определялась форма профилей шин с целью описания их математической зависимостью. В ходе лабораторных исследований определялась нагрузка на дорогу от машины. *Объектом полевых исследований* явилась машина, оснащенная системой ЦНШ для задних колес. Такая система позволяет поддерживать необходимое давление воздуха в шинах задних колес из кабины водителя на ходу. Технологический процесс, выполняемый машиной повышенной проходимости, часто связан с постоянным изменением ее массы (особенно лесной машины). В ходе полевых испытаний был проведен хронометраж, в результате которого определена производительность работы системы централизованной накачки шин.

Хронометраж проводился в следующей последовательности: время, необходимое для накачки шин (скорость нарастания давления); время, необходимое для стравливания воздуха из шин (скорость падения давления); время, затрачиваемое ежедневно на приведение в норму давления в шинах.

Проведенный хронометраж показал, что процесс нагнетания воздуха в шины задних колес (без применения ЦНШ) в пределах от 0,05 до 0,15 МПа длится около 2400 с. Поэтому были проведены работы, связанные с разработкой конструкции и установкой системы ЦНШ (рис. 1).

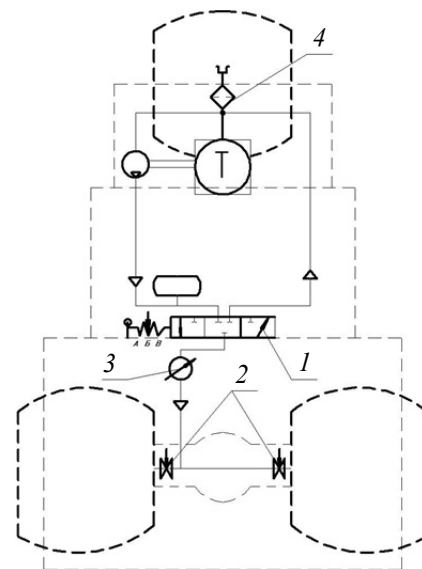


Рис. 1. Система централизованной накачки шин:
1 – кран накачки шин; 2 – колесный клапан;
3 – манометр; 4 – воздухоочиститель

Система ЦНШ объединена с пневматической магистралью тормозов машины. Она содержит кран накачки шин с приводом 1, клапаны 2, установленные на ступицах колес, блоки

уплотнителей, манометр 3 и трубопроводы. Кран накачки шин снабжен манометром. Сжатый воздух к крану накачки 1 поступает от воздухопровода, питающего стояночный тормоз. Кран накачки соединен с воздухоочистителем дизеля 4 и через трубопроводы и каналы цапф колес с полостями шин. Управление краном накачки 1 производится вручную. Рычаг привода тягой соединен с золотником крана и связан с рукояткой управления.

Рукоятка имеет три фиксируемых положения: нейтральное «Б», накачка «А», откачка «В». В нейтральном положении рукоятки привода золотник крана разобщает полости шин с воздухоочистителем и пневмомагистралью высокого давления. Манометр 3 для контроля давления воздуха в шинах подключен к воздухопроводу между колесным клапаном 2 и краном накачки 1. В нейтральном положении рукоятки привода крана накачки манометр 3 показывает давление воздуха в шинах. При установке рукоятки привода в положение накачки «А» золотник крана перемещается из нейтрального положения «Б», при этом полости шин соединены с пневмомагистралью высокого давления, а канал, сообщающийся с воздухоочистителем 4, остается перекрытым. Сжатый воздух через кран накачки 1, блок уплотнителей и другие элементы системы поступает в полости шин. При достижении требуемого давления в шинах рукоятку привода возвращают в нейтральное положение.

Для снижения давления воздуха в шинах, рукоятку привода необходимо установить в положение откачки «В». При этом полости шин соединяются с воздухоочистителем 4, а канал, связанный с пневмосистемой, перекрывается золотником, с целью исключения падения давления воздуха ниже 0,45 МПа, что приводит к автоматическому срабатыванию стояночного тормоза. Соединение полостей шин с воздухоочистителем 4 (где давление ниже атмосферного) во время откачки повышает скорость истечения воздуха из шин при работающем дизеле. После снижения давления в полостях шин до необходимой величины рукоятку привода следует перевести в нейтральное положение.

Время накачки шин задних колес с использованием ЦНШ в пределах от 0,05 до 0,15 МПа составляет 840 с при максимальной нагрузке на колесо и 600 с при минимальной. Время падения давления воздуха при тех же условиях составляет соответственно 1200 и 1500 с. Для повышения производительности работы системы ЦНШ необходимо увеличение площадей проходных сечений, а также оснащение машины автономной воздуходувкой, создающей давление до 0,15 МПа.

В процессе эксплуатации машин повышенной проходимости, оснащенных системой ЦНШ,

выявилось, что ее герметичность недостаточна. Основная доля отказов пневмосистем относится к уплотнениям вращающихся соединений воздухопроводов. Высокие окружные скорости приводят к нагреву контактирующих поверхностей; эти поверхности после остановки остывают и резина приваривается к металлической цапфе. Потере герметичности системы способствует образование выработки в виде канавки на цапфе от воздействия кромки манжеты, а также появление в результате износа радиального биения подшипников вала [12–15].

С целью повышения производительности и герметичности системы ЦНШ предлагается разработанное устройство крепления блока уплотнителей в ступице колеса, приведенное на рис. 2.

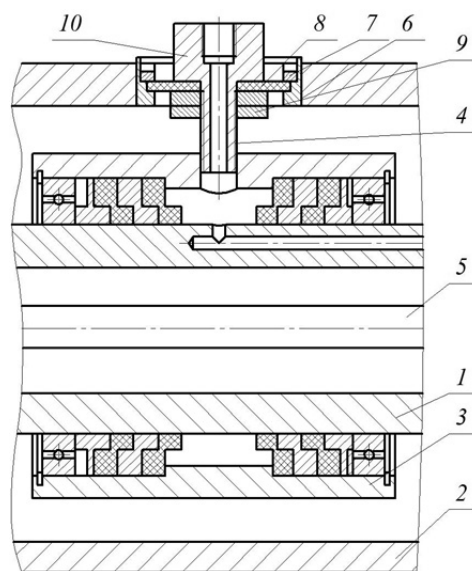


Рис. 2. Крепление блока уплотнителей:
1 – цапфа колеса; 2 – ступица; 3 – подшипник;
4 – блок уплотнителей; 5 – полуось;
6 – эксцентриковая втулка; 7 – кольцевая гайка;
8 – диафрагма; 9 – гайка; 10 – переходник

Предлагаемое устройство состоит из полкой цапфы колеса 1, ступицы 2, подшипников 3, блока уплотнителей 4, полуоси 5, эксцентриковой втулки 6, кольцевой гайки 7, диафрагмы 8 с гайками 9 и переходником 10. Устройство отличается от аналогичных существующих тем, что с целью повышения надежности и долговечности уплотнения на корпусе переходника 10 закреплена охватывающая его эластичная диафрагма 8, которая установлена в эксцентриковой втулке 6 с зазором по наружному контуру и зафиксирована от осевого перемещения в ней. В существующих аналогичных устройствах корпус блока уплотнителей неподвижно установлен в ступице, а переходник образует с эксцентриковой втулкой цилиндрическую пару.

Таким образом, блок уплотнителей с переходником и ступицей лишены взаимных перемещений. Поэтому надежность герметизации и долговечность уплотнителей может быть обеспечена лишь при минимальном отклонении от концентричности расточки посадочной поверхности корпуса блока уплотнителей относительно посадочных поверхностей подшипников ступиц. Кроме того, некачественная или несвоевременная регулировка конических подшипников ступиц также способствует возникновению отклонения от концентричности рабочих кромок уплотнителей и, как следствие, ведет к возрастанию затрат энергии на накачку шин. Эти недостатки усугубляются в случае расположения внутри колеса планетарного редуктора, вызывающего увеличение размеров ступицы и повышение трудоемкости регулировок. Наличие эластичной диафрагмы 8, в предлагаемом устройстве, допускает перемещение переходника 10, в радиальном направлении заодно с блоком уплотнителей 4 и цапфой 1.

Изменять положение блока уплотнителей 4 на цапфе 1, что бывает необходимо при выра-

ботке канавок на поверхности цапфы колеса, можно несколькими путями: ослабив кольцевую гайку 7 и передвинув диафрагму 8 в эксцентриковой втулке 6 или сочетанием перемещения диафрагмы 8 с поворотом эксцентриковой втулки 6.

Заключение. Таким образом, в вышеописанном устройстве путем уменьшения утечек сжатого воздуха снижаются затраты энергии на накачку шин, повышается долговечность и надежность уплотнителей, расширяется диапазон возможных перестановок мест контакта уплотнителей с поверхностью цапфы, что в итоге повышает быстродействие и надежность работы системы ЦНШ.

От пневмомагистрали системы ЦНШ возможно также запитывать различные устройства, позволяющие повысить эксплуатационные качества машин высокой проходимости.

Понижение величины давления воздуха в шинах колес вызывает повышение их радиальной деформации, что, в свою очередь, увеличивает величину угла крена машины от действия центробежной силы на поворотах.

Список литературы

1. Гуськов В. В. Тракторы. Часть II. Теория. Минск: Выш. шк., 1977. 384 с.
2. Кацыгин В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий // Вопросы земледельческой механики. 1975. Т. 8. С. 3–142.
3. Кацыгин В. В., Орда А. И., Афанасьев Н. И. Взаимодействие ходовых систем тракторов с почвой // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1983. № 1. С. 18–19.
4. Ксенович И. П., Скотников В. А., Ляско М. И. Ходовая система – почва – урожай. М.: Агропромиздат, 1985. 304 с.
5. Скойбеда А. Т. Автоматизация ходовых систем колесных машин. Минск: Наука и техника, 1979. 277 с.
6. Рабочев И. С., Камнев В. И., Маслов А. С. Уменьшение отрицательного воздействия мобильных агрегатов на почву // Вестник сельскохозяйственной науки. 1979. № 4. С. 90–94.
7. Горячкин В. П. Собрание сочинений. Т. 1. М.: Колос, 1965. 720 с.
8. Соколова В. А., Петров И. П. Исследование взаимодействия арочного колеса с опорной поверхностью // Труды НАМИ. 1962. Вып. 54. С. 64–72.
9. Трехколесное транспортное средство: А.С. СССР 1169842 / М. С. Высоцкий, В. В. Кацыгин, С. Ф. Опейко, Ю. А. Ким. Оpubл. 07.03.1985.
10. Устройство крепления блока уплотнителей в ступице колеса: А. С. СССР 1108023 / А. Л. Хилько, Ю. А. Ким. Оpubл. 09.04.1984.
11. Бобровник А. И., Ким Ю. А. Централизованная накачка шин машин для внесения минеральных удобрений МВУ-30 // Взаимодействие ходовых систем с почвогрунтами. Минск. 1983. С. 49–51.
12. Как работает подкачка шин на Урале // Meloci.ru URL: <https://meloci.ru/shiny/kak-rabotaet-podkachka-shin-na-urale.html> (дата обращения: 03.12.2021).
13. Опейко Ф. А. Колесный и гусеничный ход. Минск: Изд. АСХН БССР, 1960. 186 с.
14. Маршак А. Л. О профиле поверхности пневматических колес при контакте с почвой // Сельхозмашина. 1956. № 3. С. 22–24.
15. Семенов В. М., Армаферов Р. Г. Работа грузового автомобиля в тяжелых дорожных условиях. М.: Автотрансиздат, 1962. 177 с.

References

1. Gus'kov V. V. *Traktory. Chast' II. Teoriya* [Tractors. Part II. Theory]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1977. 384 p. (In Russian).
2. Katsygin V. V. Fundamentals of the theory of choosing the optimal parameters of mobile agricultural machinery and implements. *Voprosy zemledel'cheskoy mekhaniki* [Agricultural mechanics issues], 1975, vol. 8, pp. 3–142 (In Russian).

3. Katsygin V. V., Orda A. I., Afanasiev N. I. The interaction of tractor driving systems with soil. *Me-khanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva* [Agricultural mechanization and electrification], 1983, no. 1, pp. 18–19 (In Russian).
4. Ksenevich I. P., Skotnikov V. A., Lyasko M. I. *Khodovaya sistema – pochva – urozhay* [Running system – soil – harvest]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 304 p. (In Russian).
5. Skoybeda A. T. *Avtomatizatsiya khodovykh sistem kolesnykh mashin* [Automatization of undercarriage systems for wheeled vehicles]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1979. 277 p. (In Russian).
6. Rabochev I. S., Kamnev V. I., Maslov A. S. Reduction of the negative impact of mobile aggregates on soil. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 1979, no. 4, pp. 90–94 (In Russian).
7. Goryachkin V. P. *Sobraniye sochineniy. Tom I* [Collected works. Vol. 1]. Moscow, Kolos Publ., 1965. 720 p. (In Russian).
8. Sokolova V. A., Petrov I. P. Study of the interaction of an arched wheel with a supporting surface. *Tudy NAMI* [Proceedings of NAMI], 1962, issue 54, pp. 64–72 (In Russian).
9. Vysotskiy M. S., Katsygin V. V., Opeyko S. F., Kim Yu. A. Tricycle vehicle. Author's certificate USSR 1169842, 1985 (In Russian).
10. Khil'ko A. L., Kim Yu. A. Device for fastening the block of seals in wheel hub. Author's certificate USSR 1108023, 1984 (In Russian).
11. Bobrovnik A. I., Kim Yu. A. Centralized tire inflation of machines for application of mineral fertilizers MVP-30. *Vzaimodeystviye khodovykh sistem s pochvogruntami* [Interaction of walking systems with soils]. Minsk, 1983, pp. 49–51 (In Russian).
12. How does tire pumping work in the Ural. Available at: <https://meloci.ru/shiny/kak-rabotaet-podkachka-shin-na-urale.html> (accessed 03.12.2021) (In Russian).
13. Opeyko F. A. *Kolesnyy i gusenichnyy khod* [Wheeled and caterpillar]. Minsk, Izd. ASKhN BSSR Publ., 1960. 186 p. (In Russian).
14. Marshchak A. L. About the surface profile of pneumatic wheels in contact with the soil. *Sel'khoz mashina* [Agricultural machinery], 1956, no. 3, pp. 22–24 (In Russian).
15. Semenov V. M., Armaferov R. G. *Rabota gruzovogo avtomobilya v tyazhelykh dorozhnykh usloviyakh* [Operation of a truck in difficult road conditions]. Moscow, Avtotransizdat Publ., 1962. 177 p. (In Russian).

Информация об авторах

Ким Юрий Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной графики машиностроительного профиля. Белорусский национальный технический университет (220013, г. Минск, ул. Я. Коласа, 12, Республика Беларусь). E-mail: igmp_atf@bntu.by

Насковец Михаил Трофимович – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: naskovets@belstu.by

Жарков Николай Иванович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: zharkov@belstu.by

Гиль Виталий Иванович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инженерной графики. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: v.gil@belstu.by

Information about the authors

Kim Yuriy Alekseevich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Engineering Graphics for Machine-Building. Belarusian National Technical University (12, Ya. Kolasa str., 220013, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: igmp_atf@bntu.by

Naskovets Mikhail Trofimovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: naskovets@belstu.by

Zharkov Nikolay Ivanovich – PhD (Engineering), Senior Researcher, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: zharkov@belstu.by

Gil Vitaliy Ivanovich – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Engineering Graphics. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.gil@belstu.by

Поступила 14.03.2022

УДК 630*356

А. С. Панкратович, П. А. Протас

Белорусский государственный технологический университет

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСОСЕКИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ФОРВАРДЕРА

В процессе лесозаготовительных работ большой объем трудовых затрат приходится на проведение транспортно-логистических операций форвардером (сбор и погрузку круглых лесоматериалов на грузовую платформу, их трелевку включая рабочий, холостой ход и маневрирование машины, сортировку, выгрузку и штабелевку), что в значительной степени влияет на эффективность работы и производительность форвардера. Оптимизация данных операций может производиться различными способами, например с помощью математического моделирования или же путем использования готового программного продукта. Был проведен анализ методов математического моделирования и приведены варианты их применения в различных областях лесозаготовительного производства, а также анализ готовых программных решений, дающих возможность проводить оптимизацию переместительных операций с меньшими трудовыми затратами.

Для апробации анализа выполнения транспортно-логистических операций форвардером использовался программный продукт Ponsse Forwarder Game. При этом были заданы технологические параметры лесозаготовительного процесса, такие как габаритные размеры лесосеки и ее технологических элементов, основные таксационные показатели, количество сортотипов при сортировке круглых лесоматериалов, а также составлены схемы расположения технологических элементов лесосек в соответствии с организацией лесозаготовительных работ и требованиями нормативных документов.

В результате исследований были получены определенные выводы о применимости и эффективности использования метода оценки оптимизации транспортно-логистических операций на лесосеке на базе программного продукта Ponsse Forwarder Game и анализа производительности форвардера.

Ключевые слова: лесосека, параметры, технологические элементы, методы, моделирование, форвардер, производительность.

Для цитирования: Панкратович А. С., Протас П. А. Методы оценки влияния размещения технологических элементов лесосеки на производительность форвардера // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 130–136.

A. S. Pankratovich, P. A. Protas

Belarusian State Technological University

METHODS FOR ASSESSING THE IMPACT OF THE PLACEMENT OF TECHNOLOGICAL ELEMENTS OF THE CUTTING AREA ON THE FORWARDER'S PERFORMANCE

In the process of logging operations, a large amount of labor is spent on carrying out transport and logistics operations by the forwarder (collecting and loading round timber materials onto a cargo platform, their skidding, including working, idling and maneuvering of the machine, sorting, unloading and stacking), which significantly affects the efficiency of work and productivity of the forwarder. Optimization of these operations can be carried out in various ways, for example, using mathematical modeling, or using a ready-made software product. The analysis of mathematical modeling methods was carried out and the variants of their application in various fields of logging production were given, as well as the analysis of ready-made software solutions that make it possible to optimize moving operations with less labor.

The software product Ponsse Forwarder Game was used to test the analysis of the performance of transport and logistics operations by the forwarder. For this purpose, the technological parameters of the logging process were set, such as the overall dimensions of the cutting area and its technological elements, the main taxation indicators, the number of varietal groups when sorting round timber, and the layout of the technological elements of the cutting areas were drawn up in accordance with the organization of logging operations and the requirements of regulatory documents.

As a result of the research, certain conclusions were obtained about the applicability and effectiveness of using the method of evaluating the optimization of transport and logistics operations in the cutting area based on the software product Ponsse Forwarder Game and the analysis of the forwarder's productivity.

Key words: cutting area, parameters, technological elements, methods, modeling, forwarder, productivity.

For citation: Pankratovich A. S., Protas P. A. Methods for assessing the impact of the placement of technological elements of the cutting area on the forwarder's performance. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 130–136 (In Russian).

Введение. Лесозаготовительное производство Республики Беларусь движется в направлении расширения использования систем машин «харвестер – форвардер», которыми в настоящее время заготавливается более 50% от общего объема заготовки древесного сырья [1]. Эффективность работы такой системы машин зависит от различных факторов: технологии разработки лесосеки, природно-производственных условий, квалификации операторов, параметров лесосеки и ее технологических элементов, степени сортировки круглых лесоматериалов и др. При этом совокупность данных факторов усиливает их влияние на временные затраты для выполнения операций по заготовке и трелевке (транспортировке) лесоматериалов, что, в свою очередь, существенно влияет на производительность системы машин [2–9].

Если рассматривать производительность форвардера, то существенное влияние на нее оказывают параметры лесосеки и ее технологических элементов (пасечных и магистральных трелевочных волоков, верхних и промежуточных складов, подъездных путей). К таким параметрам можно отнести суммарную площадь технологических элементов, ширину трелевочных волоков и их размещение на лесосеке, площадь лесосеки, размеры и расположение верхнего (промежуточного) склада.

Изменение этих параметров будет влиять на объем транспортно-логистических операций системы машин в процессе лесозаготовки. Учитывая ряд требований нормативных документов, а также то, что большинство разрабатываемых лесосек имеет неправильную геометрию, необходимо находить оптимальные решения и проводить корректировки схем расположения технологических элементов для того, чтобы обеспечить эффективность лесозаготовительного производства [10–12].

Процесс оптимизации лесозаготовительного производства, а именно транспортно-логистических операций лесозаготовки, является важной задачей, в дальнейшем значительно влияющей на эффективность лесосечных работ. Она включает в себя оптимизацию параметров и размещения технологических элементов лесосеки, что требует применения знаний во многих аспектах, таких как технология лесозаготовительного производства, математическое моделирование процессов, экономический анализ и др.

Основная часть. Целью исследования является анализ методов размещения технологи-

ческих элементов на лесосеке, а также оценка влияния такого размещения на производительность форвардера. В соответствии с целью задачи исследования заключаются в следующем:

- проведение анализа возможных методов моделирования транспортно-логистических операций форвардера;
- выбор метода моделирования, соответствующего заданным исходным параметрам;
- апробация выбранного метода и анализ полученных результатов.

В зависимости от требуемой точности в решении задачи оптимизации транспортно-логистических операций на лесосеке, трудозатрат, применяемых средств и др. могут использоваться различные методы оценки влияния размещения технологических элементов лесосеки на производительность форвардера.

Для этого можно воспользоваться определенными методами математического моделирования производственных процессов на лесозаготовках. К таким методам можно отнести [13]:

- линейные модели. Этот принцип базируется на пренебрежении в отдельных случаях нелинейностью связи между параметрами системы, различными ограничениями и целевыми функциями. Подобные модели получили распространение при анализе эффективности, а также оптимизации по экономическим критериям, при решении транспортных и распределительных задач планирования и управления;
- модели массового обслуживания. Суть заключается в отыскании функциональных зависимостей величин, характеризующих эффективность системы, от характеристик входящего потока, параметров и способов организации обслуживающей системы в целом, а также от способов управления системой. На практике к задачам, решаемым подобным способом, можно отнести процесс разгрузки форвардера и штабелевки, освобождение лесопромышленного склада, устранение неисправностей машин и т. д.;
- модели управления запасами. Подобные модели с помощью составления математических зависимостей позволяют создать запасы древесины, определить их оптимальные размеры на различных фазах лесозаготовительного процесса;
- модели, основанные на теории графов и сетей. Данные модели могут использоваться при решении широкого спектра задач, таких как задачи по распределению трудовых ресурсов

и материальных средств по фазам процесса, для определения моментов начала и конца отдельных этапов работ, для выявления возможных препятствий выполнению работ и поиску путей их устранения;

– модели, основанные на теории игр и статистических решений. При управлении производством приходится иметь дело с неопределенными условиями выполнения операций (например, погодными-климатическими), неопределенностью поведения объекта управления в связи со случайными помехами, а также с неопределенностью целей или эффективности операций. Подобные модели предлагают математические варианты решения данных неопределенностей, а если нет решения, то позволяют получить максимальную величину минимального «выигрыша».

Также находят применение частные решения задачи оценки эффективности размещения технологических элементов лесосеки. Например, в работах [14, 15] представлена имитационная модель проектирования сети трелевочных волоков и выполнения трелевки древесины при определении некоторых критериев эффективности, а также анализ данной модели в случае нескольких вариантов лесосек с разной конфигурацией, но одинаковыми таксационными и технологическими параметрами. Авторами также рассматриваются вопросы компьютерного программного проектирования трелевочных волоков на лесосеке [16].

Сегодня все большее применение находят прикладные программы, которые также могут быть использованы для решения задачи оптимизации транспортно-логистических операций при лесозаготовке, а также для нахождения эффективных путей повышения производительности форвардеров.

Так, разработана программа на основе языка MapBasic, позволяющая при оценке эффективности работы машин генерировать модельные лесосеки с различными характеристиками, такими как таксационные характеристики древостоя, крутизна склонов рельефа местности, климатические и грунтовые условия, схемы размещения волоков и погрузочного пункта [17].

Для решения данной задачи специалистами компании Ponsse Oyj (Финляндия) была разработана программа Ponsse Forwarder Game. Данная программа предназначена для планирования оптимальной работы при транспортировке лесоматериалов из лесосеки на верхний или промежуточный лесосклад, а также для обучения операторов форвардеров эффективным методам работы [18].

При выполнении планирования работы по транспортировке лесоматериалов в данной программе можно учитывать различные природно-

производственные факторы: условия эксплуатации форвардера, размещение технологических элементов, количество сортируемых категорий круглых лесоматериалов, их укладку в штабели на промскладе и др. Задавшись определенными параметрами лесосеки и ее технологических элементов, а также приняв в учет технологические аспекты работы и требования нормативных документов, можно моделировать множество вариантов транспортировки лесоматериалов с одной лесосеки, чтобы в дальнейшем выбрать из них оптимальный.

Выполнив анализ методов оценки влияния размещения технологических элементов лесосеки на производительность форвардера, можно сделать вывод, что применение программы Ponsse Forwarder Game для выбора из множества вариантов минимального числа рациональных с дальнейшим их анализом математическими и экономическими методами является эффективным.

Для апробации выбранного метода в работе рассматривалось влияние размещения трелевочных волоков, количества и размещения пачек сортиментов, погрузочных пунктов на производительность форвардера с учетом неизменности геометрии самой лесосеки, а также без изменения количества лесоматериалов, расположенных вдоль волоков. Для расчета приняты следующие данные:

- сплошные рубки главного пользования;
- породный состав 5С3Е2Б;
- ликвидный запас на 1 га 280 м³;
- длина и ширина лесосеки 100 и 160 м соответственно, площадь лесосеки 1,6 га;
- схема расположения волоков – параллельная;
- ширина волока 5 м, ширина пасеки 20 м;
- схема 1 – параллельная схема расположения волоков с промежуточным складом, находящимся за пределами лесосеки, на расстоянии 150 м;
- схема 2 – параллельная схема расположения волоков с центральным расположением верхнего (промежуточного) склада в пределах лесосеки.

Для каждой схемы было выбрано по 2 варианта заготовки и сортировки круглых лесоматериалов: 4 сортгруппы – лесоматериалы сосновые длиной 4 и 6 м, еловые длиной 4 м и березовые длиной 6 м; 6 сортгрупп – лесоматериалы сосновые 4 и 6 м, еловые 4 и 6 м и березовые 4 и 6 м.

С учетом вышеперечисленных параметров были составлены 4 схемы движения форвардера.

Результатом моделирования процессов трелевки форвардером в данной программе является статистика (рис. 1), в которой приводятся следующие показатели: затрачиваемое время и

расстояние при погрузке, разгрузке, холостом и рабочем ходах, общий объем перевозимых лесоматериалов, производительность работы и т. д.

Total

Time Usage

Total working time	10:03:00
Driving empty	00:55:24
Loading	06:00:58
Driving loaded	00:58:02
Unloading	02:08:34

Loads

Loads transported	30
Total volume [m3]	450.0
Loading density [m3/100m]	13.4

Productivity

Productivity [m3/h]	44.8
GTkm	191.4
NTkm	53.6

Driving distance [m]

Total	9843.1
Forward	8947.4
Backward	895.7
Backward with limited visibility	93.1
Driving empty	3403.1
Loading	3347.4
Driving loaded	3092.5
Unloading	0.0

Рис. 1. Пример статистики

В процессе моделирования рассмотрены схемы расположения технологических элементов и организации работы форвардера, представленные на рис. 2–5.



Рис. 2. Схема 1

При работе по схеме 1 верхний склад примыкает к лесосеке, а подсортировка форвардером круглых лесоматериалов осуществляется на четыре сортотруппы.

Схема 2 отличается тем, что подсортировка осуществляется на шесть сортотрупп.

Схемы 3 и 4 отличаются расположением промежуточного склада, который удален от

лесосеки на 150 м (расположен у лесохозяйственной дороги). При этом по схеме 3 организация работы форвардера осуществляется с подсортировкой круглых лесоматериалов на четыре сортотруппы, по схеме 4 – на шесть.

При моделировании процесса трелевки круглых лесоматериалов по приведенным схемам получены следующие результаты.

В первом варианте (рис. 2) общее затраченное время на лесосеке составило 10 ч 3 мин, из которых 6 ч заняла загрузка форвардера. Остальное время затрачено на ход машины в холостом и нагруженном состоянии, а также на разгрузку. Часовая производительность составила 44,8 м³, а общее расстояние перемещения форвардера – 9843 м, из которых 3092 м машина перемещалась полностью загруженная.



Рис. 3. Схема 2

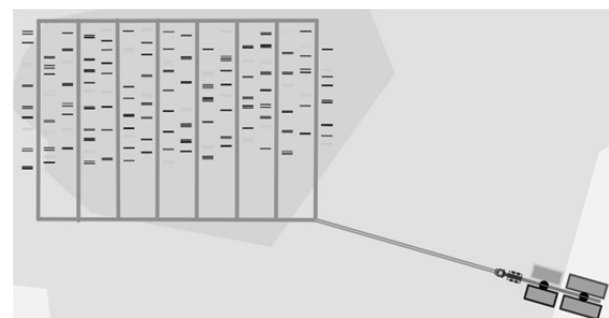


Рис. 4. Схема 3

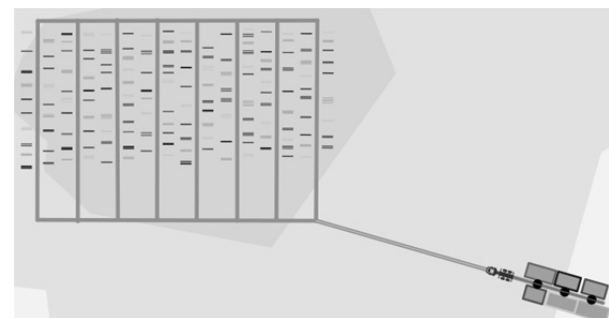


Рис. 5. Схема 4

При аналогичной организации работы форвардера, но расположении промежуточного лесоспромышленного склада на удалении от лесосеки (рис. 4) общее затраченное на лесосеке время составило 13 ч 7 мин, из которых 6 ч заняла загрузка форвардера. Часовая производительность составила 34,3 м³, а общее расстояние перемещения форвардера 20 080 м, из которых 8225 м машина перемещалась полностью загруженная.

Аналогично получены данные для других вариантов работы форвардера, которые могут быть использованы для анализа его эффективности и выбора рационального размещения технологических элементов лесосеки.

Заключение. Выполненный анализ различных методов оценки влияния размещения технологических элементов лесосеки на производительность форвардера позволил сделать следующие выводы:

– применение методов математического моделирования производственных процессов на лесозаготовках (линейные модели, модели массового обслуживания, модели управления запасами, модели, основанные на теории графов и сетей, модели, основанные на теории игр и статистических решений и др.) не всегда эффективно для оперативного принятия решений и укрупненного выбора рациональной схемы

размещения технологических элементов лесосек ввиду значительных трудовых и временных затрат, необходимости применения различных математических решений, имеющих ряд допущений и др.;

– применение методов решения частных случаев может детально рассматривать решение вопросов в узком диапазоне, что не всегда эффективно для оценки множества влияющих факторов;

– эффективным решением для укрупненного анализа размещения технологических элементов лесосеки и оценки их влияния на производительность форвардера с целью минимизации выбора основных рациональных схем для последующего их детального анализа являются программные методы;

– для оценки эффективности работы форвардера с учетом множества факторов, в том числе размещения, и параметров технологических элементов лесосеки может быть применена программа Ponsse Forwarder Game, разработанная в компании Ponsse Oyj (Финляндия);

– апробация применения программы Ponsse Forwarder Game показала ее эффективность и применимость для укрупненного анализа размещения технологических элементов лесосеки и их влияния на производительность форвардера.

Список литературы

1. Заготовка и переработка древесных лесных ресурсов // Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь. URL: <https://mlh.by/our-main-activities/forest/zagotovka-i-ispolzovanie-drevesnykh-resursov> (дата обращения: 18.03.2022).
2. Герц Э. Ф. Сравнительная оценка эффективности технологических схем работы систем машин «харвестер – форвардер» по критериям площади технологических коридоров и производительности // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. № 4. С. 63–67.
3. Изотова Е. Н. О факторах повышения эффективности работы на харвестерах и форвардерах // Приоритетные направления развития науки и образования. 2016. № 4-2 (11). С. 67–68.
4. Просужих А. А. Повышение производительности колесных форвардеров обоснованием их параметров и режимов работы: дис. ... канд. техн. наук. Ухта, 2020. 158 л.
5. Федоренчик А. С., Протас П. А., Хотянович А. И. Повышение эффективности эксплуатации системы машин «харвестер – форвардер» // Наука и инновации вузов – производству: взаимодействие, эффективность, перспективы: сб. ст. и тез. науч.-практ. семинара, Минск, 22–23 мая 2007 г. Минск, 2008. С. 78–80.
6. Полукаров М. В. Оценка резервов эксплуатационных затрат систем машин заготовки древесины «харвестер – форвардер» // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург, 2017. С. 23–25.
7. Санталов А. А. Имитационный эксперимент на симуляторе харвестера – форвардера «KOMATSU» // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». Екатеринбург, 2017. С. 25–29.
8. Бурмистрова О. Н., Просужих А. А., Рудов С. Е. Экспериментальные исследования производительности форвардера с учетом его эксплуатационных характеристик, параметров лесосеки и физико-механических свойств почвогрунта // Resources and Technology. 2021. Т. 18. № 1. С. 94–124. DOI: 10.15393/j2.art.2021.5583.
9. Божбов В. Е. Повышение эффективности процесса трелевки путем обоснования рейсовой нагрузки форвардеров. СПб.: С.-Петербург. гос. лесотехн. ун-т им. С. М. Кирова, 2015. 119 с.

10. Матвейко А. П., Протас П. А. Технология и машины лесосечных работ. Минск: БГТУ, 2008. 116 с.
11. Угрюмов Б. И., Ильин И. М. Определение оптимальных размеров лесосек при проведении рубок главного пользования // Вестник КрасГАУ. 2009. № 12 (39). С. 169–172.
12. Устойчивое лесоуправление и лесопользование. Рубки главного пользования. Требования к технологиям: СТБ 1360–2002. Минск: Госстандарт, 2003. 16 с.
13. Алябьев В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках. М.: Лесная пром-сть, 1977. 232 с.
14. Макаренко А. В. Оптимизация размещения сети трелевочных волоков на лесосеке // Лесозаготовительное производство: проблемы и решения: материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–28 апр. 2017 г. Минск, 2017. С. 233–237.
15. Макаренко А. В. Моделирование и оценка эффективности прокладки трелевочных волоков на лесосеке // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2018. Т. 22, № 6. С. 70–78. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-70-78.
16. Макаренко А. В. Программное проектирование трелевочных волоков на лесосеке // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2013. № 1. С. 99–104.
17. Суханов Ю. В. Моделирование природно-производственных условий эксплуатации лесных машин // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. 2010. № 8. С. 149–150.
18. Ponsse Forwarder Game. URL: <https://ponsseforwardergame.software.informer.com> (дата обращения: 18.03.2022).

References

1. Harvesting and processing of wood forest resources. Available at: <https://mlh.by/our-main-activites/forest/zagotovka-i-ispolzovanie-drevesnykh-lesnykh-resursov> (accessed 18.03.2022) (In Russian).
2. Gerts E. F. Comparative evaluation of the efficiency of technological schemes of the harvester-forwarder machine systems according to the criteria of the area of technological corridors and productivity. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Bulletin of the Moscow State University of the Forest – Forestry Bulletin], 2012, no. 4, pp. 63–67 (In Russian).
3. Izotova E. N. About the factors of increasing the efficiency of work on harvesters and forwarders. *Prioritetnyye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya* [Priority directions of development of science and education], 2016, no. 4-2 (11), pp. 67–68 (In Russian).
4. Prosuzhikh A. A. *Povysheniye proizvoditel'nosti kolesnykh forvarderov obosnovaniyem ikh parametrov i rezhimov raboty. Dissertatsiya kandidata tekhnicheskikh nauk* [Improving the performance of wheel forwarders by justifying their parameters and operating modes. Dissertation PhD (Engineering)]. Ukhta, 2020. 158 p. (In Russian).
5. Fedorenchik A. S., Protas P. A., Khotyanovich A. I. Improving the operational efficiency of the harvester-forwarder machine system. *Nauka i innovatsii vuzov – proizvodstvu: vzaimodeystviye, effektivnost', perspektivy: sbornik statey i tezisov nauchno-prakticheskogo seminara* [Science and innovation of universities – production: interaction, efficiency, prospects: a collection of articles and abstracts of a scientific and practical seminar]. Minsk, 2008, pp. 78–80 (In Russian).
6. Polukarov M. V. Estimation of operating cost reserves of harvester – forwarder wood harvesting machine systems. *Nauchnoye tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii: materialy XIII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i aspirantov i konkursa po programme “Umnik”* [Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia: materials of XIII All-Russian scientific and technical conference of students and postgraduates and the competition under the program “Umnik”]. Ekaterinburg, 2017, pp. 23–25 (In Russian).
7. Santalov A. A. Simulation experiment on the KOMATSU harvester forwarder simulator. *Nauchnoye tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii: materialy XIII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i aspirantov i konkursa po programme “Umnik”* [Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia: materials of XIII All-Russian scientific and technical conference of students and postgraduates and the competition under the program “Umnik”]. Ekaterinburg, 2017, pp. 25–29 (In Russian).
8. Burmistrova O. N., Prosuzhikh A. A., Rudov S. E. Experimental studies of forwarder performance taking into account its operational characteristics, cutting area parameters, and physical and mechanical properties of the soil. *Resources and Technology*, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 94–124. DOI: 10.15393/j2.art.2021.5583 (In Russian).
9. Bozhbov V. E. *Povysheniye effektivnosti protsessa trelevki putem obosnovaniya reysovoy nagruzki forvarderov* [Improving the efficiency of the skidding process by justifying the flight load of forwarders]. St. Petersburg, St. Petersburg State Forest Technical University Publ., 2015. 119 p. (In Russian).

10. Matveyko A. P., Protas P. A. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Technology and machines of logging operations]. Minsk, BGTU Publ., 2008. 116 p. (In Russian).
11. Ugryumov B. I., Il'in I. M. Determination of the optimal size of cutting areas during logging of the main use. *Vestnik KrasG AU* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 2009, no. 12 (39), pp. 169–172 (In Russian).
12. STB 1360-2002. Sustainable forest management and forest exploitation. Cabins of the main use. Technology requirements. Minsk, Gosstandart Publ., 2003. 16 p. (In Russian).
13. Alyab'yev V. I. *Optimizatsiya proizvodstvennykh protsessov na lesozagotovkakh* [Optimization of production processes in logging]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1977. 232 p. (In Russian).
14. Makarenko A. V. Optimization of the placement of a network of skidding hauls in the cutting area. *Lesozagotovitel'noye proizvodstvo: problemy i resheniya; materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Logging production: problems and solution; materials of the International scientific and practical conference]. Minsk, 2017, pp. 233–237 (In Russian).
15. Makarenko A. V. Modeling and evaluation of the efficiency of laying skidding lines in the cutting area. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2018, vol. 22, no. 6, pp. 70–78. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-6-70-78 (In Russian).
16. Makarenko A. V. Software design of skidding drags in the cutting area. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Bulletin of the Moscow State University of the Forest – Forestry Bulletin], 2013, no. 1, pp. 99–104 (In Russian).
17. Suhanov Yu. V. Modeling of natural and industrial operating conditions of forest machines. *Trudy lesoinzhenernogo fakul'teta PetrGU* [Proceedings of the Forest Engineering Faculty of Petrozavodsk State University], 2010, no. 8, pp. 149–150 (In Russian).
18. Ponsse Forwarder Game. Available at: <https://ponsseforwardergame.software.informer.com> (accessed 18.03.2022) (In Russian).

Информация об авторах

Панкратович Александр Сергеевич – аспирант кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: halva97@mail.ru

Протас Павел Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесных машин, дорог и технологий лесопромышленного производства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: protas77@rambler.ru

Information about the authors

Pankratovich Alexander Sergeevich – PhD student, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: halva97@mail.ru

Protas Pavel Alexandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Logging Machinery, Forest Roads and Timber Production Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: protas77@rambler.ru

Поступила 11.03.2022

ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ WOODWORKING INDUSTRY

УДК 684.73:658.562

Л. В. Игнатович, Е. И. Гордиевич

Белорусский государственный технологический университет

АНАЛИЗ КОМПЛЕКСНЫХ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА, ВЛИЯЮЩИХ НА АНАТОМИЧЕСКИЙ И ОРТОПЕДИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЯГКОЙ МЕБЕЛИ

В статье представлен обзор литературных данных о влиянии комплексных оценок качества на анатомический и ортопедический эффект мягких элементов мебели, рассмотрены основные положения, связанные с комфортабельностью (удобством пользования) мягкой мебелью, особенности конструкции мягких элементов.

Комплексная оценка качества, необходимая при проектировании мягких элементов мебели (матрасов), учитывает анатомический и ортопедический эффект и показывает, как степень ее полезности определяется конструктивно-технологическими факторами, технико-экономическими, физико-механическими, химическими, эстетическими и другими показателями.

Основная задача, стоящая перед современными конструкторами при проектировании мягкой мебели, – это необходимость учитывать не только комплексные оценки качества, влияющие на анатомические и ортопедические эффекты мягких элементов (уменьшение нагрузки на позвоночник, минимизация давления на тело, обеспечение бережной поддержки позвоночника), но и конструктивно-технологические особенности мебели – рациональность с точки зрения ее функционального назначения (конструкция, форма, размеры, свойства исходного материала и мягкость). В настоящее время происходит возрастание культурно-бытовых потребностей людей, и именно желание максимально удовлетворить эти потребности заставляет конструкторов по-другому подходить к созданию новых видов мягкой мебели, не только делая акцент на внешнем оформлении изделия, но и повышая его основное эксплуатационное свойство – комфортабельность, которое, в свою очередь, зависит от правильного выбора конструкции и формы, ее размеров, свойств исходного материала и мягкости.

Ключевые слова: комплексная оценка, проектирование, мягкая мебель, качество, анатомический эффект, ортопедический эффект.

Для цитирования: Игнатович Л. В., Гордиевич Е. И. Анализ комплексных оценок качества, влияющих на анатомический и ортопедический эффекты при проектировании мягкой мебели // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 137–147.

L. V. Ignatovich, E. I. Gordiyevich

Belarusian State Technological University

ANALYSIS OF COMPLEX QUALITY ASSESSMENTS AFFECTING THE ANATOMICAL AND ORTHOPEDIC EFFECTS IN THE DESIGN OF UPHOLSTERED FURNITURE

The article presents a review of literary data on the impact of comprehensive quality assessments on the anatomical and orthopedic effect of soft elements of furniture, the main provisions related to comfort (ease of use) with upholstered furniture, features of the design of soft elements are considered.

A comprehensive assessment of the quality required in the design of soft elements of furniture (mattresses), takes into account the anatomical and orthopedic effect and shows how its usefulness is determined by constructive and technological factors, technical and economic, physical and mechanical, chemical, aesthetic and other indicators.

The main task facing modern designers in the design of upholstered furniture is the need to consider not only comprehensive quality assessment, which affects anatomical and orthopedic effects of soft elements (reducing stress on the spine, minimizing pressure on the body, providing gentle support for the spine), but also construction and technological features of furniture - the rationality in terms of its functional purpose (design, shape, size, properties of the original material and softness). Currently, there is an increase of cultural and household needs of people and it is the desire to meet these needs as much as possible causes designers to approach in a different way to create new types of furniture, not only focusing on the external design of the product, but also increasing its main operational feature - comfort, which, in turn, depends on the choice of design and form, its size, properties of the original material and softness.

Key words: complex assessment, design, upholstered furniture, quality, anatomical effect, orthopedic effect.

For citation: Ignatovich L. V., Gordiyevich E. I. Analysis of complex quality assessments affecting the anatomical and orthopedic effects in the design of upholstered furniture. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 137–147 (In Russian).

Введение. При обустройстве интерьеров жилой и общественной среды значительное внимание уделяется выбору мебели, в особенности мягкой.

Мягкая мебель – собирательное название комфортабельных мебельных изделий для сидения и лежания (например: диваны прямые и угловые, кресла, софы, тахты, кушетки, пуфы, банкетки, стулья с мягким элементом для сидения). В настоящее время ее рассматривают не только как функциональный предмет, но и как формообразующий элемент интерьера, задающий стилистическую и колористическую тональность обстановки. Мягкая мебель украшает дом, пропорционально вписывается между отдельными элементами и сочетается с другими предметами помещения [1–3].

Несмотря на свое стилевое разнообразие, мягкая мебель должна отвечать основным требованиям потребителей, т. е. обладать высоким качеством материалов, иметь элегантный внешний вид, лаконичные формы и удобство конструкции [3].

В последнее время стала очень популярна и востребована мебель с мягкими элементами, обладающими анатомическим и ортопедическим эффектами. И это не случайно, так как около 25% своей жизни человек проводит во сне, поэтому, выбирая мебель для отдыха, он в первую очередь будет оценивать ее свойства с точки зрения максимального комфорта [4].

С целью проектирования красивых и комфортных изделий возникает необходимость учитывать комплексные оценки качества, влияющие на анатомические, ортопедические эффекты мягких элементов и конструктивно-технологические особенности.

Польза, удобство и эстетический вид мягкой мебели неразрывно связаны между собой, а ее форма зависит от выполняемой ею функции, конструкции, материала и технологии изготовления [5]. Поэтому при проектировании мягкой мебели нужно помнить, что она будет оцени-

ваться с двух точек зрения: потребительской и производственной и не всегда эти точки зрения могут совпадать. Профессионализм конструктора и состоит в том, чтобы найти рациональный вариант, удовлетворяющий обе стороны [6].

Основная часть. Качество изделий – это совокупность свойств, обуславливающих их способность удовлетворять определенным потребностям в соответствии с назначением [5].

Качество выпускаемой продукции в основном зависит от технологического уровня предприятия, инновационных технологий, внедрения современных качественных материалов, что сможет в полной мере удовлетворять высоким требованиям покупателей. Другими словами, повышение качества продукции определяет выживаемость предприятия в условиях рынка, характеризует фактор его конкурентоспособности, рост научно-технического прогресса [7].

Показатели качества изделия бывают единичные, характеризующие какое-либо одно свойство продукции, и комплексные, отражающие несколько свойств изделия одновременно. Например, комплексная оценка качества необходима при проектировании мягких элементов мебели (матрасов), учитывает анатомический и ортопедический эффект и показывает, как степень ее полезности определяется конструктивно-технологическими факторами, технико-экономическими, физико-механическими, химическими, эстетическими и другими показателями. Таким образом, комплексная оценка качества мягкой мебели устанавливается по объективным техническим и органолептическим (метод определения показателей качества изделия на основе анализа восприятий органов чувств) показателям [8–11].

Комфортабельность мягкой мебели, т. е. удобство пользования ею, зависит от правильного выбора формы и размеров конструкции, свойств исходных материалов, формирующих мягкие элементы и обеспечивающих их упру-

гость, долговечность при эксплуатации, антропометрическую совместимость, т. е. правильное положение тела человека с физиологической точки зрения при контакте его с опорной поверхностью элемента мебели [2, 12, 13].

Контакт человека с функциональными элементами мебели представляет собой взаимодействие мягких элементов и частей тела человека. Вследствие этого в конструкции мебели возникают деформации мягких элементов, а у человека во время сна и отдыха – изменения физиологических показателей в организме: появляются мышечные напряжения, ухудшается кровообращение и т. д. Поэтому к изделиям мягкой мебели предъявляются соответствующие требования, одним из которых является показатель мягкости, т. е. способность мягких элементов обеспечивать удобство за счет деформации настилочных материалов. Данный показатель в первую очередь зависит от свойств материалов и воспринимается телом человека как действующее на него давление [14, 15].

Для оценки мягкости мебели принята общая деформация элемента под нагрузкой (D , мм) и его податливость (Π , мм/даН), т. е. сопротивление мягкого элемента в начальный период его нагружения. Общая деформация и податливость определяются по формулам [16, 17]:

$$D = H_0 - H_{70}; \quad (1)$$

$$\Pi = \frac{H_5 - H_{15}}{10}, \quad (2)$$

где H_0 – начальная высота элемента, мм; H_{70} , H_5 , H_{15} – высота элемента под нагрузкой соответственно 70, 5, и 15 даН, мм (1 даН = 10 Н = 1 кг).

Значения мягкости позволяют определять функциональную рациональность конструкции. Но несмотря на это, показателей податливости и деформации элемента под нагрузкой недостаточно для точной оценки мягкости, так как при этом нельзя представить характер взаимодействия мягкого элемента и человека, т. е. трудно сделать вывод о воздействии функциональных элементов на анатомо-физиологическую систему [18].

Становится очевидным, что мягкие элементы мебели должны соответствовать определенным физиологическим данным человека. Для длительного пользования или отдыха необходима мебель, позволяющая человеку менять положение тела в широких пределах при сохранении равномерного распределения нагрузки по большой площади мягкого элемента. Распределение давления по возможно большей поверхности тела человека может быть достигнуто путем создания формы опорной поверхности мягких элементов, соответствующей конфигурации

тела человека. В этом случае необходима мебель, имеющая такие мягкие элементы или съемные мягкие элементы (матрасы), которые способствуют равномерному распределению давления по большой поверхности и которые будут амортизировать толчки, возникающие вследствие приложения нагрузки (тела человека), обеспечивая тем самым сохранение требуемого положения позвоночника [2, 8]. Однако нужно помнить, что при слишком мягком функциональном элементе происходит изгиб позвоночника, что может привести к протрузии, т. е. выдавливанию межпозвоночных дисков и ущемлению нервных окончаний. Слишком твердый функциональный элемент обуславливает неестественно вытянутую позу человека и ведет к искривлению позвоночника. Наиболее удобны функциональные элементы с точечной эластичностью, т. е. прогибающиеся лишь в месте давления выступающими частями тела – плечом, бедром и т. д. Позвоночник не искривляется в этом случае и сохраняет естественное положение [18–20]. В качестве примера на рис. 1 изображены виды мягких элементов в зависимости от их жесткости.

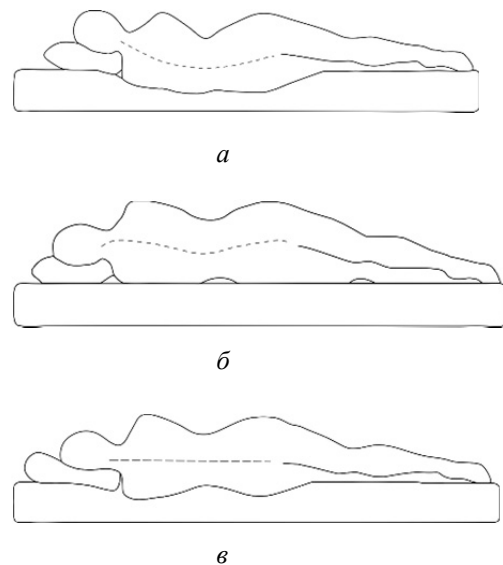


Рис. 1. Виды мягких элементов:
a – слишком мягкий; *b* – слишком жесткий;
v – нормальной жесткости

Таким образом, при проектировании (конструировании) мягких элементов необходимо учитывать конструктивно-технологические особенности изделия в зависимости от состояния здоровья человека, его роста, веса, возраста, условий жизни и личных предпочтений. При этом значительное внимание уделяется анализу комплексных оценок качества, влияющих на анатомический и ортопедический эффекты мягкой мебели [20].

В настоящее время при покупке мебели для сна и отдыха часто можно услышать про мягкие элементы, обладающие анатомическим и ортопедическим эффектами. Многие потребители не совсем понимают, что это за эффекты и в чем их разница.

Четкой границы между ортопедическими и анатомическими матрасами нет, но все же это разные понятия, каждое из которых имеет свои особенности, достоинства, недостатки и целевое назначение [21].

Рассмотрим, какими достоинствами и недостатками обладают мягкие элементы (матрасы) с ортопедическим и анатомическим эффектами.

Мягкая мебель с ортопедическим эффектом предназначена для поддержания позвоночного столба в правильном анатомическо-физиологическом положении и создания равномерно распределенной нагрузки за счет повторения контуров тела во время сна и отдыха [22]. Подобные изделия служат для профилактики и лечения заболеваний опорно-двигательной системы. Ортопедические матрасы в большей степени ориентированы на людей с привычкой сутулиться и не следить за осанкой в течение дня; имеющих сидячую работу или ведущих малоподвижный образ жизни; регулярно испытывающих боли в верхнем отделе спины; с тенденцией к искривлению позвоночного столба, а также с диагностированным сколиозом и т. п. На основании изложенного можно сделать вывод, что ортопедический эффект мягкого элемента – термин медицинского характера и именно изделия медицинского назначения в профессиональном смысле имеют право называться ортопедическими. Наличие медицинского сертификата для такого изделия обязательно. В остальных случаях «ортопедический эффект» следует воспринимать как термин повседневного обихода [23, 24].

Мягкие изделия (элементы, матрасы), обладающие ортопедическим эффектом, имеют более высокую степень жесткости. Однако это не означает, что чем выше жесткость, тем лучше изделие. Ортопедический матрас должен иметь оптимальный показатель жесткости и прежде всего создавать тот необходимый уровень поддержки тела человека, который позволяет позвоночнику находиться в естественном, недеформированном состоянии [25–27].

По степени жесткости различают: мягкие матрасы; матрасы средней жесткости; жесткие матрасы. При выборе оптимальной степени жесткости мягкого элемента необходимо учитывать такие факторы, как рост, вес и возраст человека [21, 22].

Рассмотрим, как сказывается возраст человека на выборе степени жесткости. Например, детям от 0 до 3–4 лет, у которых еще не сформировался позвоночник, рекомендованы матрасы, имеющие жесткую и сверхжесткую степень. Для людей старше 45 лет можно рекомендовать мягкие или среднежесткие матрасы [28–30].

В табл. 1 представлена рекомендуемая оптимальная степень жесткости мягких элементов (матрасов) в зависимости от роста и веса человека.

Оценка степени жесткости мягких элементов в принципе является субъективной оценкой ощущения мягкости изделия, так как в результате тактильного восприятия одному человеку может показаться, что модель жесткая, а другому – мягкая, и оба будут правы [27]. Мягче обычно кажется матрас для человека с большим весом, чем с меньшим, из-за силы (степени давления), действующей на его поверхность. Нужно еще учитывать взаимосвязь между весом и предпочтительной позой для сна. Как и вес, положение тела определяет степень давления, которое человек оказывает на матрас [31, 32].

Таблица 1

Рекомендуемая степень жесткости мягких элементов в зависимости от роста и веса человека

Рост	<50 кг	50–60 кг	60–70 кг	70–80 кг	80–90 кг	90–100 кг
Менее 150 см						
150–160 см						
160–170 см						
170–180 см						
180–190 см						
190–200 см						
Более 200 см						

	↓		↓		↓
Рекомендуемая жесткость	Мягкий		Средний		Жесткий

Теперь перейдем к понятию анатомический эффект. Мягкие элементы, обладающие анатомическим эффектом, способны в результате своей конструкции и свойств с точностью повторять естественные изгибы позвоночника человека, за счет чего уменьшается степень давления и количество точек напряжения [25]. Отличие изделий с ортопедическим эффектом от анатомических – в степени жесткости. Первый вариант жестче и обеспечивает правильную поддержку позвоночника, изготавливается под индивидуальные антропометрические характеристики человека. Ортопедический эффект таких матрасов действительно выражен – они поддерживают положение тела, при котором позвоночник выравнивается, без напряжения и провисания. Вторые жесткими быть не могут. Жесткость матраса с анатомическим эффектом зависит от степени упругости пружин (независимый пружинный блок) и эластичности настилочных материалов [33, 34].

Мягкие элементы с анатомическим эффектом объединяют такие свойства, как мягкость и упругость, при этом обеспечивают уменьшение нагрузки на позвоночник – минимизируют давление на тело, обеспечивая бережную поддержку позвоночника. Другими словами, они могут сочетать мягкость и упругость с ортопедическими свойствами. Таким образом, матрас с анатомическим эффектом может быть ортопедическим, но матрас с ортопедическим эффектом не будет анатомическим [25].

При проектировании мебели для сна необходимо условно разделить фигуру человека на участки высокого и низкого давления. Разные области тела человека с разным весом точечно давят на опорную поверхность матраса. А значит, им нужна разная интенсивность поддержки. С этой целью матрасы и с анатомическим, и с ортопедическим эффектом делят на зоны жесткости. Зонирование в зависимости от необходимых конструктивных особенностей мягкого

изделия может быть продольное и поперечное. При поперечном зонировании зоны, которые нужно выделить отдельной жесткостью, располагают поперек матраса. Например, областям таза и головы соответствуют более мягкие участки (они должны быть погружены в поверхность матраса), в районе поясницы, шеи, коленного отдела и голени располагают более жесткие участки, которые должны плотно прилегать к поверхности матраса. В результате более тяжелые области тела не проваливаются, нагрузка полностью распределена по площади матраса и позвоночник остается в правильном положении [35, 36]. На рис. 2 изображена схема поперечного зонирования с указанием (в виде стрелок) направления силы, действующей на поверхность матраса.

При продольном зонировании матрас делится на два спальных места разного уровня жесткости. Обычно достигается это с помощью использования в основе матраса пружинных блоков разной степени жесткости. В результате фактически получается два разных по жесткости матраса в общем чехле [36].

Зонирование матрасов зависит от их конструкции: пружинные (с зависимыми пружинными блоками, с независимыми пружинными блоками, смешанные) или беспружинные [37].

Наилучшим ортопедическим эффектом обладают матрасы на независимом пружинном блоке и беспружинные матрасы.

В основе беспружинных матрасов могут быть самые разные материалы, и способы получения зон тут также различны. Количество зон – от 3 до 7 [36].

Наибольшую популярность среди беспружинных ортопедических матрасов приобрели матрасы из натурального латекса. Такие матрасы могут обладать практически любой степенью жесткости – все зависит от комбинации слоев перфорированного латекса и кокосовой койры.

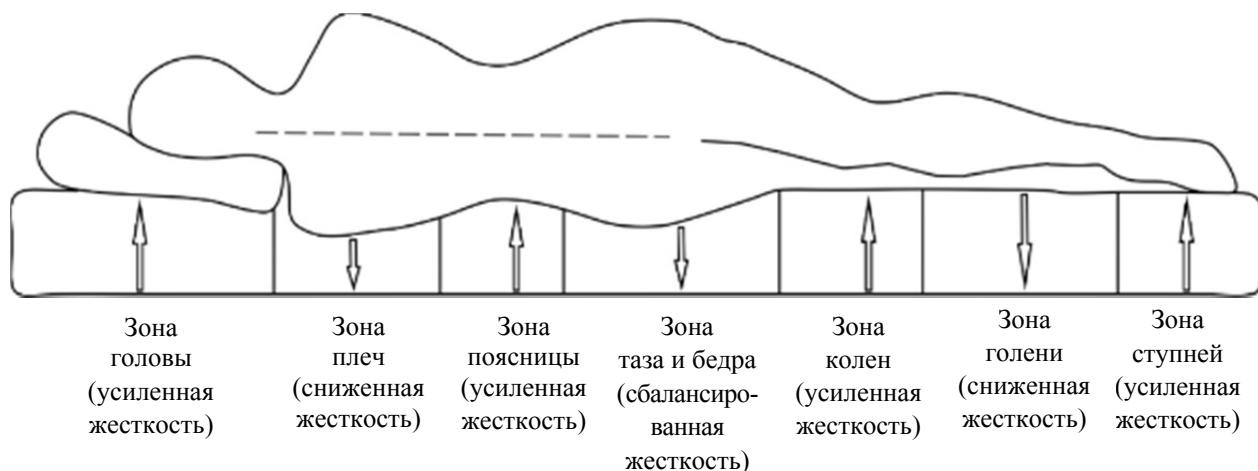


Рис. 2. Поперечное зонирование матраса

Кокосовая койра способствует увеличению жесткости, но в тоже время имеет ограничение по нагрузке: до 100 кг на одно спальное место. Большие нагрузки выдерживают исключительно латексные матрасы, имеющие прекрасные ортопедические свойства. Зонирование достигается изменением диаметра и плотности перфорации, обязательной для всех латексных матрасов. На рис. 3 видно, как в таких матрасах каждый участок сжимается в соответствии с нагрузкой тела человека, благодаря чему обеспечиваются ортопедические свойства и дополнительный комфорт [38–42].

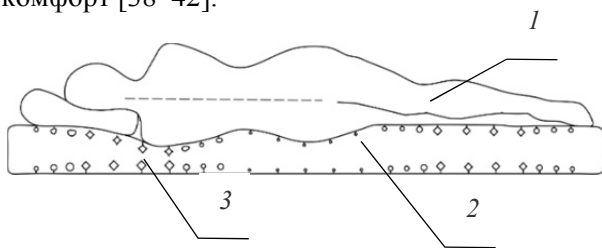


Рис. 3. Беспружинный матрас из натурального латекса:

1 – тело человека; 2 – матрас из латекса;
3 – перфорация

В беспружинных матрасах на основе искусственных пеноматериалов способы получения зон у разных производителей самые разнообразные. Это может быть поверхностная фигурная резка, использование внутренней контурной резки слоев, соединение блоков из разных по жесткости материалов, применение поверхностных вставок [36, 37].

В беспружинных изделиях упор делается на мягкость и упругость слоев материалов. Оптимальный анатомический эффект имеют беспружинные матрасы из латекса, мемориформа, техногеля с эффектом 3D и различных производных пенополиуретана [25].

В пружинных матрасах с ортопедическим и анатомическим эффектами для создания объема и упругости применяются пружины. На сегодняшний день можно выделить два типа пружинных матрасов: на зависимом и независимом пружинном блоке.

Зависимые пружинные блоки состоят из связанных между собой пружин биконусной конструкции, т. е. радиус витка сначала последовательно уменьшается, затем увеличивается [43]. Главным недостатком такого блока является то, что при сжатии одной пружины соседние тоже вовлекаются в этот процесс. Поэтому мягкая мебель, в основе которой лежат зависимые пружинные блоки, имеет недостаточно хорошие ортопедические свойства и не способна точно повторить контуры тела человека [44, 45].

Независимые пружинные блоки состоят из бочкообразных пружин, не связанных между

собой, но расположенных в блоке максимально тесно в несколько рядов. Каждая пружина одета в тканевый мешочек. Пружины сжимаются, повторяя форму человеческого тела, независимо друг от друга, продавливаются только те, на которые идет непосредственная нагрузка, а соседние остаются в разжатом состоянии. Поэтому матрас реагирует на нагрузку точечно [44, 45]. Это свойство получило название точечной эластичности. От точечной эластичности зависит ортопедический и анатомический эффекты. Эти показатели прямо пропорциональны числу пружин, которые приходится на единицу площади блока. Чем больше в матрасе пружин, тем лучшими ортопедическими свойствами он будет обладать [46]. Некоторые потребители могут подумать, что большое количество элементов делает пружинный блок чрезмерно жестким, но это лишь в тех случаях, когда речь идет об использовании человеком с малым весом модели, пружины которой изготовлены из жесткой проволоки большего диаметра [47].

В табл. 2 условно, на примере пружинных блоков показано, какое количество пружин соответствует определенному уровню анатомического и ортопедического эффектов.

Таблица 2

Уровни анатомического и ортопедического эффектов

Количество пружин на 1 м ²	Схема	Уровень
100		Средний
256		Хороший
500		Отличный
1000		Превосходный

Блок независимых пружин обеспечивает идеальную реакцию на нагрузку для каждой отдельно взятой зоны тела. На рис. 4 видно, как каждый участок сжимается в соответствии с жесткостью проволоки, используемой при изготовлении пружин [21, 26–28]. Считается, что наиболее оптимальным количеством для таких пружинных блоков является система, в которой имеется не менее 435 пружин. Если их будет меньше, спать на матрасе будет уже не так удобно. Кроме того, пружины в минимальном количестве, даже при всех позитивных эффектах, оказываемых ими, не смогут прослужить долго [48–50].

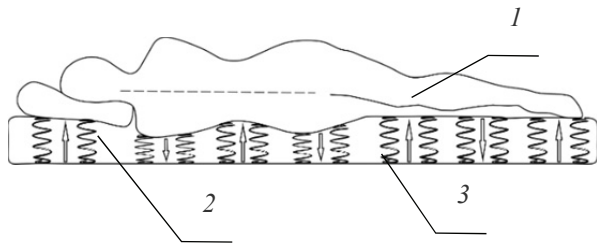


Рис. 4. Матрас с блоком независимых пружин:

1 – тело человека; 2 – матрас;
3 – независимые пружины

Таким образом, можно сделать вывод о том, что блок независимых пружин обеспечивает идеальную реакцию на нагрузку для каждой отдельно взятой зоны человека.

Заключение. Комплексная оценка качества мягкой мебели производится согласно объективным техническим и органолептическим свойствам (эстетическим, функциональным, конструктивным, технико-экономическим), которые оказывают влияние на анатомический и ортопедический эффект мягких элементов мебели.

Анализ литературных источников, рассмотренных в данной статье, о влиянии вышесказанных оценок позволяет выделить основные поло-

жения, связанные с комфортабельностью (удобством пользования) мягкой мебели:

1) при проектировании мягкой мебели, в частности мягких элементов, имеющих анатомический и ортопедический эффекты, необходимо учитывать такие показатели, как давление, характеризующее взаимодействие функционального элемента с телом внедрения, и глубину внедрения тела человека;

2) опорная поверхность функционального элемента мягкой мебели должна соответствовать определенным физиологическим данным человека (рост, вес, возраст), формируя ровное положение, что снижает риск искривления позвоночника;

3) при контакте с опорной поверхностью функционального элемента степень давления должна быть распределена как можно равномернее по всей площади контакта;

4) мягкие элементы с ортопедическим эффектом предназначены для поддержания позвоночника в правильном анатомическо-физиологическом положении. Ортопедический эффект – это термин более медицинского характера, чем конструктивно-технологического. Наличие медицинского сертификата – обязательно.

Список литературы

1. Совершенная мягкость. Как подобрать мягкую мебель // Маленькая Сызрань. URL: <https://www.syzran-small.ru/index.php?go=Page&id=222> (дата обращения: 01.02.2022).
2. Фурин А. И. Производство мягкой мебели. М.: Высш. шк., 1981. 248 с.
3. Прокофьев Н. М. Совершенствование конструкций мебели. Л.: ЛТА, 1990. 60 с.
4. Яцун И. В., Иштыбаева М. И., Шишкина С. Б. Анализ потребительских свойств матрасов в зависимости от их видов и конструкции // Труды БГТУ. 2016. № 1: Лесное хоз-во. С. 145–149.
5. Барташевич А. А., Трофимов С. П. Конструирование мебели. Минск: Современная шк., 2006. 336 с.
6. Ветошкин Ю. И., Газеев М. В., Удачина О. А. Основы конструирования мебели. Екатеринбург: УГЛТУ, 2019. 177 с.
7. Качество продукции // Питер Софт. URL: <https://piter-soft.ru/process/kachestvo-produktsii> (дата обращения: 09.02.2022).
8. Показатели качества мебели // Обработка дерева и металла. URL: <http://pereosnastka.ru/articles/pokazateli-kachestva-mebeli> (дата обращения: 01.02.2022).
9. Качество продукции на предприятии // Познайка.Орг. URL: <https://poznayka.org/s85888t1.html> (дата обращения: 09.02.2022).
10. Комплексная оценка качества мебели // Интернет-портал. URL: <https://znaytovar.ru/new2469.html> (дата обращения: 01.02.2022).
11. Органолептический метод оценки качества мягкой мебели / Л. В. Игнатович [и др.] // 86-я науч.-техн. конф. профес.-преподават. состава, науч. сотрудников и аспирантов (с междунар. участием): тез. докл., Минск, 31 янв. – 12 февр. 2022 г. Минск, 2022. С. 192–194.
12. Jiayu Wu, Hong Yuan, Xin Li. A novel method for comfort assessment in a supine sleep position using three-dimensional scanning technology // Sensor products. URL: https://www.sensorprod.com/research-articles/2018/2018-a_novel_method_for_comfort_assessment_in_a_supine_sleep_position_using_three-dimensional_scanning_technology (date of accessed: 04.02.2022).
13. Барташевич А. А. Технология производства мебели. Ростов н/Д: Феникс, 2003. 480 с.
14. Барановский В. А. Проекты мебели для вашего дома. Ростов н/Д: Феникс, 2004. 256 с.
15. Конструкция мягкой мебели // Удачный мир. URL: <https://centermira.ru/blog/konstrukciya-myagkoj-mebeli.html> (дата обращения: 11.02.2022).

16. Мебель для сидения и лежания. Мягкие элементы. Метод определения мягкости: ГОСТ 21640–91. М.: Изд-во стандартов, 1991. 8 с.
17. Мебель для сидения и лежания. Метод испытания мягких элементов на долговечность: ГОСТ 14314–94. М.: Изд-во стандартов, 1995. 7 с.
18. Ефремова Т. В., Пономаренко Л. В. Конструирование мебели. Воронеж: ВГЛТУ, 2016. 173 с.
19. Румянцева П. Р. Производство мягкой мебели. М.: Лесная пром-сть, 1979. 349 с.
20. Сухова А. В. Удобство мягкой мебели. М.: ЦНИИТЭИлеспрома, 1967. 26 с.
21. Анатомические или ортопедические матрасы: что выбрать? // Много сна. URL: <https://mnogosna.ru/article/anatomicheskie-ili-ortopedicheskie-matrasy-cto-vybrat> (дата обращения: 02.02.2022).
22. Матрацы ортопедические. Типы и основные параметры: ГОСТ Р 57770–2017. М.: Стандарт-информ, 2017. 4 с.
23. Чем отличается анатомический матрас от ортопедического // Blue Sleep. URL: <https://bluesleep.ru/blog/chem-otlichaetsya-anatomicheskiy-matras-ot-ortopedicheskogo/> (дата обращения: 02.02.2022).
24. Что же такое ортопедический матрас // Белорусский мебельный портал. URL: <https://www.mebelminsk.by/notes/cto-zhe-takoe-ortopedicheskii-matras/> (дата обращения: 02.02.2022).
25. Что такое анатомический матрас и в чем его отличия от ортопедического? // Matraster.ru: интернет-магазин. URL: <https://matraster.ru/articles/cto-takoe-anatomicheskiy-matras.html> (дата обращения: 02.02.2022).
26. Что такое ортопедический матрас? // Vegas. URL: <https://www.vegas.by/guide/cto-takoj-ortopedicheskij-matras/> (дата обращения: 02.02.2022).
27. Ортопедический матрас польза и вред // Setafi.com. URL: <https://setafi.com/matrasy/ortopedicheskij-matras-polza-i-vred/> (дата обращения: 02.02.2022).
28. Какой жесткости выбрать матрас? // Шторы. Скатерти. Домашний текстиль. Постельное белье. URL: <https://tekstilgid.com/kakoj-zhestkosti-vybrat-matras/> (дата обращения: 02.02.2022).
29. Каждому своё: рекомендуемая жесткость матраса // Vobox. Мебель и свет. URL: <https://vobox.ru/publications/gid-po-vyboru/vybiraem-zhestkost-matrasa/> (дата обращения: 11.02.2022).
30. Какая лучше жесткость матраса. Как выбрать жесткость матраса: мягкую, среднюю или жесткую // Мебпилот.ру: интернет-магазин. URL: <https://mebpilot.ru/raznoe/kakaya-luchshe-zhestkost-matrasa-kak-vybrat-zhestkost-matrasa-myagkuuyu-srednyuyu-ili-zhestkuuyu.html> (дата обращения: 03.02.2022).
31. Ортопедический и анатомический эффект // Matraso.ru: интернет-магазин. URL: <https://matraso.ru/ortopedicheskij-i-anatomicheskiy-effekt/> (дата обращения: 02.02.2022).
32. Body Weight // Sleep Foundation. URL: <https://www.sleepfoundation.org/research-methodology/body-weight> (дата обращения: 02.02.2022).
33. Что такое анатомические матрасы, отличия от ортопедических // Per tab. URL: <https://tablitsa-mendeleeva.ru/blog/cto-takoe-anatomicheskie-matrasy-otlichiya-ot-ortopedicheskikhmatrasik/> (дата обращения: 02.02.2022).
34. Как выбрать анатомический матрас // Сон. ру. URL: <https://son.ru/article/kak-vybrat-anatomicheskij-matras> (дата обращения: 02.02.2022).
35. Ортопедический матрас это? // Bed4you. URL: <https://bed4you.com.ua/ru/topic/which-mattress-orthopedical> (дата обращения: 06.02.2022).
36. Матрасы с зонами жесткости // Spim.ru. URL: https://info.spim.ru/info/matrasy/Matrasy-s-zonami-zhestkosti_1061_6_article.html (дата обращения: 03.02.2022).
37. Что такое зональные матрасы // Мир сна. URL: http://mir-sna.com/poleznyye-stati/article_post/cto-takoye-zonalnyye-matrasy (дата обращения: 03.02.2022).
38. Плюсы и минусы зональных матрасов // О матрасах. Все, что нужно знать покупателю. URL: <https://omatrasah.ru/plyusy-i-minusy-zonalnyx-matrasov/> (дата обращения: 03.02.2022).
39. How to Choose a Mattress // Good Housekeeping. URL: <https://www.goodhousekeeping.com/home-products/a25695/mattress-buying-guide/> (дата обращения: 06.02.2022).
40. Какие ортопедические матрасы бывают // Барро. URL: <https://baro.by/?id=kakie-ortopedicheskie-matrasy-byvaut> (дата обращения: 03.02.2022).
41. Выбираем правильный матрас: пружинный или беспружинный – вот в чем вопрос // Комсомольская правда. URL: <https://www.kp.ru/guide/pruzhinnyi-ili-bespruzhinnyi-matras.html> (дата обращения: 02.02.2022).
42. Zoned Mattresses – Do They Matter? // SavvyRest. URL: <https://savvyrest.com/blog/zoned-latex> (дата обращения: 06.02.2022).
43. Какой выбрать пружинный матрас: с зависимым или независимым пружинным блоком? // Много сна. URL: <https://mnogosna.ru/article/kakoj-vybrat-pruzhinnyy-matras-s-zavisimym-ili-nezavisimym-pruzhinnyy-blokom/> (дата обращения: 03.02.2022).

44. Технология производства мебели / С. В. Шетько [и др]. Минск: РИПО, 2021. 335 с.
45. Игнатович Л. В., Шетько С. В. Технология производства мебели и столярно-строительных изделий. М.: ИНФРА-М, 2020. 242 с. DOI: 10.12737/1030852.
46. Блоки независимых пружин // Vitaflex. URL: <https://www.vitaflex.by/materials/independent> (дата обращения: 03.02.2022).
47. Правда ли, что чем больше пружин в матрасе, тем лучше. // NashMatras.ru. URL: <https://nashmatras.ru/poleznaya-informaciya/pravda-li-chto-chem-bolshe-pruzhin-v-matrase-tem-luchshe> (дата обращения: 03.02.2022).
48. Пружинные блоки для диванов: разновидности конструкций, преимущества и недостатки // Мебель эксперт. URL: <https://mebel-expert.info/mebel-svoimi-rukami/krovati-i-divany/pruzhinnye-bloki-dlya-divanov> (дата обращения: 03.02.2022).
49. Блок независимых пружин что это такое // Vmeste-masterim.ru. URL: <https://vmeste-masterim.ru/blok-nezavisimyh-pruzhin-chto-jeto-takoe.html> (дата обращения: 12.02.2022).
50. Сколько пружин должно быть в хорошем матрасе // Sleep Nation. Анатомические матрасы и мебель. URL: <https://sleepnation.ru/stati-o-matrasah/skolko-pruzhin-dolzno-byt-v-horoshem-matrase> (дата обращения: 12.02.2022)

References

1. Perfect softness. How to choose a soft furniture. Available at: <https://www.syzran-small.ru/index.php?go=Page&id=222> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
2. Furin A. I. *Proizvodstvo myagkoy mebeli* [Production of upholstered furniture]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1981. 248 p. (In Russian).
3. Prokofiev N. M. *Sovershenstvovaniye konstruksiy mebeli* [Improvement of furniture designs]. Leningrad, LTA Publ., 1990. 60 p. (In Russian).
4. Yatsun I. V., Ishtybayeva M. I., Shishkina S. B. Analysis of consumer properties of mattresses depending on their types and design. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 1: Forestry, pp. 145–149 (In Russian).
5. Bartashevich A. A., Trofimov S. P. *Konstruirovaniye mebeli* [Furniture design]. Minsk, Sovremennaya shkola Publ., 2006. 336 p. (In Russian).
6. Vetoshkin Yu. I., Gazeev M. V., Udachina O. A. *Osnovy konstruirovaniya mebeli* [Fundamentals of furniture design]. Ekaterinburg, UGLTU Publ., 2019. 177 p. (In Russian).
7. Product Quality. Available at: <https://piter-soft.ru/process/kachestvo-produktsii> (accessed 09.02.2022) (In Russian).
8. Furniture quality indicators. Available at: <http://pereosnastka.ru/articles/pokazateli-kachestva-mebeli> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
9. Product quality at the enterprise. Available at: <https://poznayka.org/s85888t1.html> (accessed 09.02.2022) (In Russian).
10. Comprehensive assessment of furniture quality. Available at: <https://znaytovar.ru/new2469.html> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
11. Ignatovich L. V., Gordiyevich E. I., Kunevich V. O., Bilash L. G. Organoleptic method for assessing the quality of upholstered furniture. *86-ya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya, professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnykh sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiyem): tezis dokladov* [86th scientific and technical conference of teaching staff, researchers and postgraduates (with international participation)]. Minsk, 2022, pp. 192–194 (In Russian).
12. Jiayu Wu, Hong Yuan, Xin Li. A novel method for comfort assessment in a supine sleep position using three-dimensional scanning technology. Available at: https://www.sensorprod.com/research-articles/2018/2018-a_novel_method_for_comfort_assessment_in_a_supine_sleep_position_using_threedimensional_scanning_technology (accessed 04.02.2022).
13. Bartashevich A. A. *Tekhnologiya proizvodstva mebeli* [Technology of furniture production]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2003. 480 p. (In Russian).
14. Baranovskiy V. A. *Proyekty mebeli dlya vashego doma* [Furniture projects for your home]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2004. 256 p. (In Russian).
15. Design of upholstered furniture. Available at: <https://centermira.ru/blog/konstrukciya-myagkoj-mebeli.html> (accessed 11.02.2022) (In Russian).
16. GOST 21640–91. Furniture for sitting and lying. Soft elements. Method for determining softnes. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1991. 8 p. (In Russian).
17. GOST 14314–94. Furniture for sitting and lying. Method for testing soft elements for durability. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1995. 7 p. (In Russian).

18. Efremova T. V., Ponomarenko L. V. *Konstruirovaniye mebeli* [Furniture design]. Voronezh, USUFT Publ., 2016. 173 p. (In Russian).
19. Rumyantseva P. R. *Proizvodstvo myagkoy mebeli* [Manufacture of upholstered furniture]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1979. 349 p. (In Russian).
20. Sukhova A. V. *Udobstvo myagkoy mebeli* [The convenience of upholstered furniture]. Moscow, TSNIITEIlesprom Publ., 1967. 26 p. (In Russian).
21. Anatomical or orthopedic mattresses: what to choose? Available at: <https://mnogosna.ru/article/anatomicheskie-ili-ortopedicheskie-matrasy-chto-vybrat> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
22. GOST R 57770–2017. Mattresses are orthopedic. Types and basic parameters. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 4 p. (In Russian).
23. What is the difference between an anatomical mattress and an orthopedic one? Available at: <https://bluesleep.ru/blog/chem-otlichaetsya-anatomicheskiy-matras-ot-ortopedicheskogo/> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
24. What is an orthopedic mattress. Available at: <https://www.mebelminsk.by/notes/chto-zhe-takoe-ortopedicheskii-matras/> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
25. What is an anatomical mattress and what are its differences from orthopedic? Available at: <https://matraster.ru/articles/chto-takoe-anatomicheskiy-matras.html> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
26. What is an orthopedic mattress? Available at: <https://www.vegas.by/guide/chto-takoe-ortopedicheskij-matras/> (accessed 02.02.2022).
27. Orthopedic mattress benefits and harms. Available at: <https://setafi.com/matrasy/ortopedicheskij-matras-polza-i-vred/> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
28. What are anatomical mattresses, differences from orthopedic. Available at: <https://setafi.com/matrasy/ortopedicheskij-matras-polza-i-vred/> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
29. To each his own: recommended firmness of the mattress. Available at: <https://vobox.ru/publications/gid-po-vyboru/vybiraem-zhestkost-matrasa/> (accessed 11.02.2022) (In Russian).
30. What is the best stiffness of the mattress. How to choose the stiffness of the mattress: soft, medium or hard. Available at: <https://mebpilot.ru/raznoe/kakaya-luchshe-zhestkost-matrasa-kak-vybrat-zhestkost-matrasa-myagkuyu-srednyuyu-ili-zhestkuyu.html> (accessed 03.02.2022) (In Russian).
31. Orthopedic and anatomical effect. Available at: <https://matraso.ru/ortopedicheskij-i-anatomicheskiy-effekt> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
32. Body Weight. Available at: <https://www.sleepfoundation.org/research-methodology/body-weight> (accessed 02.02.2022).
33. What are anatomical mattresses, differences from orthopedic. Available at: <https://tablitsa-mendeleeva.ru/blog/chto-takoe-anatomicheskie-matrasy-otlichya-ot-ortopedicheskikhmatrasik/> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
34. How to choose an anatomical mattress. Available at: <https://son.ru/article/kak-vybrat-anatomicheskij-matras> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
35. Is this an orthopedic mattress? Available at: <https://bed4you.com.ua/ru/topic/which-mattress-orthopedical> (accessed 06.02.2022) (In Russian).
36. Mattresses with stiffness zones. Available at: https://info.spim.ru/info/matrasy/Matrasy-s-zonami-zhestkosti_1061_6_article.html (accessed 03.02.2022) (In Russian).
37. What are zonal mattresses. Available at: http://mir-sna.com/poleznyye-stati/article_post/chto-takoye-zonalnyye-matrasy (accessed 03.02.2022) (In Russian).
38. Pros and cons of zonal mattresses. Available at: <https://omatrasah.ru/plyusy-i-minusy-zonalnyx-matrasov/> (accessed 03.02.2022) (In Russian).
39. How to Choose a Mattress. Available at: <https://www.goodhousekeeping.com/home-products/a25695/mattress-buying-guide/> (accessed 06.02.2022).
40. What orthopedic mattresses are. Available at: <https://baro.by/?id=kakie-ortopedicheskie-matrasy-byvaut> (accessed 03.02.2022) (In Russian).
41. Choosing the right mattress: spring or springless – that's the question. Available at: <https://www.kp.ru/guide/pruzhinny-ili-bespruzhinny-matras.html> (accessed 02.02.2022) (In Russian).
42. Zoned Mattresses – Do They Matter? Available at: <https://savvyrest.com/blog/zoned-latex> (accessed 06.02.2022).
43. Which spring mattress should I choose: with a dependent or independent spring block? Available at: <https://mnogosna.ru/article/kakoj-vybrat-pruzhinny-matras-s-zavisimym-ili-nezavisimym-pruzhinny-blokom/> (accessed 03.02.2022) (In Russian).
44. Shetko S. V., Chuikov A. S., Ignatovich L. V., Utgof S. S. *Tekhnologiya proizvodstva mebeli* [Technology of furniture production]. Minsk, RIPO Publ., 2021. 335 p. (In Russian).

45. Ignatovich L. V., Shetko S. V. *Tekhnologiya proizvodstva mebeli i stolyarno-stroitel'nykh izdeliy* [Technology of production of furniture and joinery and construction products]. Moscow, INFRA-M Publ., 2020. 242 p. DOI: 10.12737/1030852 (In Russian).

46. Independent spring blocks. Available at: <https://www.vitaflex.by/materials/independent> (accessed 03.02.2022) (In Russian).

47. Is it true that the more springs in the mattress, the better. Available at: <https://nashmatras.ru/poleznaya-informaciya/pravda-li-cto-chem-bolshe-pruzhin-v-matraxe-tem-luchshe> (accessed 03.02.2022) (In Russian).

48. Spring blocks for sofas: types of designs, advantages and disadvantages. Available at: <https://mebel-expert.info/mebel-svoimi-rukami/krovati-i-divany/pruzhinnye-bloki-dlya-divanov> (accessed 03.02.2022) (In Russian).

49. What is a block of independent springs. Available at: URL: <https://vmeste-masterim.ru/blok-nezavisimyh-pruzhin-cto-jeto-takoe.html> (accessed 12.02.2022) (In Russian).

50. How many springs should a good mattress have. Available at: <https://sleepnation.ru/stati-o-matrasah/skolko-pruzhin-dolzno-byt-v-horoshem-matraxe> (accessed 12.02.2022) (In Russian).

Информация об авторах

Игнатович Людмила Владимировна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ignatovich@belstu.by, ignatovich6@gmail.com

Гордиевич Екатерина Ивановна – преподаватель-стажер кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: gordiyevich@belstu.by

Information about the authors

Ignatovich Lyudmila Vladimirovna – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ignatovich@belstu.by, ignatovich6@gmail.com

Gordiyevich Ekaterina Ivanovna – trainee teacher, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: gordiyevich@belstu.by

Поступила 28.03.2022

УДК 674.59

С. С. Гайдук, С. А. Прохорчик, Е. В. Ручкина
Белорусский государственный технологический университет

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕРЕВЯННЫХ РАЗДЕЛОЧНЫХ ДОСОК

В рамках проведенной работы рассмотрены основные материалы для производства кухонных разделочных досок, определены их достоинства и недостатки. По целому ряду свойств установлено, что наиболее подходящим и доступным материалом для разделочных досок является древесина. Перспективное направление в этой области – изготовление торцевых разделочных досок, так как они обладают широким многообразием рисунков, высокими декоративными и эксплуатационными показателями. Рисунок на поверхности готового изделия зависит от породного состава, размеров ламелей и последовательности их набора при склеивании. Установлено, что наиболее трудоемкой операцией при изготовлении является обработка торцевой поверхности готового изделия. Наилучший результат по качеству был достигнут при использовании операции фрезерования сборным ножевым валом Helical и шлифованием с величиной снятия материала до 0,2 мм. Проведенные исследования показали, что рекомендованный для непрямого контакта с пищевыми продуктами поливинилацетатный клей соответствует требованиям группы нагрузки D3 согласно DIN EN 205. Оценка прочности и водостойкости клеевых соединений показала, что для твердолиственных пород и березы значения отличаются незначительно.

Для обеспечения долговечности и сохранения декоративных свойств торцевые разделочные доски обрабатывались защитными средствами. Наиболее доступным является минеральное (вазелиновое) масло, которое в смеси с воском позволяет запечатать поры древесины и противодействовать проникновению внутрь нее влаги и болезнетворных бактерий.

Ключевые слова: разделочная доска, древесина, рисунок, клеевое соединение, прочность, водостойкость, защитная обработка.

Для цитирования: Гайдук С. С., Прохорчик С. А., Ручкина Е. В. Особенности производства деревянных разделочных досок // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 148–154.

S. S. Haiduk, S. A. Prokhorchik, E. V. Ruchkina
Belarusian State Technological University

FEATURES OF THE PRODUCTION OF WOODEN CUTTING BOARDS

As part of the work carried out, the main materials for the production of kitchen cutting boards were considered, their advantages and disadvantages were identified. For a number of properties, it has been established that the most suitable and affordable material for cutting boards is wood. A promising direction in this area is the manufacture of end cutting boards, as they have a wide variety of patterns, high decorative and operational performance. The pattern on the surface of the finished product depends on the rock composition, the size of the lamellae and the sequence of their set during gluing. It has been established that the most time-consuming operation in the manufacture is the processing of the end surface of the finished product. The best result in terms of quality was achieved when using the Helical cutterhead milling operation and grinding with material removal up to 0.2 mm. Studies have shown that the polyvinyl acetate adhesive recommended for indirect food contact meets the requirements of load group D3 according to DIN EN 205. An assessment of the strength and water resistance of adhesive joints showed that the values differ insignificantly for hardwood and birch.

To ensure durability and preserve the decorative properties, the end cutting boards were treated with protective agents. The most affordable is mineral (vaseline) oil, which, mixed with wax, allows you to seal the pores of wood and counteract the penetration of moisture and pathogenic bacteria into it.

Key words: cutting board, wood, pattern, adhesive bonding, strength, water resistance, protective treatment.

For citation: Haiduk S. S., Prokhorchik S. A., Ruchkina E. V. Features of the production of wooden cutting boards. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 148–154 (In Russian).

Введение. Популярным направлением развития современного человечества можно считать массовое приобщение людей к здоровому образу

жизни, который способствует многогранному развитию личности [1]. В рамках этой концепции важное значение уделяется экологическому

воспитанию, под которым подразумевается бережное отношение к окружающей среде и максимальное использование безопасных для человека материалов и продуктов. В домашнем обиходе для приготовления и подачи пищи используются разделочные доски, для производства которых в большинстве случаев применяются материалы с различными свойствами: стекло, натуральный и искусственный камень, пластик, бамбук и древесина. Форма досок и художественное исполнение также характеризуются широким разнообразием.

Стеклянные и каменные разделочные доски обладают высокими декоративными свойствами, стойки к воздействию высоких температур и влажности, хорошо удерживают форму и моются. Существенным недостатком таких материалов является высокая твердость, что приводит к быстрому затуплению режущей кромки ножа. На досках из искусственного камня после их использования достаточно хорошо видны царапины от ножа. Цена таких досок достаточно высокая, поэтому они в основном используются как декор или в качестве сервировочного блюда.

Доски из пластика, как правило, недорогие, имеют небольшой вес, не подвержены воздействию влаги, не впитывают запахи, хорошо моются и производятся разнообразной формы. Недостатками данных материалов является то, что они могут включать экологически небезопасные составляющие (полиэтилен), достаточно быстро изнашиваются и скользят по поверхности стола.

Бамбуковые доски производятся из быстрорастущих многолетних растений, достаточно долговечны, не тупят ножи, обладают малым весом и характеризуются невысокой стоимостью. К недостаткам такого материала можно отнести большое количество клеевых соединений для получения необходимой толщины и ширины, кроме того, доска из бамбука не обладает широким разнообразием текстуры на поверхности.

Классическим материалом для производства разделочных досок и кухонной утвари является древесина. Основные достоинства таких досок – долговечность, экологичность, способность минимально затуплять режущую кромку ножа, широкий диапазон выбора размеров и художественного исполнения. К основным недостаткам можно отнести высокую стоимость, достаточно большой вес (при использовании твердых пород), относительно невысокую водо- и влагостойкость, необходимость регулярной обработки для повышения био-, влаго- и водостойкости [2–6].

Целью проводимого исследования являлось установление особенностей производства деревянных разделочных досок. Для достижения поставленной цели были сформулированы и

решены следующие задачи: выявлены варианты исполнения досок; установлены технологические особенности процесса изготовления; изучены способы получения рисунка; определены физико-механические свойства клеевых соединений и способы защитной обработки изделий.

Основная часть. За многолетнюю историю своего развития деревянные разделочные доски прошли становление от обычного предмета обихода до высокохудожественного изделия. Для их производства используется широкая гамма пород древесины: дуб, ясень, клен, береза, бук, орех, карагач, яблоня, слива и т. д., а также различного рода наросты [7]. На сегодняшний день можно выделить следующие виды досок: из спила (рис. 1) и цельной доски (рис. 2) [8], клееные (рис. 3) и торцевые разделочные доски (рис. 4 и 5).



Рис. 1. Доска из спила



Рис. 2. Цельная доска

Цельные разделочные доски и спилы характеризуются высокими декоративными свойствами. Однако существенными недостатками таких досок являются высокая вероятность появления трещин в процессе сушки за счет достаточно больших размеров и коробление при эксплуатации. В некоторых случаях трещины заливают смолами, что также придает дополнительные декоративные свойства изделиям. Следует отметить, что такие доски чаще всего выпускают небольшие производства или мастера-ремесленники.

Клееные разделочные доски являются наиболее массовыми, так как их выпускает большое количество предприятий. С целью повышения художественной ценности на нерабочей

поверхности доски может наноситься рисунок методом фрезерования (рис. 3). Следует отметить, что в основном разделочные доски являются продуктом побочного производства.



Рис. 3. Клееная разделочная доска

В последнее время все большую популярность набирают торцевые разделочные доски (рис. 4 и 5).



Рис. 4. Торцевая разделочная доска из дуба

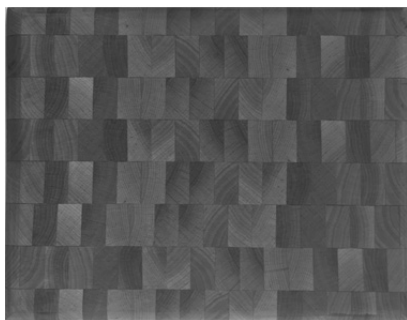


Рис. 5. Торцевая разделочная доска из ольхи и березы

Торцевая разделочная доска – это доска, в которой волокна расположены перпендикулярно рабочей поверхности, а не параллельно, как в обычных разделочных досках [9]. Достоинствами такого материала является высокая износостойкость, способность меньше затуплять режущую кромку ножа, высокие декоративные свойства, возможность использовать в производстве короткомерные заготовки и отходы производства.

Высокая износостойкость определяется большей прочностью древесины на сжатие в продольном направлении по сравнению с направлением поперек волокон [10].

Использование торцевой доски позволяет сохранить дольше режущую способность ножа, так как волокна, расположенные параллельно плоскости ножа, «раздвигаются» и не происходит их перерезание [9].

Декоративные свойства такого материала определяются возможностью получения практически неограниченного количества рисунков на поверхности доски [11, 12].

Технологический процесс изготовления торцевой разделочной доски включает следующие операции:

- четырехсторонняя обработка заготовок;
- склеивание щита;
- двухстороннее фрезерование щита;
- торцевание на заготовки;
- сборка пакета с подбором рисунка на поверхности доски;
- склеивание торцевых заготовок в щит;
- двухстороннее фрезерование щита;
- форматная обработка щита;
- декоративная обработка ребер, фрезерование ручек и установка ножек (при необходимости);
- обработка защитным составом.

Следует отметить, что высота торцевых спилов для изготовления доски составляет порядка 30–40 мм, что позволяет в процессе ее изготовления использовать короткомерные заготовки и отходы производства мебельного щита.

Исполнение рисунка на поверхности доски зависит от породного состава, последовательности сборки и размеров торцевых заготовок при второй операции склеивания. Так, при использовании одного щита, можно получить несколько вариантов декоративного рисунка на поверхности (рис. 6).

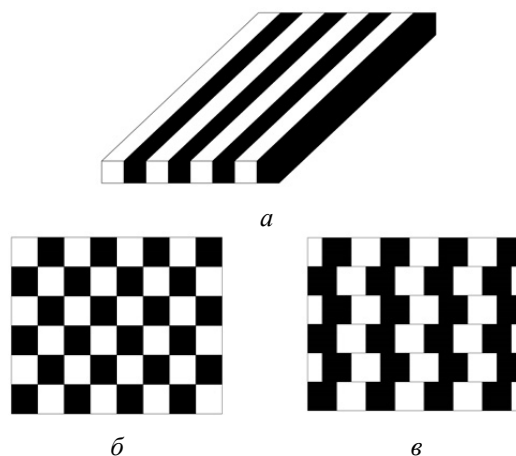


Рис. 6. Торцевая разделочная доска:
а – исходный щит; б – доска без смещения ламелей;
в – доска со смещением ламелей

С целью придания доске индивидуальности и получения рисунка на ее поверхности (рис. 7) может быть сделана вставка из других пород древесины [13]. В этом случае для фрезерования используется станок с числовым программным управлением.



Рис. 7. Торцевая разделочная доска с рисунком

Основной сложностью при изготовлении таких досок является финишное фрезерование торцевой поверхности доски. При торцевой обработке возникают большие силы резания, увеличивающие нагрузки на инструмент и обрабатываемую поверхность, что в конечном итоге может привести к поломке инструмента и образованию сколов на поверхности изделия [14]. Наилучший эффект обработки достигается фрезерованием с использованием ножевого вала Helical или шлифованием. При этом величина снимаемого слоя не должна составлять более 0,2 мм.

Немаловажным фактором при изготовлении досок является выбор клея. Наиболее подходящим для таких видов изделий считается поливинилацетатный (ПВА) клей. Среди многообразия клеев, представленных на рынке, выделяется Titebond, так как он позволяет получить водостойкое соединение группы D3 и сертифицирован для контакта с пищевыми продуктами по ASTM D 4236 [15].

Для проведения испытаний в соответствии с предложенными методиками [16–18] использовались пластины из древесины различных пород влажностью 10%. Волокна древесины располагались вдоль плоскости склейки (по направлению растяжения при испытании), а годичные кольца – под углом 60–90° к плоскости склейки. Образцы получали методом склеивания по пластам двух пластинок длиной 150 мм, шириной 20 мм и толщиной 5 мм. Образцы после склеивания выдерживались 7 сут при нормаль-

ном климате, после чего делались поперечные запилы на расстоянии 10 мм. Общий вид образца для проведения испытаний представлен на рис. 8.

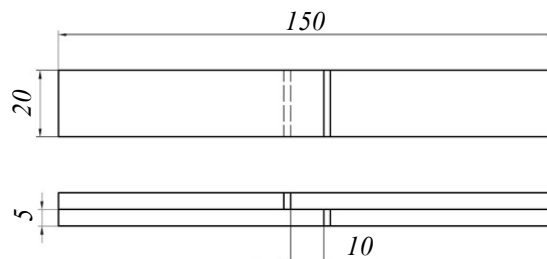


Рис. 8. Образцы для определения прочности и водостойкости клеевых соединений

Для определения прочности образцов использовалась разрывная машина РМ-0,5, скорость нагружения составляла 50 мм/мин [18].

Для отнесения клеевого соединения к группе нагрузки D3 согласно DIN EN 205 [16] необходимо выполнение условий, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Показатели прочности клеевого соединения при сдвиге (D3)

Последовательность выдержки	Прочность клеевого соединения, МПа
7 сут при нормальном климате ($t = 23-25^{\circ}\text{C}$ и $\phi = 50-70\%$)	≥ 10
7 сут при нормальном климате 4 сут в холодной воде ($t = 20-23^{\circ}\text{C}$)	≥ 2
7 сут при нормальном климате 4 сут в холодной воде 7 сут при нормальном климате	≥ 6

Для проведения испытаний был выбран клей ПВА марки D3 (Titebond 3 Ultimate). При склеивании расход клея составил 200–250 г/м²; давление прессования – 0,8 МПа; время выдержки в прессе – 2 ч; температура плит пресса – 20°C. Каждая партия состояла из 8 образцов.

Результаты проведения испытаний отражены в табл. 2.

Из представленных результатов видно, что практически все партии образцов выдержали испытание на группу нагрузки D3. Исключение составили образцы, которые были склеены с использованием древесины ольхи. В этом случае разрушение происходило по древесине. Данный факт свидетельствует о том, что прочность клеевого соединения превысила прочность самой древесины.

Таблица 2

Прочность склеивания древесины

Породы склеиваемой древесины	Прочность при продольном скалывании, МПа, после выдержки		
	7 сут после склеивания	7 сут + 4 сут в воде	7 суток + 4 сут в воде + 7 сут
Дуб	10,94	2,17	7,36
Ясень	10,55	2,15	7,48
Береза	10,15	2,08	7,09
Бук	11,48	2,36	7,54
Дуб + ясень	10,89	2,28	7,41
Дуб + береза	10,48	2,09	6,97
Дуб + бук	10,87	2,25	7,98
Ясень + береза	10,78	2,19	7,45
Ясень + бук	11,28	2,11	7,48
Береза + бук	10,34	2,08	7,50
Ольха	9,75	2,01	6,71
Ольха + бук	10,14	2,07	6,25

Важным этапом при изготовлении разделочных досок является обработка с целью повышения водо- и влагостойкости и сохранения внешнего вида готовых изделий защитными материалами, безопасными для здоровья человека. В домашних условиях для обработки используют растительное, оливковое или льняное масло, однако оно со временем может дать неприятный горький запах, который передается продуктам. В промышленных условиях для этих целей широкое применение получили натуральные и модифицированные масла и воски [19–21]. Следует отметить, что реализуемые на территории Республики Беларусь масла и воски имеют достаточно высокую стоимость. В рамках проведения исследования в качестве альтернативной замены дорогостоящих импортных аналогов использовалось недорогое минеральное (вазелиновое) масло, которое наносили методом трехкратной обработки тампоном или методом двухкратного окунания с промежуточной сушкой слоев. Для запечатывания пор древесины финишным слоем наносилась горячая смесь масла и пчелиного воска (4 мас. ч. масла и 1 ч. воска).

Предварительные исследования показали, что обработка древесины по такой технологии позволяет значительно уменьшить водо- и влагопоглощение древесины при снижении себестоимости готового изделия. Единственным недостатком является необходимость повторной обработки.

Заключение. Для производства кухонных разделочных досок могут быть использованы различные материалы, наиболее перспективным из которых, на наш взгляд, является древесина.

Изготовление торцевых разделочных досок даже с учетом ограниченного количества пород древесины позволяет получить большое количество вариантов рисунка на поверхности изделия. Схема технологического процесса практически полностью соответствует технологии производства мебельного щита. Наибольшую сложность вызывает процесс торцевого фрезерования или шлифования, что требует уменьшения толщины снимаемого слоя за один проход до 0,2 мм. Из-за небольшой высоты торцевых спилов (30–40 мм) в процессе производства могут использоваться короткие заготовки и обрезки от мебельных щитов.

В качестве клея необходимо использовать экологически безопасные материалы, которые могут контактировать с продуктами питания и имеют достаточно высокую степень водостойкости в условиях постоянного контакта с водой.

Для обработки готовых торцевых досок в качестве альтернативы дорогостоящим импортным маслам можно использовать вазелиновое масло, которое в смеси с пчелиным воском обеспечивает высокую степень защиты древесины. Особенностью такой обработки является ее периодичность (1 раз в 3–4 месяца).

Список литературы

1. Толибова М. Ф. ЗОЖ: Сущность, методология формирования // NovaUm.ru. 2019. № 17. С. 313–315.
2. Виды и особенности разделочных досок // Zira. URL: <https://zira.uz/ru/2018/05/08/vidyi-i-osobennosti-razdelochnyih-dosok> (дата обращения: 01.02.2022).
3. Технологии по работе с деревом // Все для студента. URL: <https://www.twirpx.org> (дата обращения: 01.02.2022).

4. Барташевич А. А., Романовский А. М. *Художественная обработка дерева*. М.; Берлин: Директ-Медиа, 2020. 253 с.
5. The 9 Best Cutting Boards in 2022 // *The Spruce Eats*. URL: <https://www.thespruceeats.com/best-cutting-boards-4067664> (дата обращения: 01.02.2022).
6. Chen I., Franklin D. Cutting boards: a counter argument // *Health*. 1993. Vol. 3, no. 3. P. 11.
7. Ковязин Ю. В. Изделия из наростов на стволах деревьев как один из видов художественной обработки древесины // *Школа и производство*. 2013. № 4. С. 16.
8. Торцевые разделочные доски // *Ярмарка мастеров*. URL: <https://www.livemaster.ru/> (дата обращения: 01.02.2022).
9. Почему лучше использовать торцевые разделочные доски, в том числе в домашних условиях // *Ярмарка мастеров*. URL: <https://www.livemaster.ru/topic/3513544-blog-pochemu-luchshe-ispolzovat-tortsevye-razdelochnye-doski-v-tom-chisle-v-domashnih-usloviyah> (дата обращения: 01.02.2022).
10. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. *Справочник по древесине*. М.: Лесная пром-сть, 1989. 296 с.
11. Мозаичная разделочная доска // *Wood-мастер*. 2008. № 2. С. 87–89.
12. Доска разделочная торцевая с 3D дизайном: пат. RU 112680 / А. В. Мунтян. Опубл. 20.12.2018.
13. Торцевые разделочные доски // *MTM-WOOD*. URL: <https://mtmwood.com> (дата обращения: 01.02.2022).
14. Бершадский А. Л., Цветкова Н. И. *Резание древесины*. Минск: Выш. шк., 1975. 303 с.
15. *Standard Practice for Labeling Art Materials for Chronic Health Hazards: ASTM D 4236–94*. Washington: ASTM International, 2016. 5 p.
16. Клеи. Клеи неконструкционные для дерева. Определение прочности склеивания продольных склеек испытанием на разрыв: DIN EN 205 (2016–12). CEN, 2016. 13 с.
17. Классификация термопластичных клеев для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса: DIN EN 204-2001. CEN, 2001. 5 с.
18. Гайдук С. С. Исследование прочности и водостойкости клеевых соединений на основе ПВА-дисперсий // *Труды БГТУ*. 2012. № 2 (149): Лесная и деревообрабатывающая промышленность. С. 172–174.
19. Прохорчик С. А., Панченкова Я. П. Модификация льняного масла с целью повышения технологических и эксплуатационных свойств покрытий мебели // *Труды БГТУ*. 2016. № 2 (184): Лесная и деревообрабатывающая промышленность. С. 166–169.
20. Прието Дж., Кине Ю. *Древесина. Обработка и декоративная отделка*. М.: Пэйнт-Медиа, 2008. 392 с.
21. Логинова Г. А., Мелешко А. В., Морозова М. С. Результаты исследований водостойкости лакокрасочных покрытий на основе масла Osmo // *Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Красноярск, 18–19 сент. 2020 г. Красноярск, 2020*. С. 217–220.

References

1. Tolibova M. F. Healthy lifestyle: Essence, methodology of formation. *NovaUm.ru*, 2019, no. 17, pp. 313–315 (In Russian).
2. Types and features of cutting boards. Available at: <https://zira.uz/ru/2018/05/08/vidyi-i-osobennosti-razdelochnyih-dosok> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
3. Technologies for working with wood. Available at: <https://www.twirpx.org> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
4. Bartashevich A. A., Romanovskiy A. M. *Hudozhestvennaya obrabotka dereva* [Artistic processing of a tree]. Moscow; Berlin, Direkt-Media Publ., 2020. 253 p. (In Russian).
5. The 9 Best Cutting Boards in 2022. Available at: <https://www.thespruceeats.com/best-cutting-boards-4067664> (accessed 01.02.2022).
6. Chen I., Franklin D. Cutting boards: a counter argument. *Health*, 1993, vol. 3, no. 3, p. 11.
7. Kovyazin Yu. V. Products from outgrowths on tree trunks as one of the types of artistic wood processing. *Shkola i proizvodstvo* [School and production], 2013, no. 4, p. 16 (In Russian).
8. Fair of masters. Available at: <https://www.livemaster.ru/> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
9. Why it is better to use end cutting boards, including at home. Available at: <https://www.livemaster.ru/topic/3513544-blog-pochemu-luchshe-ispolzovat-tortsevye-razdelochnye-doski-v-tom-chisle-v-domashnih-usloviyah> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
10. Borovikov A. M., Ugolev B. N. *Spravochnik po drevesine* [Handbook of wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1989. 296 p. (In Russian).

11. Mosaic cutting board. *Wood-master* [Wood-master], 2008, no. 2, pp. 87–89 (In Russian).
12. Muntyan A. V. End cutting board with 3D design. Patent RU 112680, 2018 (In Russian).
13. End cutting boards. Available at: <https://mtmwood.com> (accessed 01.02.2022) (In Russian).
14. Bershadskiy A. L., Cvetkova N. I. *Rezaniye drevesiny* [Cutting wood]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1975. 303 p. (In Russian).
15. ASTM D 4236–94. Standard Practice for Labeling Art Materials for Chronic Health Hazards: Washington, ASTM International, 2016. 5 p.
16. DIN EN 205 (2016–12). Adhesives – Wood adhesives for non-structural applications – Determination of tensile shear strength of lap joints. CEN, 2016. 13 p. (In Russian).
17. DIN EN 204 (2016–11). Classification of thermoplastic wood adhesives for non-structural applications. CEN, 2016. 6 c. (In Russian).
18. Haiduk S. S. Study of the strength and water resistance of adhesive joints based on PVA dispersions. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 2 (149): Forest and Woodworking Industry, pp. 172–174 (In Russian).
19. Prokhorchik S. A., Panchenkova Ya. P. Modification of linseed oil in order to improve the technological and operational properties of furniture coatings. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2 (184): Forest and Woodworking Industry, pp. 166–169 (In Russian).
20. Prieto J., Kine Yu. *Drevesina. Obrabotka i dekorativnaya otdelka* [Wood. Processing and decorative finishing]. Moscow, Paint-Media Publ., 2008. 392 p. (In Russian).
21. Loginova G. A., Meleshko A. V., Morozova M. S. Results of studies on the water resistance of paint coatings based on Osmo oil. *Lesnoy i khimicheskiy komplekсы – problemy i resheniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Forestry and chemical complexes – problems and solutions: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Krasnoyarsk, 2020, pp. 217–220 (In Russian).

Информация об авторах

Гайдук Сергей Сергеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: haiduk@belstu.by

Прохорчик Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины, декан факультета заочного образования. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: prohor@tut.by

Ручкина Елена Васильевна – ассистент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Nalivko83@bk.ru

Information about the authors

Haiduk Siarhei Siargeevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: haiduk@belstu.by

Prokhorchik Sergey Aleksandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles, Dean of the Faculty of Extramural Studies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: prohor@tut.by

Ruchkina Yelena Vasil'yevna – assistant lecturer, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Nalivko83@bk.ru

Поступила 15.03.2022

УДК 631.1

А. Б. Невзорова¹, Ю. В. Савельев²¹Белорусский государственный университет транспорта²Специализированная детско-юношеская школа олимпийского резерва № 7 г. Гомеля**РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СТУПИЦЫ ДИСКОВОГО
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА
С ПОДШИПНИКОМ ИЗ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

Работоспособность и долговечность почвообрабатывающего навесного оборудования во многом определяется соблюдением требований по организации ухода и надзора за состоянием подшипниковых узлов этих агрегатов при их эксплуатации в условиях абразивно-агрессивных сред. Одним из решений восстановления работоспособности узла трения является усовершенствование конструкции с использованием вкладышей из модифицированной древесины. Проведен сравнительный конструкционный, технологический и эксплуатационный анализ работоспособности двух типов ступиц почвообрабатывающего агрегата АДУ-6 АКД: базового – с роликовыми радиально-упорными подшипниками качения в узле трения и модернизированного – с подшипниками скольжения из модифицированной древесины торцово-прессового деформирования. В качестве исследовательской задачи авторами определена оценка физического состояния узлов трения, соответствующая требуемому уровню надежности и долговечности при проведении механической обработки почвы. На основе результатов полевых испытаний установлено, что ресурс модернизированной ступицы в 5,1 раза больше базовой. Показано, что предложенный узел технически упрощает конструкцию ступицы, ведет к снижению затрат на обслуживание в период эксплуатации, обладает минимальным коэффициентом трения и не требует дополнительного подвода смазочного материала. Подсчитана экономическая эффективность от перспективного внедрения модернизированных ступиц в узлы трения комбинированных почвообрабатывающих агрегатов сельскохозяйственных организаций Гомельской области.

Ключевые слова: узел трения, модифицированная древесина, подшипник скольжения самосмазывающийся, работоспособность.

Для цитирования: Невзорова А. Б., Савельев Ю. В. Работоспособность ступицы дискового почвообрабатывающего агрегата с подшипником из модифицированной древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 155–161.

A. B. Nevzorova¹, Yu. V. Saveliev²¹Belarusian State University of Transport²Specialized Children's and Youth School of the Olympic Reserve no. 7 of Gomel**DISK HUB PERFORMANCE TILLAGE UNIT
WITH MODIFIED WOODEN BEARING**

The serviceability and durability of tillage attachments is largely determined by compliance with the requirements for the organization of care and supervision of the condition of the bearing catches of these units during their operation in abrasive-aggressive environments. One of the solutions to restore the operability of the friction unit is the improvement of the structure using inserts made of modified wood. A comparative structural, technological and operational analysis of the working capacity of two types of hubs of the ADU-6 AKD tillage unit was carried out: the basic one – with roller radial thrust rolling bearings in the friction unit, and the upgraded one – with sliding bearings made of modified end-press deformation wood. As a research task, the authors determined the assessment of the physical condition of the friction units to meet the required level of reliability and durability during mechanical tillage. Based on the results of field tests, it was found that the resource of the upgraded hub is 5.1 times greater than the base one. It is shown that the proposed assembly technically simplifies the design of the hub, reduces maintenance costs during operation, has a minimum coefficient of friction and does not require additional supply of lubricant. The economic efficiency of the prospective introduction of modernized hubs into the friction units of combined tillage aggregates of agricultural organizations of the Gomel region is calculated.

Key words: friction unit, modified wood, self-lubricating sliding bearing, serviceability.

For citation: Nevzorova A. B., Saveliev Yu. V. Disk hub performance tillage unit with modified wooden bearing. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 155–161 (In Russian).

Введение. В лесном и сельском хозяйстве для сплошной механической обработки почвы под посадки широко используется почвообрабатывающее навесное оборудование [1, 2]. Для культивации обычно используют зубовые и дисковые бороны [3]. Работоспособность и долговечность механизма во многом определяется оптимальными конструкционными решениями [4], правильным подбором материалов [5], соблюдением требований по организации ухода и надзора за состоянием подшипниковых узлов этих агрегатов [6]. Подшипники качения (ПК) являются неотъемлемой частью подвижного и передающих соединений. Эффективная эксплуатация подшипников качения предполагает соблюдение определенных правил технической диагностики и ревизии подшипниковых узлов [7].

Подшипниковый узел представляет собой трибосистему, которая термодинамически открыта, т. е. обменивается энергией и массой с окружающей средой [8]. Поэтому узлы трения при работе в абразивно-агрессивной и влажной среде, например при обработке почвы, в результате попадания пыли и абразивных частиц подвергаются ускоренному износу, что и ведет к потере работоспособности всего агрегата. Основные причины поломки подшипников качения – заклинивание или полное разрушение вследствие заклинивания. Это одновременно приводит к износу рабочих органов и корпусных деталей агрегата, в результате чего требуется их ремонт или замена. Для решения данной проблемы необходимо тщательное изучение каждого конкретного случая с проблемными узлами с учетом всех влияющих на него внешних и внутренних факторов, и разработка на этой основе рекомендаций, которые позволят увеличить их ресурс. И на стадии поиска решения совершенствования узла трения, например ступицы дискового почвообрабатывающего агрегата, стоит вопрос об использовании широко известной и доступной технологии замены ПК на подшипник скольжения (ПС) с вкладышем из природного композиционного материала.

Древесина лиственных пород после ее пресования и модифицирования [9, 10] еще с прошлого столетия давно испытывалась и применялась в узлах трения различных машин и механизмов [11–14], где зарекомендовала себя как надежный и долговечный антифрикционный материал [15]. Однако в силу активного технологического развития сталелитейной промышленности, лоббирования производителей ПК и их повсеместного применения в узлах трения, ПС на основе природного композита были незаслуженно отодвинуты на второстепенный план. Такие ПС применяются сейчас только ограниченными

партиями предприятиями, которые заинтересованы в повышении надежности и долговечности своего автомобильного парка [16, 17].

Цель данной работы – в очередной раз продемонстрировать преимущества использования самосмазывающихся подшипников скольжения (ПСС) на основе модифицированной древесины торцово-прессового деформирования по сравнению с металлическими роликоподшипниками в узлах трения ступицы дискового почвообрабатывающего агрегата. В результате наблюдается повышение надежности и долговечности универсального комбинированного почвообрабатывающего агрегата за счет создания необслуживаемого самосмазывающегося износостойкого узла трения.

Основная часть. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат дисковый универсальный АДУ-6 с 4-рядным расположением рабочих органов на индивидуальных стойках предназначен для основной обработки почвы, а также подготовки ее под посев, уничтожения сорняков и измельчения пожнивных остатков без предварительной вспашки и обработки почвы после уборки толстостебельных пропашных культур. Агрегат используется для поверхностной обработки почвы под зерновые, технические и кормовые культуры. АДУ-6 обеспечивает глубину обработки почвы от 6 до 19 см с выполнением следующих технологических операций: измельчение и заделка растительных остатков предшественника и сорной растительности; крошение крупных комьев земли на мелкие фракции; создание мульчированного слоя при скорости движения агрегата не менее 12 км/ч [2].

По данным Комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Гомельского облисполкома (2020–2021 гг.), одним из наиболее проблемных подшипниковых узлов сельскохозяйственной техники в Гомельской области является ступица АДУ-6. Частый выход из строя приводит к необходимости замены подшипников качения ступицы, которые вследствие попадания внутрь корпуса абразивно-агрессивной среды в виде почвы заклинивают и разрушаются. Также это происходит из-за нарушения технологического регламента по обслуживанию узла и поддержания смазочного режима в нем. Каждая из 56 ступиц агрегата требует ежесменного обслуживания в виде подачи смазки в узел, что по причине большой трудоемкости (надо признать честно) зачастую не выполняется техническим персоналом. Согласно данным предприятий, в среднем за один сезон работы агрегата требуется четыре раза менять ПК, что приводит не только к дополнительным финансовым затратам организаций, но и к удорожанию продукции. Кроме того, нарушаются сроки выполнения почвовозделывающих работ вследствие простоя агрегата в ремонте.

Повышение долговечности любого узла может быть реализовано применением следующих методов: конструкционного, технологического и эксплуатационного [18]. Данные методы могут использоваться как по отдельности, так и совместно. Для выбора наиболее подходящего метода необходимо тщательное обследование вышедшей из строя конструкции узла, а также условий и режимов его работы.

Базовый вариант.

Конструкционный анализ. Конструкция ступицы АДУ-6 АКД с установленными роликоподшипниками 7508 и 7509 приведена на рис. 1.

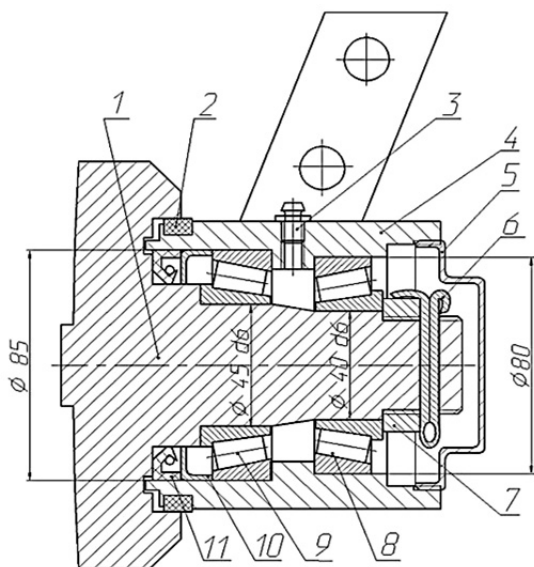


Рис. 1. Ступица АДУ-6 АКД с подшипниками качения:

- 1 – вал; 2 – войлочное уплотнение; 3 – смазочный ниппель; 4 – корпус; 5 – крышка;
6 – шплинт; 7 – коронная гайка;
8, 9 – соответственно роликоподшипники 7508 и 7509; 10 – крышка; 11 – манжета

Для защиты узла от попадания внутрь абразивных частиц почвы в конструкции применены следующие детали: войлочная прокладка 2, манжета 11 и две крышки 5 и 10. Для дополнительной защиты соединение вала 1 и корпуса 4 выполнено по лабиринтной схеме.

Технологический анализ. С целью предотвращения попадания абразива в зону трения роликового радиально-упорного подшипника с коническими роликами, узел полностью заполняется смазкой. Эти меры позволяют обеспечить безотказную обработку площади не более 1500 га. При этом каждую смену в корпус должно вноситься дополнительное количество смазки в установленном объеме, прописанном в технических требованиях. В случае недостатка или отсутствия смазки внутри узла его ресурс не превышает 300–400 га.

Эксплуатационный анализ. Рассмотрим повреждения рабочей ступицы после разборки и причину их возникновения (рис. 2).

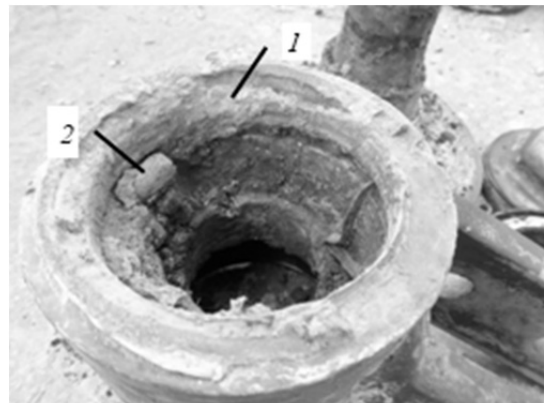


Рис. 2. Внешний вид ступицы после эксплуатации: 1 – абразив; 2 – ролики подшипника

По локализации это внутренняя поверхность кольца роликоподшипника с прилипшими абразивными частицами почвы, которые, несмотря на имеющуюся защиту, проникают внутрь ступицы. Высокая локализованная теплота приводит к течению металла в подшипниках, что вызывает изменения исходной геометрии подшипника и его материала. Это ведет к перекосу роликов, разрушению сепаратора, перемещению металла и полному заклиниванию подшипника.

По визуальным признакам видно, что подшипник 7509 полностью разрушен и не может выполнять функцию трибосопряжения. Наблюдаемая картина говорит о том, что механизм абразивного износа в этом случае является доминирующим.

Причина – несоответствующее воздействие по нагрузке на сепаратор, в результате которой ролики изменили ориентацию с вертикальной на радиальную относительно вращающегося вала. Дорожка качения отделена от наружного кольца. Сильно перегруженный конический роликовый подшипник привел к преждевременному и сильному абразивному и усталостному износу роликов. Нагрузка на них превысила допустимую, что стало причиной выкрашивания металла с поверхности роликов.

Таким образом, применение в конструкции ступиц АДУ-6 АКД радиально-упорных конических подшипников легкой серии 7508 и 7509 не обеспечивает требуемого уровня надежности и долговечности при работе в абразивно-агрессивной среде, которой является пахотная земля.

Предлагаемое решение.

Конструкционный анализ. Для повышения срока службы и улучшения функциональных свойств узла трения ступицы агрегата была предложена и апробирована усовершенствованная

конструкция ступицы АДУ-6 АКД (рис. 3) с установкой в посадочных местах самосмазывающихся подшипников (ПСС) на основе древесины торцово-прессового деформирования, пропитанной полимерным смазочным материалом [19].

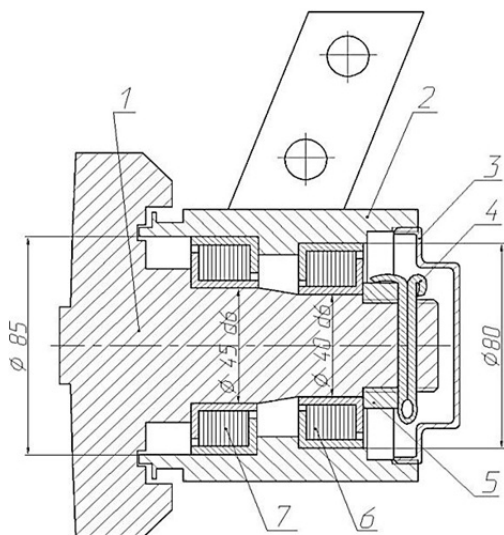


Рис. 3. Схема ступицы после модернизации:
1 – вал; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – шплинт;
5 – коронная гайка; 6 – подшипник ПСС 7508;
7 – подшипник ПСС 7509

ПСС полностью взаимозаменяемы с подшипниками качения 7508 и 7509. Конструктивные изменения узла заключаются в отсутствии уплотнений, смазочного ниппеля, крышки и манжеты (защитных уплотнений). Одно из достоинств – отсутствие операции ежесменной подачи смазки в узел, так как вкладыш ПСС обладает свойством выделения смазки в течение всего периода эксплуатации [20] и поэтому не требует постоянного обслуживания в отличие от ПК.

Внешний вид ступицы после установки в нее ПСС представлен на рис. 4.

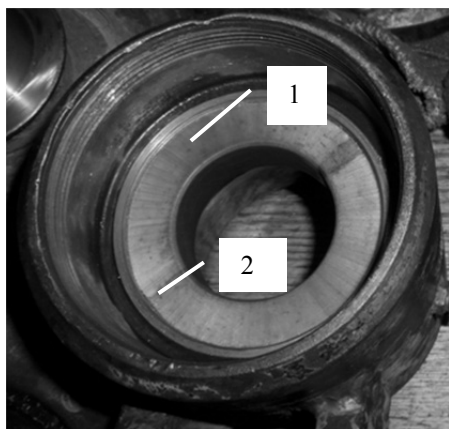


Рис. 4. Внешний вид ступицы после модернизации:
1 – внешнее кольцо; 2 – вкладыш из модифицированной древесины ТПД

Технологический анализ. Для изготовления вкладыша подшипника использовалась известная технология торцово-прессового деформирования древесных заготовок [19] со следующими операциями: механотрансформация прямоугольной заготовки в цилиндрическую форму из древесины березы нормализованной влажности (12%); перепрессовка через конус для получения заданной степени прессования по внутреннему диаметру вкладыша (48–50%); модифицирование смазочным материалом в установке для высокотемпературной пропитки ($135 \pm 5^\circ\text{C}$) для получения изменяемой степени пропитки от древесного вкладыша – от 0,12 по внутренней до 0,40 по внешней стороне; устранение технологического зазора в стыке сторон заготовки конструкторским компенсатором; механическая обработка путем расточки древесного вкладыша по внутреннему диаметру и боковой торцовой поверхности. Таким образом, технологическая схема изготовления вкладышей включает в себя оптимальное число операций и необходимый минимум технологических процессов, при выполнении которых потребление энергии сведено к минимуму.

Эксплуатационный анализ.

Для проведения полевых испытаний комбинированного почвообрабатывающего агрегата дискового универсального АДУ-6 (рис. 5) были изготовлены и установлены 56 модернизированных ступиц с ПСС.



Рис. 5. Агрегат АДУ-6 АКД

Эксплуатация модернизированного агрегата АДУ-6 АКД с подшипниками ПСС проходила одновременно с базовой моделью (с роликоподшипниками) в Гомельской области на дерново-подзолистой пахотной земле. Рабочая скорость трактора – 10–11 км/ч, глубина хода диска – 7–15 см. Испытания проводились с учетом характеристики условий работы в агрессивно-абразивно-влажной окружающей воздушно-почвенной среде (табл. 1) в течение весенне-осенних полевых работ 2014–2016 гг.

Таблица 1
Характеристика воздуха и почвы

Показатель	Значение
Влажность воздуха, %	40–90
Влажность почвы, %	15–35
Температура воздуха, °С	12–25
Температура почвы, °С	12–20
Плотность грунта, кг/м ³	1400–1700
Плотность частиц грунта, кг/м ³	2690
Содержание песчаных частиц (2–0,05 мм), % по массе	≥ 50

Анализ данных состояния подшипниковых узлов после проведения полевых испытаний приведен в табл. 2. Установлено, что ресурс базовых ступиц в 5,1 раза меньше ресурса ступицы с ПСС. Главным отличием является удовлетворительное состояние внутренней поверхности древесного вкладыша и минимальный износ (0,15 мм) (рис. 6). На протяжении всего периода полевых испытаний подшипниковый узел не требовал обслуживания и введения дополнительной смазки в контактную зону.

Таблица 2
Результаты полевых испытаний

Наименование показателя	Подшипниковый узел ступицы АДУ-6	
	базовый	модернизированный
Наработка, га	1400	7200
Среднее время работы, га/ч	3,7–4,1	
Среднее время наработки до замены, ч	360	1850
Подача смазки	Требуется ежедневно	Не требуется, самосмазка
Предельная нагрузка, МПа·м/с	3	3
Коэффициент трения	0,15	0,09
Состояние поверхности трения подшипника	Катастрофическое	Удовлетворительное



Рис. 6. Ступица АДУ-6 с ПСС после испытания

Согласно данным статистического ежегодника Гомельской области за 2021 г. по п. 17.2 «Материально-техническая база сельского хозяйства», в сельскохозяйственных организациях на конец года было в наличии 461 комбинированный почвообрабатывающий агрегат.

Экономия материальных и трудовых ресурсов для одной ступицы в год составила по предварительным расчетам 510 руб. Потенциальная экономия с одного агрегата АДУ-6 АКД при условии оснащения всех 56 ступиц подшипниками ПСС может составить 28 560 руб., а по Гомельской области – 12,9 млн руб.

Закключение. Одним из решений восстановления работоспособности узла трения почвообрабатывающих агрегатов является модернизация его конструкции с использованием подшипников скольжения с вкладышем из природного композита. Сравнительный конструкционный, технологический и эксплуатационный анализ работоспособности двух типов ступиц почвообрабатывающего агрегата АДУ-6 АКД (базового – с роликовыми радиально-упорными подшипниками качения в узле трения и модернизированного – с подшипниками скольжения из модифицированной древесины торцово-прессового деформирования) показал, что предложенный узел технически упрощает конструкцию ступицы, ведет к снижению затрат на обслуживание в период эксплуатации, обладает минимальным коэффициентом трения и не требует дополнительного подвода смазочного материала. Оценка физического состояния модернизированных узлов трения соответствует требуемому уровню надежности и долговечности при проведении механической обработки почвы. На основе результатов полевых испытаний установлено, что ресурс модернизированной ступицы в 5,1 раза больше базовой. Подсчитана экономическая эффективность от перспективного внедрения модернизированных ступиц в узлы трения комбинированных почвообрабатывающих агрегатов сельскохозяйственных организаций Гомельской области.

Таким образом, в очередной раз продемонстрированы реальные результаты преимуществ использования ПСС на основе модифицированной древесины торцово-прессового деформирования по сравнению с металлическими роликоподшипниками в узлах трения ступицы дискового почвообрабатывающего агрегата, работающих в условиях абразивно-агрессивных сред. При этом работоспособность универсального комбинированного почвообрабатывающего агрегата повышается за счет создания неослуживаемого самосмазывающегося износостойкого узла трения ступицы.

Список литературы

1. Жуков А. В. Теория лесных машин. Минск: БГТУ, 2001. 640 с.
2. Современные российские технологии почвообработки от компании ООО «БДТ-Агро» // Актуальные агросистемы. 2014. № 2. С. 6–7.
3. Бледных В. В. Устройство, расчет и проектирование почвообрабатывающих орудий. Челябинск: ЧГАА, 2010. 203 с.
4. Борисов Г. А., Колодяжная И. Н., Слепова А. Ш. Повышение надежности сложных технических систем путем применения современных полимерных композиционных материалов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2018. № 2 (24). С. 14–18.
5. Невзорова, А. Б. Аникеева М. А., Врублевская В. И. Эвентуальность работоспособности узла трения скольжения на основе природного композита // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 26–27 апр. 2018 г. Могилев, 2018. С. 92–93.
6. Бобровицкий В. И., Сидоров В. А. Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт. Донецк: Юго-Восток, 2011. 238 с.
7. Машины для основной обработки почвы. Минск: БГАТУ, 2009. 76 с.
8. Геккер Ф. Р. Динамическая модель узлов трения, работающих без смазочных материалов // Трение и износ. 1993. № 6. С. 1051–1058.
9. Врублевская В. И., Невзорова А. Б., Врублевский В. Б. Износостойкие самосмазывающиеся антифрикционные материалы и узлы трения из них. Гомель: БелГУТ, 2000. 324 с.
10. Шамаев В. А., Никулина Н. С., Медведев И. Н. Модифицирование древесины. М.: ФЛИНТА, 2013. 448 с.
11. Подшипники скольжения самосмазывающиеся на основе модифицированной древесины (теория, технология и практика) / А. Б. Невзорова [и др.] Гомель: БелГУТ, 2011. 254 с.
12. Модифицирование древесины для создания подшипников скольжения лесопромышленных машин / Г. А. Пилюшина [и др.] // Лесной журнал. 2020. № 5. С. 155–165. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-155-165.
13. Повышение работоспособности древесно-металлических подшипников скольжения лесопромышленных машин / Г. А. Пилюшина [и др.] // Лесной журнал. 2021. № 2. С. 156–168. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-156-168.
14. Врублевский В. Б., Невзорова А. Б., Дашковский В. А. Применение прессованной модифицированной древесины в узлах трения сельскохозяйственной техники // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2010. № 2. С. 44–48.
15. Шамаев В. А. Подшипники скольжения из модифицированной древесины // Вестник машиностроения. 2010. № 7. С. 45–49.
16. Аксенов А. А., Малюков С. В. Исследования зависимости триботехнических свойств сильно нагруженных подшипников из модифицированной древесины // Лесотехнический журнал. 2016. № 1. С. 168–184.
17. Буренин В. В. Самосмазывающиеся подшипники скольжения // Приводная техника. 2002. № 6. С. 45–56.
18. Джабборов Н. И., Федькин Д. С. Основы оценки энергоэффективности технологических процессов и технических средств обработки почвы // Молочнохозяйственный вестник. 2014. № 4 (16). С. 76–83.
19. Невзорова А. Б. Теоретические основы механотрансформации древесины. Гомель: БелГУТ, 2003. 160 с.
20. Аникеева М. В. Способ оценки триботехнических характеристик подшипников скольжения из модифицированной прессованной древесины // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2020. № 1. С. 193–201.

References

1. Zhukov A. V. *Teoriya lesnykh mashin* [Theory of forest machines]. Minsk, BGTU Publ., 2001. 640 p. (In Russian).
2. Modern Russian tillage technologies from BDT-Agro LLC. Actual'nyye agrosistemy [Actual agrosystems], 2014, no. 2, pp. 6–7 (In Russian).
3. Blednykh V. V. *Ustroystvo, raschyot i proyektirovaniye pochvoobrabatyvayushchikh orudiy* [Device, calculation and design of tillage tools]. Chelyabinsk, ChGAA Publ., 2010. 203 p. (In Russian).
4. Borisov G. A., Kolodyazhnaya I. N., Slepova A. Sh. Improving the reliability of complex technical systems by using modern polymer composite material. *Izmereniye. Monitoring. Upravleniye. Control* [Measurement. Monitoring. Management. Control], 2018, no. 2 (24), pp. 14–18 (in Russian).

5. Nevzorova A. B., Anikeeva M. A., Vrublevskaya V. I. Eventuality of operability of sliding friction unit based on natural composite. *Materialy, oborudovaniye i resursosberegayushchiye tekhnologii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Materials, equipment and resource-saving technologies: materials of the International Scientific and Technical Conference], Mogilev, 2018, pp. 92–93 (In Russian).
6. Bobrovitsky V. I., Sidorov V. A. *Mekhanicheskoye oborudovaniye: tekhnicheskoye obsluzhivaniye i remont* [Mechanical equipment: maintenance and repair]. Donetsk, Yugo-Vostok Publ., 2011. 238 p. (In Russian).
7. *Mashiny dlya osnovnoy obrabotki pochvy* [Machines for basic tillage]. Minsk, BGATU Publ., 2009. 76 p. (In Russian).
8. Gekker F. R. Dynamic model of friction units operating without lubricants. *Treniye i iznos* [Friction and Wear], 1993, no. 6, pp. 1051–1058 (In Russian).
9. Vrublevskaya V. I., Nevzorova A. B., Vrublewskiy V. B. Iznosostoykiye samosmazyvayushchiyesya antifriktsionnyye materialy i uzly treniya iz nikh [Wear-resistant self-lubricating antifriction materials and friction units from them]. Gomel, BelGUT Publ., 2000. 324 p. (In Russian).
10. Shamaev V. A., Nikulina N. S., Medvedev I. N. *Modifitsirovaniye drevesiny* [Wood modification]. Moscow, FLINTA Publ., 2013. 448 p. (In Russian).
11. Nevzorova A. B., Vrublewskiy V. B., Matusevich V. O., Vrublevskaya V. I. *Podshipniki skol'zheniya samosmazyvayushchiyesya na osnove modifitsirovannoy drevesiny (teoriya, tekhnologiya i praktika)* [Self-lubricating plain bearings on the basis of the modified wood (theory, technology and practice)]. Gomel, BelGUT Publ., 2011. 254 p. (In Russian).
12. Pilyushina G. A., Pyrikov P. G., Pamfilov E. A., Danilyuk A. Ya., Kapustin V. V. Modifying wood for creation plain bearings of timber machines. *Forest Magazine*, 2020, no. 5, pp. 155–165. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-155-165 (In Russian).
13. Pilyushina G. A., Pyrikov P. G., Pamfilov E. A., Danilyuk A. Ya., Kapustin V. V. Improving the efficiency of wood-metal sliding bearings of industrial machine *Forest Magazine*, 2021, no. 2, pp. 156–168. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-2-156-168 (In Russian).
14. Vrublewskiy V. B., Nevzorova A. B., Dashkovskiy V. A. Application of pressed modified wood in friction units of agricultural machinery. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Polotsk State University], series B: Industry. Applied Science, 2010, no. 2, pp. 44–48 (In Russian).
15. Shamaev V. A. Plain bearings of modified wood. *Vestnik mashinostroyeniya* [Russian Engineering Research], 2010, no. 7, pp. 45–49 (In Russian).
16. Aksenov A. A., Malyukov S. V. Research on the dependency of tribological properties of heavily loaded bearings made of modified wood. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Journal], 2016, no. 1, pp. 168–184 (In Russian).
17. Burenin V. V. Self-lubricating plain bearings. *Privodnaya tekhnika* [Drive technology], 2002, no. 6, pp. 45–56 (In Russian).
18. Dzhabborov N. I., Fedkin D. S. Fundamentals of assessing the energy efficiency of technological processes and technical means of tillage. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik* [Dairy Bulletin], 2014, no. 4 (16), pp. 76–83 (In Russian).
19. Nevzorova A. B. *Teoreticheskiye osnovy mekhanotransformatsii drevesiny* [Theoretical foundations of the mechanotransformation of wood]. Gomel, BelGUT Publ., 2003. 160 p. (In Russian).
20. Anikeeva M. V. A method for assessing the tribotechnical characteristics of plain bearings made of modified pressed wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2020, no. 1, pp. 193–201 (In Russian).

Информация об авторах

Невзорова Алла Брониславовна – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Водоснабжение, химия и экология». Белорусский государственный университет транспорта (246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34, Республика Беларусь). E-mail: anevzorova@bsut.by

Савельев Юрий Витальевич – магистр технических наук, заместитель директора по основной деятельности. Специализированная детско-юношеская школа олимпийского резерва № 7 г. Гомеля (246042, г. Гомель, ул. Ленинградская, 39а, Республика Беларусь). E-mail: vay86@mail.ru

Information about the authors

Nevzorova Alla Bronislavovna – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department “Water supply, Chemistry and Ecology”. Belarusian state University of Transport (34, Kirova str., 246653, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: anevzorova@mail.ru

Saveliev Yuriy Vitalievich – Master of Engineering, Deputy Director of the main activity. Specialized Children’s and Youth School of the Olympic Reserve no. 7 of Gomel (39a, Leningradskaya str., 246042, Gomel, Republic of Belarus). E-mail: vay86@mail.ru

Поступила 04.04.2022

ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

ALL-ENGINEERING QUESTIONS OF TIMBER PROCESSING COMPLEX

УДК 674.055:621.93.023.2

С. А. Гриневич, А. А. Гришкевич

Белорусский государственный технологический университет

УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ОСЕЙ КОГТЕВЫХ ЗАВЕС

Деревообрабатывающее производство характеризуется высоким травматизмом. Одной из причин получения тяжелых травм и несчастных случаев даже со смертельным исходом является обратный выброс обрабатываемых пиломатериалов или их элементов. Наибольший риск вылета характерен для деревообрабатывающих круглопильных станков, предназначенных для продольной распиловки натуральной древесины. Для захвата заготовки при ее обратном выбросе нормативными документами предписывается устанавливать завесы из предохранительных упоров (когтевые завесы).

Для грамотного проектирования элементов завес из предохранительных упоров необходимо знать нагрузку, с которой вылетевший элемент действует на защиту. Очевидно, что данная величина может быть определена лишь косвенно. И одним из способов является расчет нагрузки через остаточную деформацию элементов конструкции когтевой завесы. Для этого необходимо установить зависимость между величиной кривизны оси завесы из предохранительных упоров и воздействующим на нее изгибающим моментом.

В работе получены математические зависимости, позволяющие установить связь между действующим изгибающим моментом и кривизной оси завес из предохранительных упоров для случая упруго-пластической деформации. Полученные зависимости являются основой для определения нагрузок, действовавших на ось когтевой завесы, при наличии ее остаточной деформации.

Ключевые слова: когтевая завеса, ось, деформация, текучесть, нагрузка.

Для цитирования: Гриневич С. А., Гришкевич А. А. Упруго-пластическая деформация осей когтевых завес // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 162–166.

S. A. Grinevich, A. A. Grishkevich
Belarusian State Technological University

ELASTIC-PLASTIC DEFORMATION OF THE CLAW CURTAINS AXES

Woodworking production is characterized by high injuries. One of the reasons for serious injuries and accidents, even with a fatal outcome, is the reverse release of processed lumber or their elements. The greatest risk of departure is typical for woodworking circular sawing machines designed for longitudinal sawing of natural wood. To capture the workpiece when it is ejected back, regulatory documents prescribe the installation of curtains from safety stops (claw curtains).

For the competent design of curtain elements from safety stops, it is necessary to know the load with which the flown element acts on protection. Obviously, this value can be determined only indirectly. And one of the ways is to calculate the load through the residual deformation of the structural elements of the claw curtain. To do this, it is necessary to establish a relationship between the magnitude of the curvature of the axis of the curtain from the safety stops and the bending moment acting on it.

In this paper, mathematical dependences are obtained that make it possible to establish a relationship between the acting bending moment and the curvature of the axis of the curtains made of safety stops for the case of elastic-plastic deformation. The obtained dependences are the basis for determining the loads acting on the axis of the claw curtain, in the presence of its residual deformation.

Key words: claw curtain, axis, deformation, fluidity, load.

For citation: Grinevich S. A., Grishkevich A. A. Elastic-plastic deformation of the claw curtains axes. *Proceeding of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 162–166 (In Russian).

Введение. При эксплуатации деревообрабатывающего оборудования обязанность обеспечить безопасные условия труда ложится на нанимателя [1]. Сложность обеспечения безопасных условий труда во многих станках заключается прежде всего в самой кинематике механической обработки древесины, а именно высокой скорости резания и встречном направлении вращения режущего инструмента [2, 3]. Таким образом, существует вероятность обратного выброса заготовки или ее фрагментов в сторону оператора. Наличие заостренных торцов и высокая скорость выбрасываемых заготовок создают опасность не только здоровью, но и жизни работающего. Это наиболее характерно для круглопильных станков, осуществляющих продольную распиловку древесины [4, 5].

Поэтому необходимо, чтобы деревообрабатывающее оборудование имело защитные устройства, исключающие в процессе работы выбрасывание режущим инструментом обрабатываемых заготовок и отходов [6].

На сегодняшний день основным документом, устанавливающим требования безопасности к деревообрабатывающим станкам является технический регламент Таможенного (Евразийского) союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [7], требования которого могут быть выполнены в том числе и соблюдением ряда нормативных документов, а именно ГОСТ 12.2.026.0–93 «Станки деревообрабатывающие. Требования безопасности к конструкции» [8] и СТБ ЕН 1870-4–2006 «Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 4. Станки многоплатные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой» [9].

Согласно документам [8, 9], с целью предотвращения обратного выброса заготовки или ее фрагментов в станке должны быть предусмотрены завесы из противовыбрасывающих упоров (когтевые завесы).

Основная часть. Вопросы работоспособности, прочности и жесткости когтевых завес и их осей рассмотрены в работах [3, 10]. Однако в ряде случаев при изучении конструкции когтевых завес станков, где произошел обратный выброс заготовки, была отмечена пластическая деформация осей предохранительных упоров. Определенный научный интерес представляет оценка усилий, возникших в момент удара и вызвавших деформацию стальной оси, выходящую за пределы закона Гука.

Рассмотрим сечение оси когтевой завесы радиуса R (рис. 1). На некотором расстоянии от горизонтальной оси напряжения достигли предела текучести материала σ_T .

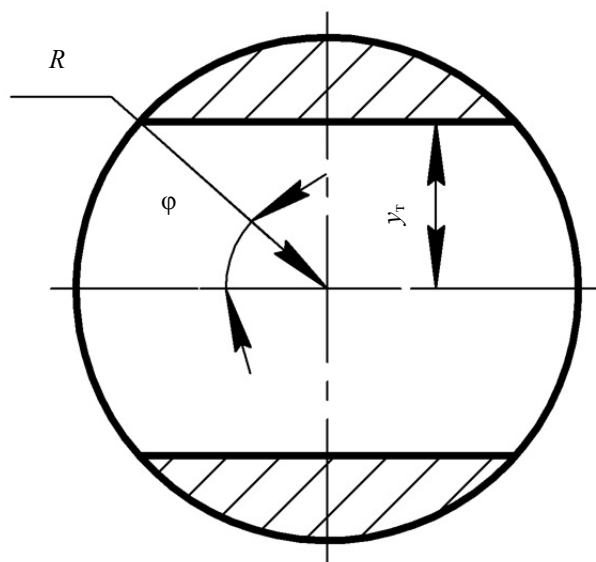


Рис. 1. Сечение оси

Эпюра напряжений представлена на рис. 2.

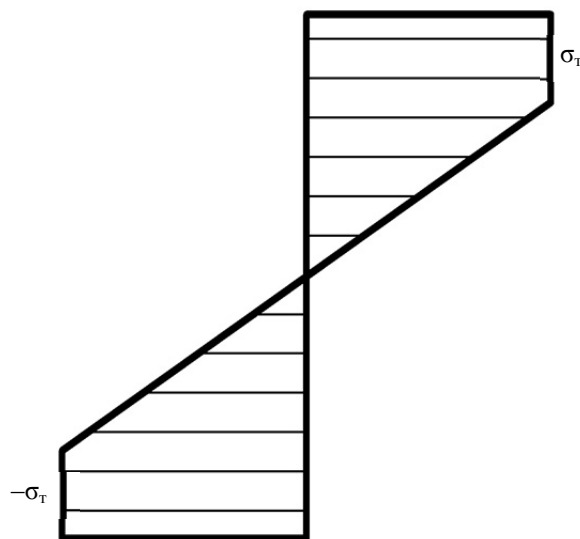


Рис. 2. Эпюра распределения напряжений

Расчетная схема представлена на рис. 3. Изгибающий момент в сечении можем записать как

$$M = \int_{-R}^R \sigma \cdot b \cdot y \cdot dy. \quad (1)$$

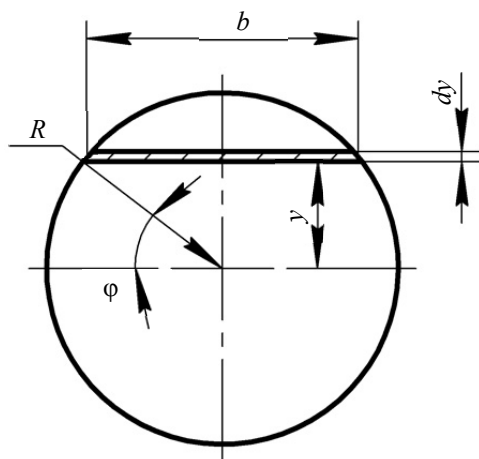


Рис. 3. Расчетная схема

Разобьем интеграл на два по зонам, соответствующим упругой и пластической составляющим. С учетом симметричности сечения получим

$$M = 2 \int_0^{y_T} \sigma \cdot b \cdot y \cdot dy + 2 \int_{y_T}^R \sigma_T \cdot b \cdot y \cdot dy. \quad (2)$$

Затем перейдем в полярную систему с координатами φ и R (рис. 3). Тогда: $y = R \cdot \sin \varphi$, $dy = R \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi$, $b = 2 \cdot R \cdot \cos \varphi$.

Нижний предел интегрирования для первой зоны $\varphi_1 = 0$.

Верхний предел интегрирования для первой зоны

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{y_T}{R}. \quad (3)$$

Согласно публикациям [11–13], связь кривизны оси ρ с напряжением σ можно выразить следующим образом:

$$\sigma = E \cdot \frac{y}{\rho}, \quad (4)$$

где E – модуль Юнга, МПа.

С учетом (3) и (4) в полярной системе координат для первого слагаемого выражения (2) можно записать

$$M_1 = \frac{4E}{\rho} \cdot R^4 \cdot \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi \cdot d\varphi. \quad (5)$$

Проведя ряд преобразований и решив уравнение (5) с учетом пределов интегрирования, получим

$$M_1 = \frac{E \cdot R^4}{\rho} \left(\frac{\varphi_2}{2} - \frac{\sin^4 \varphi_2}{8} \right). \quad (6)$$

Нижний предел интегрирования для второй зоны будет равен φ_2 .

Верхний предел интегрирования для второй зоны $\varphi_3 = \pi / 2$.

Для второго слагаемого с учетом подстановок получим

$$M_2 = 4 \cdot \sigma_T \cdot R^3 \cdot \int_{\varphi_2}^{\varphi_3} \cos^3 \varphi \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi. \quad (7)$$

Проведя ряд преобразований и решив уравнение (7) с учетом пределов интегрирования, получим

$$M_2 = \frac{4}{3} \cdot \sigma_T \cdot R^3 \cdot \cos^3 \varphi_2. \quad (8)$$

Таким образом, суммарный момент в сечении вычисляется по выражению

$$M = E \cdot \frac{R^4}{\rho} \cdot \left(\frac{\varphi_2}{2} - \frac{\sin^4 \varphi_2}{8} \right) + \frac{4}{3} \cdot \sigma_T \cdot R^3 \cdot \cos^3 \varphi_2. \quad (9)$$

Величина φ_2 с учетом формул (3) и (4) также может быть выражена через радиус кривизны ρ .

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{\sigma_T \cdot \rho}{E \cdot R}. \quad (10)$$

Определим пределы применимости выражения (9).

Допустим, что напряжения в опасном сечении не достигли предела текучести σ_T , т. е. закон Гука остается справедливым. В этом случае можно записать [14, 15]

$$\sigma = \frac{M_1}{W} \leq \sigma_T, \quad (11)$$

где W – момент сопротивления круглого сечения, м^3 .

Момент сопротивления круглого сечения находится по известной формуле [11]:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \quad (12)$$

где d – диаметр оси когтевой завесы, м.

Учитывая формулы (11) и (12) и выражая диаметр d через радиус R , можно записать M_1 как

$$M_1 \leq \frac{\pi \cdot R^3}{4} \cdot \sigma_T. \quad (13)$$

или

$$[M_1] = \frac{\pi \cdot R^3}{4} \cdot \sigma_T. \quad (14)$$

Рассмотрим второй предельный случай, когда напряжения во всем сечении оси достигли предела текучести σ_T . При этом для выражения (7)

нижний предел интегрирования $\varphi_2 = 0$, а верхний $\varphi_3 = \pi / 2$.

Решив уравнение (7) с учетом новых пределов интегрирования, найдем

$$[M_2] = \frac{4}{3} \cdot \sigma_T \cdot R^3. \quad (15)$$

Значит, использование выражения (9) справедливо при соблюдении условия

$$\frac{\pi \cdot R^3}{4} \cdot \sigma_T \leq M \leq \frac{4}{3} \cdot \sigma_T \cdot R^3. \quad (16)$$

Заключение. Таким образом, получено выражение, устанавливающее взаимосвязь между изгибающим моментом M и радиусом кривизны изогнутой оси ρ в области упруго-пластической деформации, которое может быть использовано для расчетов деформации осей когтевых завес при работе за пределами закона Гука.

Список литературы

1. Об охране труда: Закон Респ. Беларусь, 23.06.2008, № 356-З: в ред. от 18 дек. 2019 г. № 274-З // Pravo.by. URL: https://pravo.by/upload/docs/op/H11900274_1577394000.pdf (дата обращения: 06.03.2022).
2. Гришкевич А. А., Гриневич С. А., Гаранин В. Н. К вопросу об обеспечении безопасности при эксплуатации круглопильного оборудования // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: тез. докл. 84-й науч.-техн. конф., посвящ. 90-летию юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с междунар. участием), Минск, 3–14 февр. 2020 г. Минск, 2020. С. 152–153.
3. Гриневич С. А., Гришкевич А. А., Волкович Д. С. К вопросу об обеспечении безопасности при эксплуатации круглопильного оборудования // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2020. № 2. С. 325–329.
4. Вихренко В. С., Гриневич С. А. Энергетические характеристики материала при его выбросе дереворежущим оборудованием // Новые технологии высшей школы. Наука, техника, педагогика: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Москва, 15–25 марта 2021 г. М., 2021. С. 136–139.
5. Гриневич С. А., Гришкевич А. А. Расчет скорости обратного выброса заготовки // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: тез. докл. 85-й науч.-техн. конф. (с междунар. участием), Минск, 3–14 февраля 2021 г. Минск, 2021. С. 153–154.
6. Правила по охране труда при ведении лесного хозяйства, обработке древесины и производстве изделий из дерева: постановление М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь и М-ва лесного хоз-ва Респ. Беларусь, 30.03.2020, № 32/5 // Pravo.by. URL: https://pravo.by/upload/docs/op/W22035383p_1590181200.pdf (дата обращения: 06.03.2022).
7. О безопасности машин и оборудования: TP TC 010/2011 // Eurasiancommission.org. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/techreg/deptexreg/tr/Documents/P_823_1.pdf (дата обращения: 09.03.2022).
8. Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции: ГОСТ 12.2.026.0–1993. Минск: Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 1996. 46 с.
9. Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Ч. 4. Станки многоплотные для продольной резки с ручной загрузкой и/или выгрузкой: СТБ ЕН 1870-4–2006. Минск: Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь, 2006. 36 с.
10. Волкович Д. С. Определение угла заклинивания зубчатой завесы // 71-я науч.-техн. конф. учащихся, студентов и магистрантов БГТУ: тез. докл., Минск, 20–22 апр. 2020 г. Минск, 2020. С. 229–231.
11. Феодосьев В. И. Соппротивление материалов. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. 540 с.
12. Беляев Н. М. Соппротивление материалов. М.: Наука, 1976. 608 с.
13. Степин П. А. Соппротивление материалов. М.: Высш. шк., 1988. 367 с.
14. Ицкович Г. М. Соппротивление материалов. М.: Высш. шк., 1966. 512 с.
15. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наук. думка, 1988. 736 с.

References

1. On Labor Protection: The Law of Republic of Belarus, 23.06.2008, no. 356-C Available at: https://pravo.by/upload/docs/op/H11900274_1577394000.pdf (accessed 06.03.2022) (In Russian).
2. Grishkevich A. A., Grinevich S. A., Garanin V. N. On the issue of ensuring safety in the operation of circular saw equipment. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: tezis dokladov 84-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchyonnoy 90-letnemu yubileyu BGTU i Dnyu belorusskoy nauki (s mezhdunarodnym uchastiyem)* [Forest engineering, materials science and design: thesis of reports of the

84th Scientific and technical conference dedicated to the 90th anniversary of BSTU and the Day of Belarusian Science (with international participation)]. Minsk, 2020, pp. 152–153 (In Russian).

3. Grinevich S. A., Grishkevich A. A., Volkovich D. S. On the issue of ensuring safety in the operation of circular saw equipment. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2020, no. 2, pp. 325–329 (In Russian).

4. Vihrenko V. S., Grinevich S. A. Energy characteristics of the material when it is ejected by wood-cutting equipment. *Novyye tekhnologii vysshey shkoly. Nauka, tekhnika, pedagogika: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [New technologies of higher education. Science, technology, pedagogy: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Moscow, 2021, pp. 136–139 (In Russian).

5. Grinevich S. A., Grishkevich A. A. Calculation of the reverse ejection rate of the workpiece. *Lesnaya inzheneriya, materialovedeniye i dizayn: materialy 85-y nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem* [Forest Engineering, Materials Science and Design: materials of the 85th Scientific and Technical conference with the international participation]. Minsk, 2021, pp. 153–154 (In Russian).

6. Rules for labor protection in forestry, wood processing and production of wood products: resolution of the Ministry of Labor and Social Protection of the Republic of Belarus and the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus, 30.03.2020, no. 32/5. Available at: https://pravo.by/upload/docs/op/W22035383p_1590181200.pdf (accessed 06.03.2022) (In Russian).

7. TR TS 010/2011. On the safety of machinery and equipment. Available at: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txenreg/deptexreg/tr/Documents/P_823_1.pdf (accessed 09.03.2022) (In Russian).

8. GOST 12.2.026.0–1993. Woodworking equipment. Safety requirements for the design. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus' Publ., 1996. 46 p. (In Russian).

9. STB EN 1870-4–2006. Safety of woodworking machines. Circular sawing machines. Part 4. Multi-blade rip sawing machines with manual loading and/or unloading. Minsk, Gosudarstvennyy komitet po standartizatsii Respubliki Belarus' Publ., 2006. 36 p. (In Russian).

10. Volkovich D. S. Determination of the angle of jamming of the toothed curtain. *71-ya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya uchashchikhsya, studentov i magistrantov BGTU: tezisy dokladov* [71st Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and undergraduates of BSTU: thesis of reports]. Minsk, 2020, pp. 229–231 (In Russian).

11. Feodosyev V. I. *Soprotivleniye materialov* [Resistance of materials]. Moscow, Gosudarstvennoe izdatel'stvo fiziko-matematicheskoy literatury Publ., 1963. 540 p. (In Russian).

12. Belyaev N. M. *Soprotivleniye materialov* [Resistance of materials]. Moscow, Nauka Publ., 1976. 608 p. (In Russian).

13. Stepin P. A. *Soprotivleniye materialov* [Resistance of materials]. Moscow, Vy'sshaya shkola Publ., 1988. 367 p. (In Russian).

14. Iczkovich G. M. *Soprotivleniye materialov* [Resistance of materials]. Moscow, Vy'sshaya shkola Publ., 1966. 512 p. (In Russian).

15. Pisarenko G. S., Yakovlev A. P., Matveev V. V. *Spravochnik po soprotivleniyu materialov* [Handbook on the resistance of materials]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1988. 736 p. (In Russian).

Информация об авторах

Гриневич Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: grinevich@belstu.by

Гришкевич Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

Information about the authors

Grinevich Sergey Anatol'yevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: grinevich@belstu.by

Grishkevich Aleksandr Aleksandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Поступила 11.03.2022

УДК 539.422.5

Д. Л. Болочко, А. А. Гришкевич
Белорусский государственный технологический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ОСЕВОГО УГЛА НА МОЩНОСТЬ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Развитие машиностроения в деревообрабатывающей промышленности предъявляет новые и высокие требования к творческому потенциалу специалистов. В дополнение к профессиональной подготовке ученые и инженеры-исследователи все чаще сталкиваются с необходимыми задачами, такими как знание методов обработки результатов наблюдений, планирование экспериментов, математическое моделирование и методы оптимизации. Кроме того, важно отметить, что экспериментальные методы исследования в деревообработке играют важную роль.

На сегодняшний день проведено несколько исследований по разработке новых моделей фрез для обработки древесины и пиломатериалов. Однако с созданием новых станков с цифровым управлением и совершенствованием конструкции фрезерного инструмента необходимы новые исследования, связанные с оптимальным и экономичным использованием материальных и энергетических ресурсов и улучшением технологического режима работы оборудования. Таким образом, можно сэкономить валютные активы предприятий, тем самым заместив импорт и повысив конкурентоспособность выпускаемой продукции.

В представленной работе получены результаты проведения экспериментальных исследований новой конструкции фрезерного инструмента, определившие влияние осевого поворота ножа на мощностные показатели при фрезеровании древесины сосны как наиболее распространенной породы на мебельных деревообрабатывающих предприятиях. Исследования позволили установить максимальную величину осевого угла, равного 34° , при котором потребляемая мощность уменьшилась на 41%.

Ключевые слова: мощность, осевой угол, нож, эксперимент, установка.

Для цитирования: Болочко Д. Л., Гришкевич А. А. Результаты экспериментальных исследований влияния осевого угла на мощность фрезерования // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 167–172.

D. L. Bolochko, A. A. Grishkevich
Belarusian State Technological University

RESULTS OF EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS EFFECTS OF AXIS ANGLE ON MILLING POWER

The development of mechanical engineering in the woodworking industry places new and high demands on the creative potential of specialists. In addition to professional training, scientists and research engineers are increasingly faced with the necessary tasks, such as knowledge of methods for processing observation results, experiment planning, mathematical modeling and optimization methods. In addition, it is important to note that experimental research methods in woodworking play an important role.

To date, several studies have been conducted on the development of new models of milling cutters for processing wood and lumber. However, with the creation of new machines with digital control and the improvement of the design of milling tools, new research is needed related to the optimal and economical use of material and energy resources and the improvement of the technological mode of operation of equipment. Thus, it is possible to save foreign currency assets of enterprises, thereby replacing imports and increasing the competitiveness of manufactured products.

In the presented work, the results of experimental studies of a new design of a milling tool were obtained, which determined the effect of the axial rotation of the knife on power indicators when milling pine wood as the most common species in furniture woodworking enterprises. Research allowed to establish the maximum value of the axial angle, equal to 34° , at which the power consumption decreased by 41%.

Key words: power, axial angle, knife, experiment, installation.

For citation: Bolochko D. L., Grishkevich A. A. Results of experimental investigations effects of axis angle on milling power. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258), pp. 167–172 (In Russian).

Введение. Обработка древесины и пиломатериалов путем фрезерования остается важным технологическим процессом в столярной и мебельной промышленности. Существуют различ-

ные методы проведения экспериментов по изучению свойств дереворежущих инструментов [1]. Но большинство из них охватывают более одного изученного переменного параметра, который

влияет на интересующий нас показатель силы резания.

На процесс резания древесины на фрезерном станке влияет множество факторов:

1) факторы, связанные с изучаемым материалом (физико-механические свойства древесных пород – прочность на сжатие, трещины вдоль волокон, твердость, влажность, анизотропия и т. д.) [2];

2) факторы, связанные с режущим инструментом (геометрические параметры ножа, угол резания, марка стали и т. д.) [3];

3) режим резки или обработки (основная скорость перемещения, скорость подачи) [4].

Целью представленной работы является изучение влияния осевых углов на энергетические параметры процесса фрезерования с помощью испытательного прибора с возможностью изменения осевого угла.

Основная часть. Методика эксперимента характеризуется стремлением разумно скорректировать результаты в соответствии с целью исследования, получить максимум информации с помощью ограниченного числа тестов, а также правильно обработать и интерпретировать результаты [5].

Обработка древесины и пиломатериалов путем фрезерования остается важным технологическим процессом в строительной и мебельной промышленности. Существуют различные методы проведения экспериментов по изучению свойств дереворежущих инструментов [6]. Но большинство из них охватывает более одного изученного переменного параметра, который влияет на интересующий нас показатель силы резания.

В качестве объекта обработки принята древесина сосны как наиболее часто используемый материал при обработке на фрезерных станках. Образцы из древесины изготавливались в виде обрезных досок с габаритными размерами

1000×300×18 мм с плотностью древесины сосны 515 кг/м³. Влажность древесины $W = 8\text{--}12\%$. Для резца выбран твердый сплав ВК 8. Угол заострения резца 45°. Частота вращения шпинделя $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, диаметр фрезерования $D = 135 \text{ мм}$, скорость подачи $V_s = 6 \text{ м/мин}$, припуск $h = 4 \text{ мм}$. Переменным фактором выбран осевой угол λ .

В качестве экспериментальной установки был выбран шестишпиндельный четырехсторонний продольно-фрезерный станок Unimat 23EL [7] (рис. 1).

Четырехсторонний продольно-фрезерный станок предназначен для обработки плоских и профильных заготовок с четырех сторон в соответствии с поперечным сечением за один проход. Станок может использоваться для резки древесины с помощью пильного диска или многопрофильного блока. В этом случае поверхность бывает плоской или пленчатой. Этот метод используется для изготовления строительных изделий (доски пола, оконные переплеты, оконные и дверные рамы, фермы, паркет), изделий для облицовки автомобилей и кузовов автомобилей, панелей и брусков в контейнерах, деталей мебели из сетки, различных облицовочных поверхностей [8]. На продольно-фрезерных четырехсторонних станках калибруют доски – они придают им большую точность и улучшают качество поверхности [9].

Экспериментальный фрезерный инструмент устанавливается на правый вертикальный шпиндель станка Unimat 23EL при помощи крепления HSK (рис. 2). Ранее в работах [10–12] были произведены расчеты экспериментального инструмента по устойчивой работе держателя ножей и составлены расчетные схемы для определения сил, действующих в процессе работы. Результаты расчетов позволили сделать заключение о работоспособности экспериментальной фрезы.



а



б

Рис. 1. Экспериментальная установка на базе машины с ЧПУ Unimat 23EL: а – общий вид машины Unimat 23EL; б – блок управления машиной Unimat 23EL

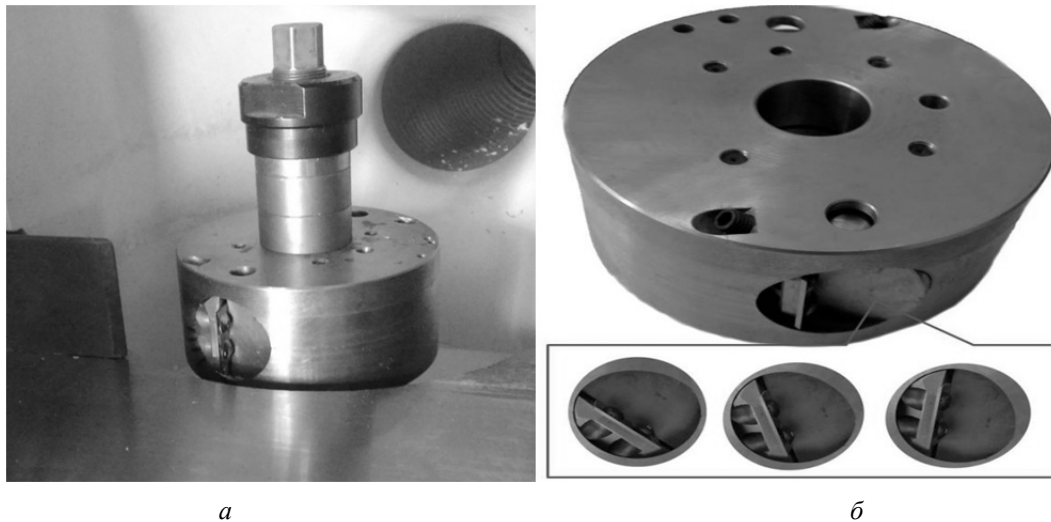


Рис. 2. Экспериментальный инструмент:
 а – крепление инструмента в машине; б – схема поворота ножа в осевом направлении

Четырехсторонний продольно-фрезерный станок с ЧПУ Unimat 23EL оснащен компьютеризированной системой для проведения исследований высокой точности. Позволяет получать значения текущей потребляемой на резание мощности электродвигателем (программа COMBIVIS 5) [13].

Установка угла производилась на стенде OptiControl. При помощи его можно осуществлять бесконтактный замер любых фрезерных инструментов для деревообрабатывающих станков (например, строгальных головок, фигурных ножевых головок, отрезных фрез, фрезерных рабочих органов).

Установка OptiControl состоит из чугунного основания 11, на котором крепится система базирования инструмента б (рис. 3) и оптическая система, которая с помощью шаговых двигателей или маховиков 2, 4 управляется по двум координатам в горизонтальной плоскости. Причем фокус оптической системы находится в горизонтальной плоскости, проходящей через ось вращения измерительного фрезерного инструмента, установленного на оправке 5. Подсветка на линзу проектора с матовым стеклом 8 осуществляется галогенной лампой 7. Визуальный контроль выставки в горизонтальной плоскости выполняется в радиальном и осевом направлениях с помощью панели визуализации 8 [14].

Крепление насадного фрезерного инструмента осуществляется консольно путем использования зажимного винта 10. Фиксация инструмента реализуется специальным фиксатором 9. Абсолютные и относительные координаты точки фокуса отображаются на электронных индикаторах радиального и осевого размеров 1 и 3.

Фиксация текущей потребляемой мощности производилась с пиктограммы «Осциллограф» (рис. 4).

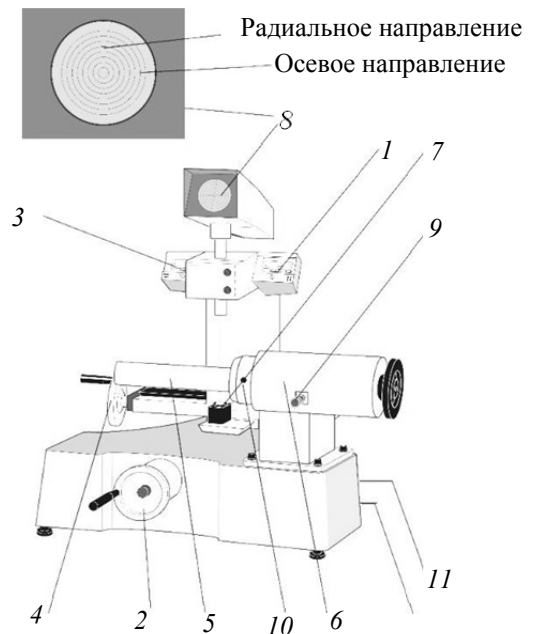


Рис. 3. Измерительный стенд OptiControl:
 1 – панель управления продольной осью;
 2 – маховик поперечной оси;
 3 – панель управления поперечной осью;
 4 – маховик продольной оси; 5 – оправка;
 6 – крепежная бабка; 7 – лампа;
 8 – панель визуализации; 9 – фиксатор поворота;
 10 – винт фиксатора оправки на установке;
 11 – станина установки

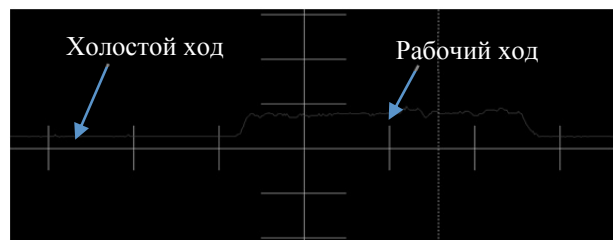


Рис. 4. Пиктограмма «Осциллограф»

Ниже в таблице представлены результаты проведения экспериментальных исследований, отражающие влияние осевого угла λ на мощность рабочего хода $P_{р.х}$ процесса фрезерования с учетом мощности, затрачиваемой на холостой ход $P_{х.х}$.

Результаты эксперимента

λ , град	h , мм	n , мин ⁻¹	V_s , м/мин	$P_{х.х}$, кВт	$P_{р.х}$, кВт
0	4	2000	6	0,15	0,41
10					0,36
20					0,30
30					0,27
32					0,25
34					0,24

Для наглядности результата исследования построим график зависимости осевого угла λ , град, от мощности фрезерования $P_{р.х}$, кВт (рис. 5).

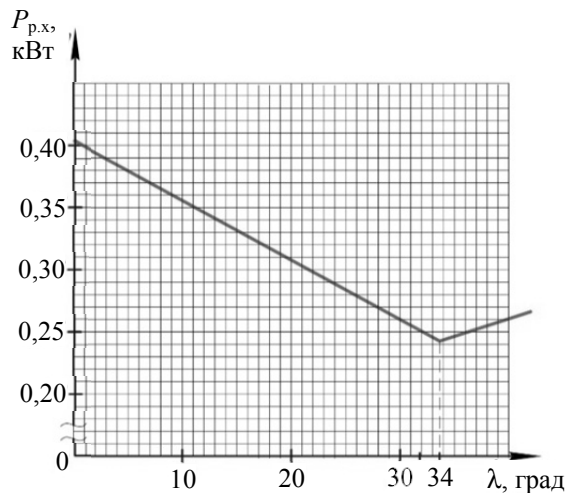


Рис. 5. График зависимости осевого угла λ от мощности фрезерования $P_{р.х}$

Как показано на графике мощность уменьшается до осевого угла 34° . Дальнейшее увеличение угла не ведет к уменьшению мощности, так как обрабатываемая поверхность приобретает профильную форму. В работе [15] рассмотрен способ получения криволинейных поверхностей прямыми ножами путем поворота ножа в осевом направлении.

Заключение. Разработанная методика проведения экспериментальных исследований и налаженная система регистрации лабораторной установки позволили в полной мере получить необходимые данные по определению мощности на резание при фрезеровании.

Графическое отображение результатов проведенных испытаний позволило установить, что изменение мощности на резание в зависимости от переменного фактора в плоском отображении носит приближенный к линейному характер.

Выполненные экспериментальные исследования позволили установить оптимальный осевой угол резания, при котором мощность процесса фрезерования является наименьшей ($\lambda = 34^\circ$).

Установлено, что при изменении осевого угла от 0 до 34° потребляемая мощность уменьшается на 41%. Это значительно снижает затраты на электроэнергию. При осевом повороте ножа, в зависимости от величины угла, увеличивается площадь поперечного сечения стружки, так как поверхность обработанной заготовки приобретает фасонную форму. Поэтому благодаря повороту ножа в осевом направлении можно получать криволинейную поверхность обрабатываемой заготовки ножами с прямолинейной режущей кромкой, а не использовать для этого различные конфигурации фрезерного инструмента, которые сложны в изготовлении и переподготовке.

Список литературы

1. Бершадский А. Л. Резание древесины. Минск: Выш. шк., 1975. 303 с.
2. Морозов В. Г. Дереворежущий инструмент. М.: Лесная пром-сть, 1974. 340 с.
3. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов: ГСССД 69–84. М.: Издательство стандартов, 1985. 30 с.
4. Воскресенский С. А. Резание древесины. М.: Гослесбумиздат, 1955. 200 с.
5. Горский В. Г. Планирование промышленных экспериментов. М.: Металлургия, 1974. 264 с.
6. Бершадский А. Л. Расчет режимов резания древесины. Минск: Выш. шк., 1966. 176 с.
7. Betriebsanleitung für Unimat 23EL. Klipphausen, Germany, 2008. 226 с.
8. Гаранин В. Н. Многооперационные системы деревообрабатывающих машин с числовым программным управлением. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2018. 157 с.
9. Гриневиц С. А. Конструкции деревообрабатывающего оборудования. Минск: БГТУ, 2016. 76 с.
10. Гришкевич А. А., Гаранин В. Н., Болочко Д. Л. Режимы эксплуатации рефлекторного фрезерного инструмента с подвижным держателем ножа // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 2 (210). С. 270–275.
11. Болочко Д. Л. Результаты теоретических исследований работы рефлекторного фрезерного инструмента с подвижным держателем ножа // 69-я научно-техническая конференция учащихся,

студентов и магистрантов: сборник научных работ, Минск, 2–13 апр. 2018 г.: в 4 ч. Ч. 1. Минск, 2018. С. 231–232.

12. Гришкевич А. А., Болочко Д. Л. Теоретические расчеты, определяющие устойчивость держателя ножа фрезерного инструмента на опоре скольжения в процессе эксплуатации // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы XIII Международ. евразийского симпозиума*, Екатеринбург, 18–21 сент. 2018 г. Екатеринбург, 2018. С. 155–160.

13. Гришкевич А. А., Гаранин В. Н. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Лабораторный практикум. Минск: БГТУ, 2014. 88 с.

14. Немецкое деревообрабатывающее оборудование // Официальное представительство немецкого концерна WEINIG AG. URL: <https://weinig.su/solidwood/dopolnitelnoe-oborudovanie/opticontrol.php> (дата обращения: 13.03.2022).

15. Технология применения фрезерного инструмента с прямыми ножами для изготовления криволинейных поверхностей / А. А. Гришкевич [и др.] // *Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов*. 2018. № 2 (210). С. 296–302.

References

1. Bershadskiy A. L. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1975. 303 p. (In Russian).

2. Morozov V. G. *Derevozhuschchiy instrument* [Wood-cutting tool]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1974. 340 p. (In Russian).

3. GSSSD 69–84. Wood. Indicators of physical and mechanical properties of small pure samples. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1985. 30 p. (In Russian).

4. Voskresenskiy S. A. *Rezaniye drevesiny* [Wood cutting]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1955. 200 p. (In Russian).

5. Gorskiy V. G. *Planirovaniye promyshlennykh eksperimentov* [Planning of industrial experiments]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1974. 264 p. (In Russian).

6. Bershadskiy A. L. *Raschet rezhimov rezaniya drevesiny* [Calculation of wood cutting modes]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 1966. 176 p. (In Russian).

7. Betriebsanleitung für Unimat 23EL. Klipphausen, Germany, 2008. 226 p. (In German).

8. Garanin V. N. *Mnogooperatsionnyye sistemy derevoobrabatyvayushchikh mashin s chislovyim programmnyim upravleniyem. Laboratornyy praktikum* [Multi-operational systems of woodworking machines with numerical control. Laboratory practice]. Minsk, BGTU Publ., 2018. 157 p. (In Russian).

9. Grinevich S. A. *Konstruktsii derevoobrabatyvayushchego oborudovaniya* [Constructions of woodworking equipment]. Minsk, BGTU Publ., 2016. 76 p. (In Russian).

10. Grishkevich A. A., Garanin V. N., Bolochko D. L. Operating modes of a reflex milling tool with a movable knife holder. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 2 (210), pp. 270–275 (In Russian).

11. Bolochko D. L. The results of theoretical studies of the work of a reflex milling tool with a movable knife holder. *69-ya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya uchaschchikhsya, studentov i magistrantov: sbornik nauchnykh rabot: v 4 chastyakh. Chast' 1* [69st Scientific and Technical Conference of students, undergraduates and undergraduates: collection of scientific papers. In 4 parts. Parts 1]. Minsk, 2018, pp. 231–232 (In Russian).

12. Grishkevich A. A., Bolochko D. L. Theoretical calculations that determine the stability of the knife holder of a milling tool on a sliding support during operation. *Derevoobrabotka: tekhnologii, oborudovaniye, menedzhment XXI veka: materialy XIII Mezhdunarodnogo evraziyskogo simpoziuma* [Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century: materials of the XIII International Eurasian Symposium]. Ekaterinburg, 2018, pp. 155–160 (In Russian).

13. Grishkevich A. A., Garanin V. N. *Mekhanicheskaya obrabotka drevesiny i drevesnykh materialov, upravleniye protsessami rezaniya. Laboratornyy praktikum* [Mechanical processing of wood and wood materials, control of cutting processes. Laboratory practice]. Minsk, BGTU Publ., 2014. 88 p. (In Russian).

14. German woodworking equipment. Available at: <https://weinig.su/solidwood/dopolnitelnoe-oborudovanie/opticontrol.php> (accessed 18.03.2022) (In Russian).

15. Grishkevich A. A., Garanin V. N., Anikeenko A. F., Bolochko D. L. Technology of using milling tools with straight knives for the manufacture of curved surfaces. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2018, no. 2 (210), pp. 296–302 (In Russian).

Информация об авторах

Болочко Дмитрий Леонидович – аспирант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dima.bolochko.94@mail.ru

Гришкевич Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

Information about the authors

Bolochko Dmitriy Leonidovich – PhD student, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dima.bolochko.94@mail.ru

Grishkevich Aleksandr Aleksandrovich – PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Поступила 18.03.2022

УДК 674.914:674.338

И. К. Клепацкий, В. В. Раповец

Белорусский государственный технологический университет

**ВЛИЯНИЕ ПОТЕРИ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕЗВИЯ НОЖА
ФРЕЗЕРНО-БРУСУЮЩЕГО СТАНКА НА КАЧЕСТВО ТОРЦЕВОГО
СРЕЗА ЭЛЕМЕНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ**

Эффективность измельчения круглого древесного сырья зависит от различных факторов, в частности – от износа ножей перерабатывающего оборудования. Износ ножей был определен в ходе долгосрочного исследования, проведенного на лесопильном заводе по переработке древесного сырья ОАО «Борисовский ДОК». Высокое качество древесной щепы позволяет получать целлюлозу высокого и однородного качества, в то время как низкое качество древесной щепы приводит к низкокачественной целлюлозе или даже к дорогостоящим производственным негативным последствиям.

Прямое изучение физического состояния исследуемых проб технологической щепы (микрофотографии торцевого среза) непосредственно свидетельствует о динамическом процессе потери технологической стойкости режущими кромками ножа. Также стоит учесть, что результат исследования может быть принят как эмпирическая модель. Допускаемые к реализации дополнительных исследований эмпирические модели должны в высокой степени охарактеризовать отслеживаемые параметры, а также подходить для прогнозирования выходных технологических параметров.

Данная статья предоставляет возможность непосредственной оценки влияния состояния режущих кромок лезвия ножа на геометрию микроструктуры элемента технологической щепы при фрезеровании древесины сосны малоножевыми торцово-коническими фрезами.

Ключевые слова: технологическая щепка, резание, нож, агрегатная обработка, стойкость, качество, фрезерно-брусующий станок.

Для цитирования: Клепацкий И. К., Раповец В. В. Влияние потери режущей способности лезвия ножа фрезерно-брусующего станка на качество торцевого среза элемента технологической щепы // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. №2 (258). С. 173–177.

I. K. Klepatski, V. V. Rapovets

Belarusian State Technological University

**INFLUENCE OF THE LOSS OF THE CUTTING ABILITY OF THE KNIFE
OF THE MILLING-CUTTER MACHINE ON THE QUALITY OF THE END CUT
OF THE ELEMENT OF TECHNOLOGICAL CHIPS**

The efficiency of grinding round wood raw materials depends on various factors, in particular, on the wear of the knives of the processing equipment. The wear of knives was determined in the course of a long-term study conducted at the sawmill for the processing of wood raw materials of OJSC Borisovskiy DOK. High quality wood chips result in a high and uniform quality pulp, while low quality wood chips result in poor quality pulp or even costly production downsides.

Direct study of the physical state of the studied samples of technological chips (microphotographs of the end cut) directly indicates the dynamic process of loss of technological resistance by the cutting edges of the knife. It is also worth taking into account that the result of the study can be taken as an empirical model. Empirical models allowed for the implementation of additional studies should characterize the monitored parameters to a high degree, and also be suitable for predicting output technological parameters.

This article provides an opportunity to directly assess the effect of the state of the cutting ability of a knife blade on the geometry of the microstructure of an element of technological chips during milling of pine wood with small-blade face-conical cutters.

Key words: technological chips, cutting, knife, aggregate processing, durability, quality, chipper-canter.

For citation: Klepatski I. K., Rapovets V. V. Influence of the loss of the cutting ability of the knife of the milling-cutter machine on the quality of the end cut of the element of technological chips. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258) pp. 173–177 (In Russian).

Введение. При комплексном подходе к переработке сырья на деревоперерабатывающих предприятиях необходимо включать в технологический процесс применение максимального объема древесных ресурсов, не исключая и отходы от основных этапов обработки. Проведенные исследования показали, что полное использование древесного материала напрямую связано с созданием экологических и безотходных производств [1–4]. Важным направлением использования круглого леса является технологическая щепка, которая имеет подходящее качество для переработки с применением варочных котлов и т. п., независимо от времени года, погодных условий и изменений в составе исходного сырья [5, 6]. Качество технологической щепки имеет первостепенное значение как для выхода полуфабриката при химическом производстве целлюлозы, так и для последующих этапов процесса [7, 8].

Основная часть. Промышленные испытания проводились на экспериментальной партии ножей из стали 6ХС, на фрезерно-брусующей линии LINK V25 фрезерно-брусующего станка LINK VS22 (ОАО «Борисовский ДОК», РБ), был получен ряд данных по динамике технологической стойкости лезвия ножа от объема переработанной древесины сосны [9]. Агрегатная линия позволяет попутно получать профилированный брус из сердцевинной зоны бревна и технологическую щепу из обалпола. Исходные данные проведенных экспериментальных исследований были следующими: объем обработанной древесины хвойных пород составил 2100 м³ и по составу 95% сосна, 5% ель, частота вращения малоножевых фрез 1090 мин⁻¹, скорость подачи 25 м/мин, время работы ножей без переточки 40 ч (5 рабочих смен). Производственные этапы переработки кругляка с получением технологической щепки представлены на рис. 1.

Цепной транспортер 1 подает окоренное бревно на фрезерно-брусующий узел перво-

го прохода 2, который служит для получения 2-кантного бруса и технологической щепы. Далее цепной транспортер 3 подает 2-кантный брус во фрезерно-брусующий узел второго прохода 4, который используется для получения 4-кантного бруса и технологической щепы. После этого цепной транспортер 5 перемещает брус в профилирующий агрегат 6, предназначенный для увеличения объемного выхода пиломатериалов из пиловочного сырья. Последняя операция происходит после загрузки цепным транспортером 7 пиломатериала в пильный агрегат 8, результатом переработки которого является обрезная доска.

Обе малоножевые сборные торцово-конические фрезы фрезерно-брусующего станка второго прохода (левая и правая, рис. 1 поз. 4) были оснащены тремя сборными модифицированными ножами [10] со следующими геометрическими параметрами: угол заточки длинного лезвия 36°, угол наклона кромки короткого лезвия 36°, угол наклона кромки длинного лезвия ножа +30°, угол наклона кромки короткого лезвия ножа 0°. Сборные ножи были переподготовлены следующим образом: радиус заточки режущих кромок составил 4–6 мкм; ножи установлены с необходимым смещением в корпусе фрезы с использованием специального шаблона и набора концевых мер.

С целью исследования качества торцевого среза щепы [11–13] в зависимости от состояния режущей кромки дереворежущего фрезерного инструмента были собраны образцы щепы из 5 смен работы инструмента. Для проведения работ на микроскопе были отобраны образцы элементов щепы, строго соответствующие ГОСТ 15815–83 [14], линейные размеры контролировались штангенциркулем с точностью ±0,1 мм. На рис. 2 представлена зависимость радиуса округления режущей кромки r , мкм, от пройденного суммарного пути резания $\sum l$, м.

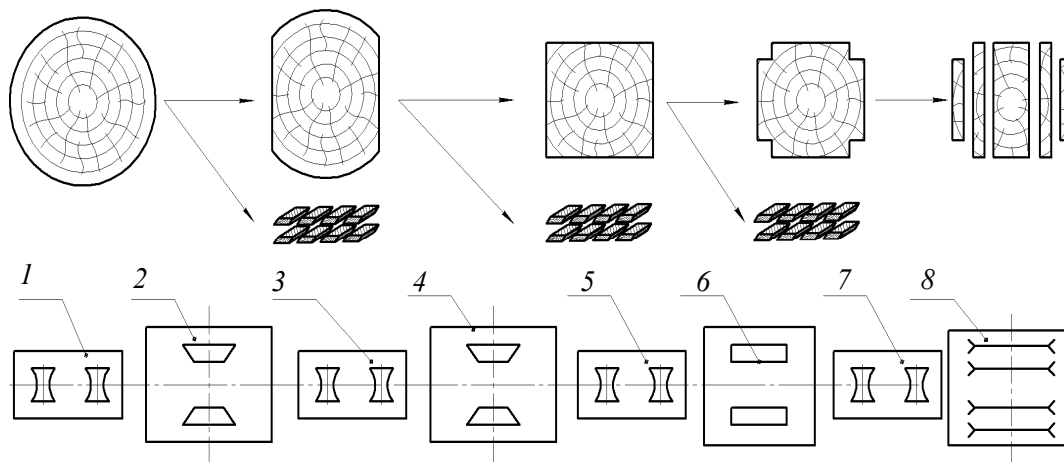


Рис. 1. Технологическая схема получения щепы на фрезерно-брусующей линии LINK V25

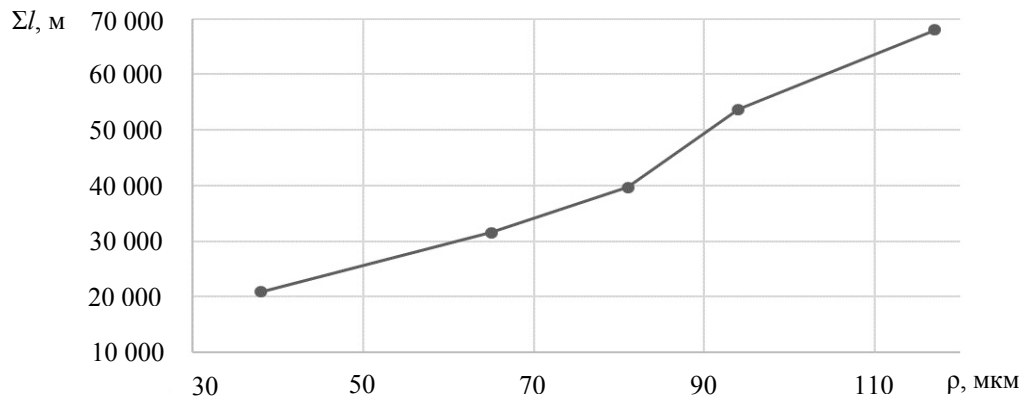


Рис. 2. Зависимость радиуса округления режущей кромки ρ , мкм, от пройденного суммарного пути резания Σl , м

Фотографии состояния образцов торца элементов технологической щепы в зависимости

от радиуса округления режущей кромки представлены на рис. 3–7.

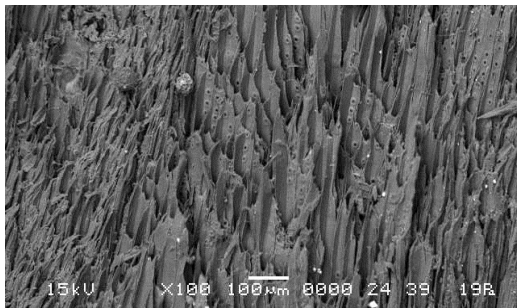


Рис. 3. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 38$ мкм)



Рис. 5. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 81$ мкм)

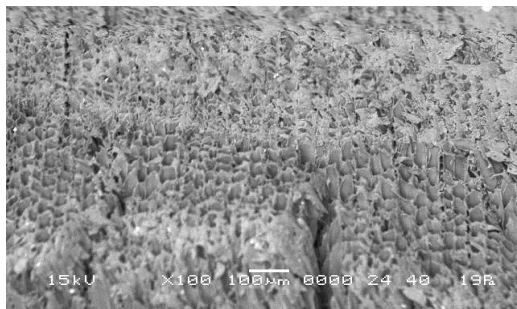


Рис. 4. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 65$ мкм)

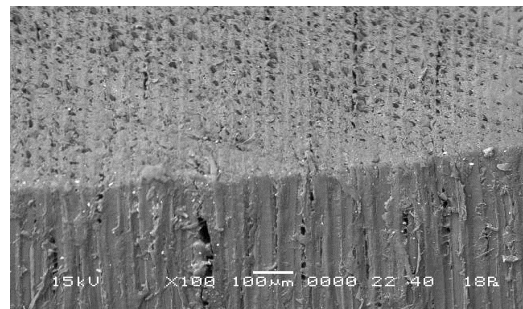


Рис. 6. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 94$ мкм)

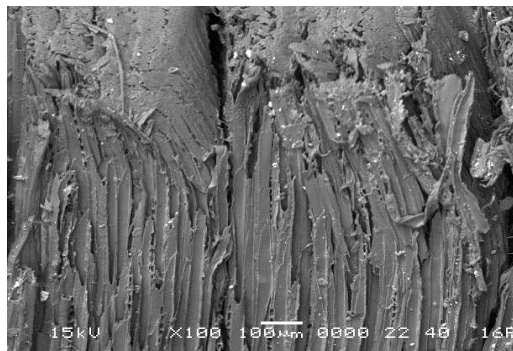


Рис. 7. Макрофотография торцевого среза технологической щепы ($\rho = 117$ мкм)

На представленных фотографиях показано, что радиус округления режущей кромки ножа во многом определяет качество торцевого среза элемента технологической щепы. С увеличением радиуса округления режущей кромки ножа структура среза торца щепы становится более заглаженной (закрытой), и при достижении критического ее значения торцевой срез получается полностью закрыт.

Заключение. Необратимость динамического процесса потери режущей способности [15] ножей приводит ко множеству негативных последствий, таких как увеличение сил резания и мощности, потребляемой на переработку древесного сырья, потеря потребительских качеств получаемой пилопродукции.

Технологическая щепка как полуфабрикат для большинства производств должна соответствовать определенным требованиям, предъяв-

ляемым к ней конечным переработчиком. Наиболее существенное влияние на выходные характеристики получаемой продукции, производимой из щепы, оказывают качество ее среза и геометрические размеры. Согласно ГОСТ 15815, торцы щепы должны быть без мятых кромок. В рамках данного исследования была возможность визуально оценить (рис. 3–7), какое влияние оказывает изменение радиуса округления режущей кромки на качество технологической щепы.

Повышение производительности фрезерного инструмента и улучшение качества производимой пилопродукции связано с совершенствованием его конструкции, оптимизацией режимов фрезерования, повышением износостойкости ножей и созданием новых современных методов контроля качества.

Список литературы

1. Коробов В. В. Переработка низкокачественного сырья (проблемы безотходной технологии). М.: Экология, 1991. 288 с.
2. Никишов В. Д. Комплексное использование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1985. 246 с.
3. Федоренчик А. С. Технология и оборудование комплексного использования древесины. Минск: БГТУ, 2003. 134 с.
4. Rezaei N., Lim C. Size, shape and flow characterization of ground wood chip and ground wood pellet particles // *Powder Technology*. 2016. Vol. 301. P. 137–146.
5. Kuptz D., Hartmann H. Influence of tree species and machine settings on chip quality and specific energy consumption of a stationary drum chipper // *Biomass and Bioenergy*. 2021. Vol. 155. P. 296–305.
6. Facello A., Cavallo E. The effect of knife wear on chip quality and processing cost of chestnut and locust fuel wood // *Biomass and Bioenergy*. 2013. Vol. 59. P. 468–476.
7. Ding F. Wood chip physical quality definition and measurement // *Pulp and Paper Canada*. 2005. Vol. 106. P. 23–32.
8. Timmerfors J. The impact of using different wood qualities and wood species on chips produced using a novel type of pilot drum chipper // *Nordic Pulp & Paper Research*. 2021. Vol. 36. P. 214–226.
9. Клепацкий И. К., Раповец В. В. Динамика потери режущей способности лезвий малоножевых фрез при агрегатной переработке древесины // *Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов*. 2019. № 2. С. 298–303.
10. Сборный нож для деревообработки: патент BY 12435 / И. К. Клепацкий, В. В. Раповец. Оpubл. 24.01.2020.
11. Раповец В. В. Комплексная обработка древесины фрезами со спиральным расположением сборных двухлезвийных ножей, обеспечивающая качество продукции и снижение энергозатрат: дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2011. 206 л.
12. Spinelli R., Eliasson L. Increasing wood fuel processing efficiency by fine-tuning chipper settings // *Fuel Processing Technology*. 2016. Vol. 151. P. 126–130.
13. Spinelli R., Glushkov S. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost // *Biomass and Bioenergy*. 2014. Vol. 62. P. 117–122.
14. Щепка технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–83. М.: Изд-во стандартов, 1983. 14 с.
15. Lev J., Křepčík V. Electrical Capacitance Characteristics of Wood Chips at Low Frequency Ranges: A Cheap Tool for Quality Assessment // *Sensors*. 2021. Vol. 21. P. 17–21.

References

1. Korobov V. V. *Pererabotka nizkokachestvennogo syr'ya (problemy bezotkhodnoy tekhnologii)* [Processing of low-quality raw materials (problems of non-waste technology)]. Moscow, Ecology Publ., 1991. 288 p. (In Russian).
2. Nikishov V. D. *Kompleksnoye ispol'zovaniye drevesiny* [Comprehensive use of wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1985. 246 p. (In Russian).

3. Fedorenchik A. S. *Tekhnologiya i oborudovaniye kompleksnogo ispol'zovaniya drevesiny* [Technology and equipment for the integrated use of wood]. Minsk, BGTU Publ., 2003. 134 p. (In Russian).
4. Rezaei H., Lim C. Size, shape and flow characterization of ground wood chip and ground wood pellet particles. *Powder Technology*, 2016, vol. 301, pp. 137–146.
5. Kuptz D., Hartmann H. Influence of tree species and machine settings on chip quality and specific energy consumption of a stationary drum chipper. *Biomass and Bioenergy*, 2021, vol. 155, pp. 296–305.
6. Facelloa A., Cavalloa E. The effect of knife wear on chip quality and processing cost of chestnut and locust fuel wood. *Biomass and Bioenergy*, 2013, vol. 59, pp. 468–476.
7. Ding F. Wood chip physical quality definition and measurement. *Pulp and Paper Canada*, 2005, vol. 106, pp. 23–32.
8. Timmerfors J. The impact of using different wood qualities and wood species on chips produced using a novel type of pilot drum chipper. *Nordic Pulp & Paper Research*, 2021, vol. 36, pp. 214–226.
9. Klepatskiy I. K., Rapovets V. V. Dynamics of the loss of the cutting ability of the blades of small-knife cutters during the aggregate processing of wood. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources, 2019, no. 2, pp. 298–303 (In Russian).
10. Klepatskiy I. K., Rapovets V. V. Combined knife for woodworking. Patent BY 12435, 2020 (In Russian).
11. Rapovets V. V. *Kompleksnaya obrabotka drevesiny frezami so spiral'nym raspolozheniyem sbornykh dvukhlezviyuykh nozhey, obespechivayushchaya kachestvo produktsii i snizheniye energozatrat. Dissertatsiya kandidata tekhnicheskikh nauk* [Complex processing of wood with cutters with a spiral arrangement of prefabricated two-blade knives, ensuring product quality and reducing energy costs. Dissertation Phd (Engineering)]. Minsk, 2011. 206 p. (In Russian).
12. Spinelli R., Eliasson L. Increasing wood fuel processing efficiency by fine-tuning chipper settings. *Fuel Processing Technology*, 2016, vol. 151, pp. 126–130.
13. Spinelli R., Glushkov S. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost. *Biomass and Bioenergy*, 2014, vol. 62, pp. 117–122.
14. GOST 15815-83. Technological chips. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1983. 14 p. (In Russian).
15. Lev J., Křepčík V. Electrical Capacitance Characteristics of Wood Chips at Low Frequency Ranges: A Cheap Tool for Quality Assessment. *Sensors*, 2021, vol. 21, pp. 17–21.

Информация об авторах

Клепашкий Игорь Казимирович – ассистент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lucky-35@mail.ru

Раповец Вячеслав Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: slavyan_r@mail.ru

Information about the authors

Klepatski Ihar Kazimiravich – assistant lecturers, the Department of Automation of Industrial Processes and Electrical Engineering. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lucky-35@mail.ru

Rapovets Vyacheslav Valer'yevich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: slavyan_r@mail.ru

Поступила 10.03.2022

УДК 621.934

Т. А. Машорипова, А. Ф. Аникеенко

Белорусский государственный технологический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА
СВЕРЛЕНИЯ ДСтП СПИРАЛЬНЫМИ СВЕРЛАМИ
С РАЗЛИЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Статья описывает влияние технологических параметров сверления древесностружечных плит сверлильным инструментом на мощностные характеристики. Исследования показали, что при увеличении диаметра сверла и подачи на резец мощность, затрачиваемая на резание, растет. Чтобы получить технологические режимы, отвечающие современным требованиям к качеству и производительности, было решено провести несколько экспериментов.

Объектами исследования являлись технологические режимы сверления ламинированных древесностружечных плит.

Основная цель проводимых исследований в рамках данной работы – выполнение эксперимента на машине с ЧПУ на основе изученных зависимостей технологических режимов от состояния кромки отверстия и энергозатрат процесса сверления древесных материалов, позволяющих обеспечить требуемое качество при неизменно высокой производительности процесса и оптимальном энергопотреблении.

В процессе выполнения работы проводились экспериментальные исследования, в результате которых были получены реальные зависимости технологических режимов от качества и энергопотребления.

Ряд экспериментов был проведен с использованием методов математического планирования, которые позволяют создать надежную модель процесса сверления с учетом его качества и прочности. Размер скорости подачи, подачи на зуб и диаметр инструмента для каждого резца выбираются как переменные факторы.

Ключевые слова: мощность, параметры, древесностружечная плита, сверление, сверло.

Для цитирования: Машорипова Т. А., Аникеенко А. Ф. Исследование мощностных характеристик процесса сверления ДСтП спиральными сверлами с различными технологическими параметрами // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2022. № 2 (258). С. 178–183.

T. A. Mashoripova, A. F. Anikeenko

Belarusian State Technological University

**INVESTIGATION OF THE POWER CHARACTERISTICS OF THE CHIPBOARD DRILLING
PROCESS WITH SPIRAL DRILLS WITH VARIOUS TECHNOLOGICAL PARAMETERS**

The article describes the influence of the technological parameters of drilling particle boards with a drilling tool on the power characteristics. Studies have shown that with an increase in the diameter of the drill and the feed to the cutter, the power spent on cutting increases.

In order to obtain technological modes that meet modern requirements for quality and performance, it was decided to conduct several experiments.

The objects of the study were the technological modes of drilling laminated chipboard.

The main purpose of the conducted research within the framework of this work is to conduct an experiment on a CNC machine based on the studied dependencies of technological modes on the quality and energy consumption of the drilling process of wood materials, which allow to ensure the required quality with consistently high process performance and optimal energy consumption.

The method of carrying out the work – in the process of carrying out the work, experimental studies were carried out in order to obtain real dependencies of technological modes on quality and energy consumption.

A number of experiments were carried out using mathematical planning methods, which make it possible to create a reliable model of the drilling process taking into account its quality and strength. The size of the feed rate, feed per tooth, and tool diameter for each cutter are selected as variable factors.

Key words: power, parameters, particle board, drilling, drill.

For citation: Mashoripova T. A., Anikeenko A. F. Investigation of the power characteristics of the chipboard drilling process with spiral drills with various technological parameters. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2022, no. 2 (258). pp. 178–183 (In Russian).

Введение. Теоретические исследования всегда являются приближенными и не учитывают всех факторов, которые влияют на переменную величину.

Как правило, экспериментальное решение инженерных задач сводится к нахождению закономерностей влияния входных переменных факторов процесса на выходные показатели. Полученные закономерности позволяют оценить воздействие входных переменных, что дает возможность в дальнейшем управлять технологическим процессом, делая его оптимальным [1].

Важными характеристиками инструмента, влияющими на качество обработки, силу и мощность резания, являются угол наклона винтовой канавки ϵ , угол подъема винтовой канавки τ , диаметр сверла D и угол при вершине 2ϕ (рис. 1). Распределение давления на лезвии сверла представлено на рис. 2 [2].

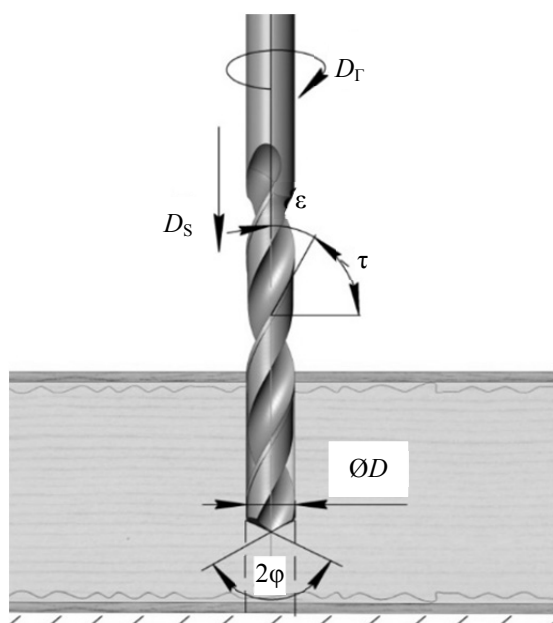


Рис. 1. Схема обработки сверлением

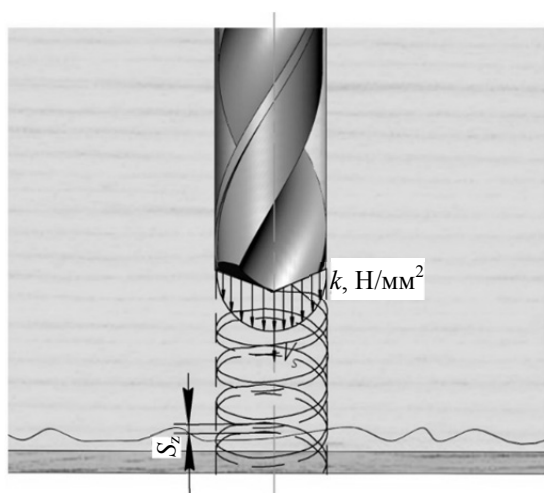


Рис. 2. Распределение давления на лезвии сверла

Основная часть. Цель исследования – определение мощности, затрачиваемой на резание при сверлении ДСтП спиральными сверлами различного диаметра с различной подачей на резец.

Основополагающими технологическими режимами, влияющими на качество обработки и энергетические показатели, являются: скорость подачи и скорость главного движения, которые напрямую влияют на кинематический угол η , определяющий кинематические задний и передний углы. В связи с этим одной из наиболее вероятных причин появления сколов является изменение заднего угла, который уменьшается от края к оси вращения и становится нулевым на оси вращения [3]. Согласно источнику [4], при применении средних диаметров можно добиться снижения мощности за счет уменьшения заднего кинематического угла на 5° .

Технологические режимы сверления должны составлять (по Цуканову Ю. А. и Грубе А. Э. [2, 5]):

- при обработке древесины и древесных материалов спиральными сверлами из инструментальных сталей $S_z = 0,15-0,8$ мм;
- при сверлении спиральными сверлами, оснащенными пластинами из твердого сплава, $S_z = 0,8-1,2$ мм;
- при обработке сверлами других типов $S_z = 1,0-2,0$ мм.

Технологические режимы сверления, согласно Глебову И. Т. [6], заключаются в следующем:

- для получения при сверлении поверхностей с шероховатостью $R_{z\max} = 60-320$ мкм (по ГОСТ 7016-82) подача на один зуб $S_{об} = 0,7-2,2$ мм при сверлении мягких пород древесины и $S_{об} = 0,1-0,5$ мм при сверлении твердых пород;
- допустимая глубина сверления за один проход $t \leq (1-5)D$.

Исследования по технологическим режимам эксплуатации машин с числовым программным управлением являются актуальными в настоящее время и востребованными на деревообрабатывающих производствах нашей республики.

Количество оборотов сверла значительно влияет на температурный режим сверления, т. е. при максимальном числе оборотов возможен перегрев и даже прижигание стенок внутри отверстия. Это нежелательно, поскольку снижает износостойкость инструмента и ухудшает качество сверления. Согласно специальному исследованию, с этой точки зрения наилучшим числом оборотов является 2880 мин^{-1} .

Рациональные режимы резания при сверлении, рекомендуемые ведущими производителями дереворежущего инструмента [7–13], можно выбрать из диаграммы (рис. 3).

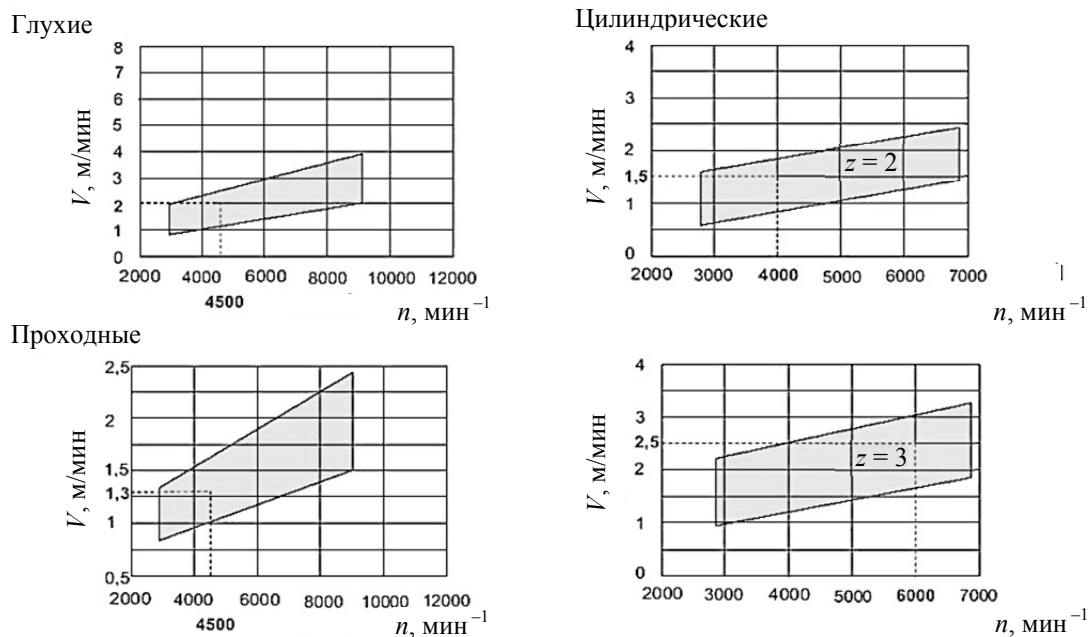


Рис. 3. Диаграмма числа оборотов

Мощность P , кВт, затрачиваемую на резание при сверлении ДСтП, определим по формуле [14]

$$P = K \frac{D \cdot \Delta \cdot V}{4 \cdot 1000}, \quad (1)$$

где K – среднее условное давление резания, Дж/см³; D – диаметр сверла, мм; Δ – подача на один оборот, мм; V – скорость резания, м/с.

Подачу на один оборот определим по формуле

$$\Delta = S_z \cdot z, \quad (2)$$

где S_z – подача на резец, $S_z = 0,2$ мм; z – число резцов, $z = 2$.

Тогда подача на один оборот составит

$$\Delta = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ мм.}$$

Скорость резания определим по формуле

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad (3)$$

где D – диаметр сверла, $D = 25$ мм; n – частота вращения вала, $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ [15].

Таким образом, можем найти скорость резания:

$$V = \frac{3,14 \cdot 25 \cdot 3000}{60 \cdot 1000} = 3,925 \text{ м/с.}$$

По таблице 17.3 [14] для сверла диаметром $D = 25$ мм и подачи на резец $S_z = 0,2$ мм выбираем значение среднего условного давления резания $K = 35,1$ Дж/см³. И тогда мощность составит

$$P = \frac{35,1 \cdot 25 \cdot 0,4 \cdot 3,925}{4 \cdot 1000} = 0,34 \text{ кВт.}$$

Результаты расчета мощности, затраченной на резание при различных подачах на резец, представлены в табл. 1.

Экспериментальные исследования проводились на базе обрабатывающего центра с числовым программным управлением Rover В 4.3. Результаты представлены в табл. 2.

При выполнении экспериментальной части работ проведено четыре серии опытов с применением спиральных сверл разного диаметра и сверлением с различными подачами на резец.

Таблица 1

Расчетные значения мощности, затрачиваемой на резание

Подача на резец S_z , мм	Мощность P , кВт, при диаметре сверла D , мм			
	25	20	15	10
0,2	0,34	0,28	0,18	0,10
0,3	0,41	0,32	0,21	0,12
0,4	0,48	0,37	0,26	0,15
0,5	0,56	0,44	0,31	0,18
0,6	0,63	0,50	0,36	0,21

Таблица 2

Экспериментальные значения мощности, затрачиваемой на резание

Подача на резец S_z , мм	Мощность P , кВт, при диаметре сверла D , мм			
	25	20	15	10
0,2	0,31	0,25	0,15	0,10
0,3	0,39	0,30	0,20	0,11
0,4	0,44	0,34	0,24	0,13
0,5	0,54	0,42	0,30	0,16
0,6	0,63	0,48	0,34	0,20

Исследования показали, что при увеличении диаметра сверла и подачи на резец мощность, затрачиваемая на резание, растет. В свою очередь, значения мощности, полученные в результате расчета и экспериментальным путем, различаются не существенно. Поэтому для расчета мощности при сверлении ДСтП можно воспользоваться существующей методикой, изложенной в пособии [14], с которой довольно

точно можно определить мощности при сверлении.

Для наглядного сравнения на рис. 4 приведены графики изменения энергозатрат на мощность резания в зависимости от подачи на зуб при использовании сверл разного диаметра. Графики построены на основании значений, полученных по результатам расчетов и установленных экспериментально.

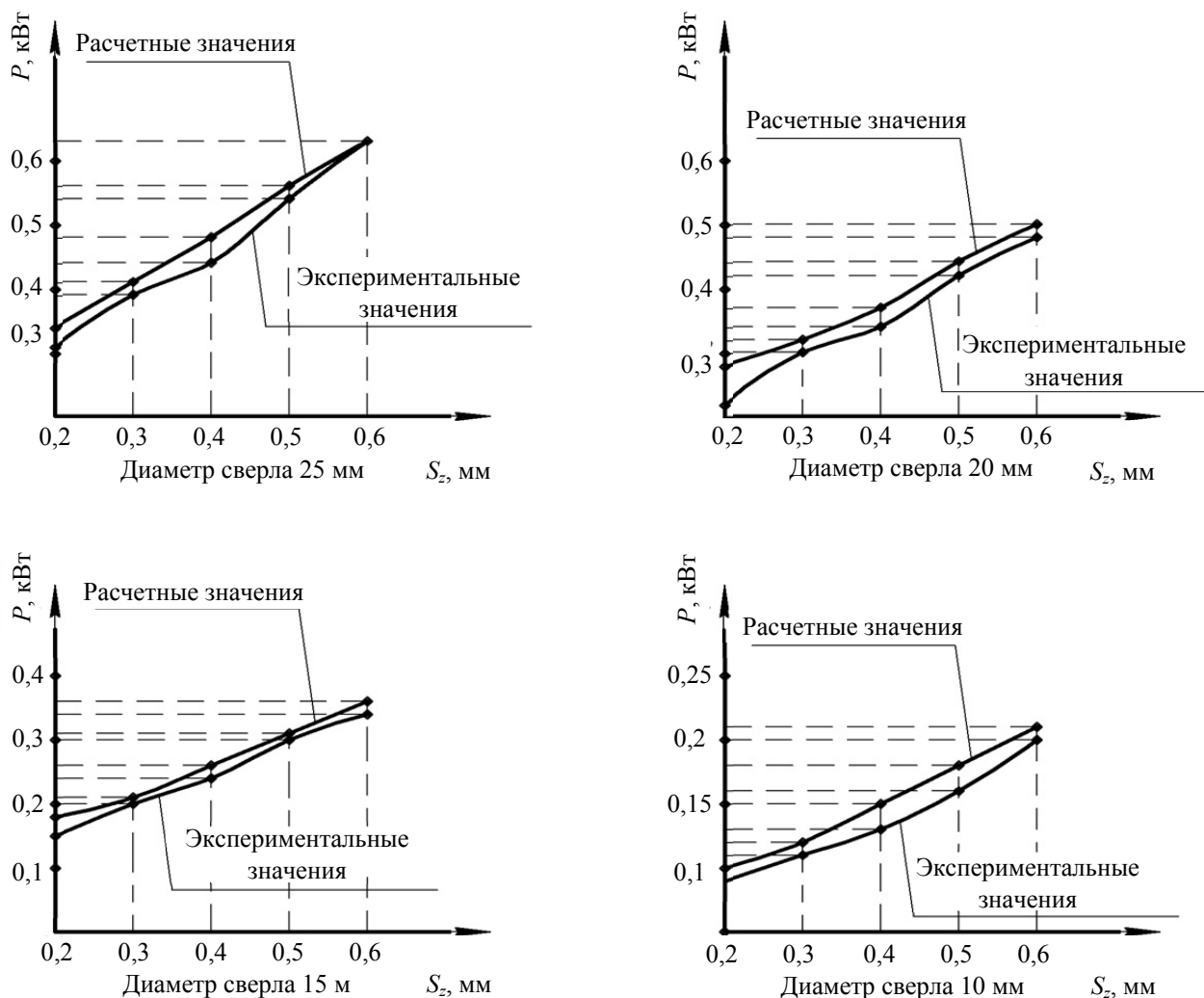


Рис. 4. Графики изменения энергозатрат на мощность резания в зависимости от подачи на зуб при использовании сверл разного диаметра

Заключение. При проведении научно-исследовательской работы были исследованы технологические режимы сверления ламинированных ДСтП с целью определения зависимости их влияния на качество получаемых отверстий с учетом энергоемкости процесса. Также при проведении экспериментальных исследований были получены фактические зависимости технологических режимов от качества и энергопотребления, на основе которых возможно разработать специальные алгоритмы управления машин с ЧПУ, позволяющие обеспечить требуемое качество при неизменно высокой производительности процесса и оптимальном энергопотреблении. К настоящему времени проведен ряд исследований по вопросам разработок новых конструкций сверл для обработки древесины и древесных материалов. Однако с созданием новых машин с числовым программным управлением и усовершенствованных конструкций сверлильного инструмента появляется необходимость проведения новых исследований, свя-

занных с рациональным и экономным использованием материальных и энергетических ресурсов, совершенствованием технологических режимов работы оборудования. Это позволяет экономить валютные средства предприятий и, как следствие, осуществлять импортозамещение, повышать конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Получение выходных данных и их обработка осуществляются с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Существующие сверлильные инструменты, предназначенные для обработки древесины твердых и мягких пород, плитных материалов, имеют один существенный недостаток: они предназначены для обработки только конкретного вида материала на определенных технологических режимах.

Исследования по технологическим режимам эксплуатации машин с числовым программным управлением являются актуальными в настоящее время и востребованными на деревообрабатывающих производствах нашей республики.

Список литературы

1. Пижурин А. А., Розенблит М. С. Исследования процессов деревообработки. М.: Лесная пром-сть, 1984. 232 с.
2. Грубе А. Э. Дереворежущие инструменты. М.: Лесная пром-сть, 1971. 339 с.
3. Бершадский А. Л. Расчет режимов резания древесины. Минск: Выш. шк., 1966. 176 с.
4. Аникеенко А. Ф., Гришкевич А. А., Гаранин В. Н. Влияние элементов режима сверления ламинированных древесностружечных плит на качество поверхности // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2017. № 2 (198). С. 391–394.
5. Цуканов Ю. А., Амалицкий В. В. Обработка резанием древесностружечных плит. М.: Лесная пром-сть, 1966. 94 с.
6. Глебов И. Т. Сверление древесины и древесных материалов. СПб.: Лань, 2018. 112 с.
7. Сверлильный инструмент // Инструменты, дерево и пластик. URL: https://www.leuco.com/RU/RU/Boring_Bits (дата обращения: 22.03.2021).
8. Сверла // Деревообрабатывающий инструмент LEITZ. URL: <https://leitz.by/index.pl?act=SECTION§ion=sverla> (дата обращения: 10.03.2022).
9. Сверла // Дереворежущий инструмент FABA. URL: <https://faba78.ru/products/category/sverla> (дата обращения: 10.03.2022).
10. Сверла для присадочных станков // Деревообрабатывающий инструмент Freud-catalog. URL: <http://freud-catalog.ru/catalog/376/692/index.htm> (дата обращения: 10.03.2022).
11. Сверла для деревообработки // КАМИ – металлообрабатывающее, деревообрабатывающее оборудование, станки для мебельного производства, запасные части и инструмент. URL: <https://www.stanki.by/catalog/svyerla/> (дата обращения: 10.03.2022).
12. Сверла спиральные дереворежущие. Технические условия: ГОСТ 22057–76. М.: Изд-во стандартов, 1978. 21 с.
13. Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Технические условия: ГОСТ 10902–77*. М.: Изд-во стандартов, 1979. 23 с.
14. Гришкевич А. А. Механическая обработка древесины и древесных материалов, управление процессами резания. Минск: БГТУ, 2012. 109 с.
15. Руководство по эксплуатации программного обеспечения Biesse Application for XNC 2. Пересмотр: 2.2. Русский экз. Пезаро: Завод деревообрабатывающего оборудования «BIESSE», 1999. 221 с.

References

1. Pizhurin A. A., Rozenblit M. S. *Issledovaniya protsessov derevoobrabotki* [Studies of woodworking processes]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1984. 232 p. (In Russian).

2. Grube A. E. *Derevozhezhuschchye instrumenty* [Woodworking tools]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 339 p. (In Russian).
3. Bershadskiy A. L. *Raschet rezhimov rezaniya drevesiny* [Computation of cutting wood]. Minsk, Vysheyschaya shkola Publ., 1966. 176 p. (In Russian).
4. Anikeenko A. F., Grishkevich A. A., Garanin V. N. The influence of the elements of the mode of drilling laminated chipboard on the surface quality. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], issue 1, Forestry. Nature management. Processing of Renewable Resources, 2017, no. 2 (198), pp. 391–394 (In Russian).
5. Tsukanov Yu. A., Amalitskiy V. V. *Obrabotka rezaniyem drevesnostruzhechnykh plit* [Chipboard cutting]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1966. 94 p. (In Russian).
6. Glebov I. T. *Sverleniye drevesiny i drevesnykh materialov* [Drilling of wood and wood materials]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2018. 112 p. (In Russian).
7. Drilling tools. Available at: https://www.leuco.com/RU/RU/Boring_Bits (accessed 10.03.2022) (In Russian).
8. Drills. Available at: <https://leitz.by/index.pl?act=SECTION§ion=sverla> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
9. Drills. Available at: <https://faba78.ru/products/category/sverla> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
10. Drill bits for filler machines. Available at: <http://freud-catalog.ru/catalog/376/692/index.htm> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
11. Drills for woodworking. Available at: <https://www.stanki.by/catalog/svyerla/> (accessed 10.03.2022) (In Russian).
12. GOST 22057–76. Wood-cutting spiral drills. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1978. 21 p. (In Russian).
13. GOST 10902–77. Spiral drills with a cylindrical shank. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1979. 23 p. (In Russian).
14. Grishkevich A. A. *Mekhanicheskaya obrabotka drevesiny i drevesnykh materialov, upravleniye protsessami rezaniya* [Mechanical processing of wood and wood materials, control of cutting processes]. Minsk, BGTU Publ., 2012. 109 p. (In Russian).
15. *Rukovodstvo po ekspluatatsii programmnogo obespecheniya "Biesse Application for XNC 2"* [Operating manual of the Biesse Application for XNC 2 software]. Revision: 2.2. Pesaro, BIESSE Woodworking Equipment Factory, 1999. 221 p. (In Russian).

Информация об авторах

Машорипова Татьяна Александровна – аспирант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: t.a.mashoripova@mail.ru

Аникеенко Андрей Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

Information about the authors

Mashoripova Tatiana Aleksandrovna – PhD student, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: t.a.mashoripova@mail.ru

Anikeenko Andrey Fedorovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Поступила 16.03.2022

СОДЕРЖАНИЕ

УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСАМИ, ЛЕСОУСТРОЙСТВО И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	5
Минкевич С. И., Демид Н. П., Коцан В. В., Севрук П. В., Балакир М. В. Таксация и хозяйственный учет заготовленных круглых лесоматериалов: история и современность	5
Севко О. А., Коцан В. В. Зависимость радиального прироста сосны и ели от изменения пространственной структуры сложного древостоя	20
ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЛЕСОВОДСТВО.....	27
Комар А. Ю. Геобатанічная характарыстыка хваёвых балотных фітацэнозаў заказніка «Налібоцкі» ва ўмовах дэградацыі асушальных сістэм	27
Рожков Л. Н., Ерошкина И. Ф., Шатравко В. Г. Динамика формации сосновых лесов (<i>Pineta silvestriae</i>) Республики Беларусь.....	37
Старикова Л. И., Ермохин М. В., Ивкович В. С., Зимницкий В. А. Направление естественных сукцессий в высоковозрастных повислоберезовых лесах (на примере Березинского заповедника).....	49
Углянец А. В., Гарбарук Д. К., Шумак С. В. Динамика и продуктивность дубрав в условиях отсутствия хозяйственной деятельности на юго-востоке Белорусского Полесья	55
ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ.....	67
Беспалый А. А., Соколовский И. В. Прирост дуба черешчатого по высоте в лесных культурах национального парка «Припятский»	67
Носников В. В., Юрениа А. В., Селищева О. А., Граник А. М., Атам М. Динамика показателей влажности субстрата в зависимости от дозы внесения смачивателя.....	72
Юрениа А. В., Якимов Н. И., Селищева О. А., Граник А. М., Юрениа Е. Г. Изменение почвенно-грунтовых условий под влиянием различных видов древесной растительности илового пруда УП «Минскводоканал»	79
ЛЕСОЗАЩИТА И САДОВО-ПАРКОВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО.....	86
Малевич А. М., Шпитальная Т. В. Изучение фенологических особенностей магнолий (<i>Magnolia L.</i>) в условиях Беларуси.....	86
ТУРИЗМ И ЛЕСОХОТНИЧЬЕ ХОЗЯЙСТВО	94
Андреева В. Л. Оценка аттрактивности ресурсов учебно-экологических троп	94
Бессараб Д. А. К вопросу об использовании потенциала музея валунов для развития экологического туризма на урбанистических территориях	105
Гордей Д. В., Морозов О. В. Особенности габитуса межвидовых гибридов голубики (<i>Vaccinium corymbosum L.</i> (Spartan, Duke) ♀ × <i>Vaccinium angustifolium Ait.</i> ♂), культивируемых на верховом торфянике Белорусского Поозерья	109
Юшкевич Н. Т., Козорез А. И. Лесная рекреация как экономически привлекательный и самостоятельный вид лесопользования.....	119
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ.....	125
Ким Ю. А., Насковец М. Т., Жарков Н. И., Гиль В. И. Повышение проходимости колесных машин за счет регулирования давления воздуха в шинах	125

Панкратович А. С., Протас П. А. Методы оценки влияния размещения технологических элементов лесосеки на производительность форвардера	130
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ	137
Игнатович Л. В., Гордиевич Е. И. Анализ комплексных оценок качества, влияющих на анатомический и ортопедический эффекты при проектировании мягкой мебели.....	137
Гайдук С. С., Прохорчик С. А., Ручкина Е. В. Особенности производства деревянных разделочных досок.....	148
Невзорова А. Б., Савельев Ю. В. Работоспособность ступицы дискового почвообрабатывающего агрегата с подшипником из модифицированной древесины	155
ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА	162
Гриневич С. А., Гришкевич А. А. Уруго-пластическая деформация осей когтевых завес	162
Болочко Д. Л., Гришкевич А. А. Результаты экспериментальных исследований влияния осевого угла на мощность фрезерования.....	167
Клепацкий И. К., Раповец В. В. Влияние потери режущей способности лезвия ножа фрезерно-брусующего станка на качество торцевого среза элемента технологической щепы	173
Машорипова Т. А., Аникеенко А. Ф. Исследование мощностных характеристик процесса сверления ДСтП спиральными сверлами с различными технологическими параметрами	178

CONTENTS

FOREST MANAGEMENT, FOREST INVENTORY AND INFORMATION SYSTEMS IN FORESTRY	5
Minkevich S. I., Demid N. P., Kotsan V. V., Sevruck P. V., Balakir M. V. Measurements and accounting of harvested round wood: history and present.....	5
Sevko O. A., Kotsan V. V. Dependence of the radial growth of pine and spruce from changes in spatial structure complex stand.....	20
FOREST ECOLOGY AND SILVICULTURE	27
Komar A. Yu. Geobotanical characteristics of pine phytocenoses on raised bogs of the Naliboksky Nature Reserve in conditions of degradation of drainage systems.....	27
Rozhkov L. N., Eroshkina I. F., Shatravko V. G. Dynamics of formation of pine forests (<i>Pineta-silvestriae</i>) of the Republic of Belarus.....	37
Starikova L. I., Yermokhin M. V., Ivkovich V. S., Zimnitskiy V. A. Natural successions in high-age silver birch forests (on the example of the Berezinsky Reserve).....	49
Uglyanets A. V., Garbaruk D. K., Shumak S. V. Dynamics and productivity of oak forests in the absence of economic activities in the south-east of the Belarusian Polesye.....	55
FOREST REGENERATION AND FOREST GROWING.....	67
Bespalyy A. A., Sokolovskiy I. V. The growth of the petiolate oak in height in forest crops Pripyatsky National Park.....	67
Nosnikov V. V., Yurenaya A. V., Selishcheva O. A., Granik A. M., Alam M. Dynamics of substrate humidity indicators depending on the dose of wetting agent.....	72
Yurenaya A. V., Yakimov N. I., Selishcheva O. A., Granik A. M., Yurenaya E. G. Changes in soil and ground conditions under the influence various types of woody vegetation pond UE "Minskvodokanal".....	79
FOREST PROTECTION AND LANDSCAPING.....	86
Malevich A. M., Shpitalnaya T. V. The study of the phenological features of magnolias (<i>Magnolia</i> L.) in the conditions of Belarus.....	86
TOURISM AND FOREST HUNTING.....	94
Andreeva V. L. Assessment of the attractiveness of educational and ecological trails resources.....	94
Bessarab D. A. To the question of using the potential of the Boulder Museum for the development of ecological tourism in urban areas.....	105
Gordey D. V., Morozov O. V. Features of the habitus of interspecific blueberry hybrids (<i>Vaccinium corymbosum</i> L. (Spartan, Duke) ♀ × <i>Vaccinium angustifolium</i> Ait. ♂), cultivated on developed riding peat bogs in Belarusian Lakeland.....	109
Yushkevich N. T., Kozorez A. I. Forest recreation as an economically attractive and independent type of forest use.....	119
TIMBER PROCESSING COMPLEX. TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL QUESTIONS	125
Kim Yu. A., Naskovets M. T., Zharkov N. I., Gil V. I. Increasing the performance of wheeled machines due to regulation of air pressure in tires.....	125

Pankratovich A. S., Protas P. A. Methods for assessing the impact of the placement of technological elements of the cutting area on the forwarder's performance	130
WOODWORKING INDUSTRY	137
Ignatovich L. V., Gordiyevich E. I. Analysis of complex quality assessments affecting the anatomical and orthopedic effects in the design upholstered furniture.....	137
Haiduk S. S., Prokhorchik S. A., Ruchkina E. V. Features of the production of wooden cutting boards	148
Nevzorova A. B., Saveliev Yu. V. Disk hub performance tillage unit with modified wooden bearing	155
ALL-ENGINEERING QUESTIONS OF TIMBER PROCESSING COMPLEX	162
Grinevich S. A., Grishkevich A. A. Elastic-plastic deformation of the claw curtains axes	162
Bolochko D. L., Grishkevish A. A. Results of experimental investigations effects of axis angle on milling power	167
Klepatski I. K., Rapovets V. V. Influence of the loss of the cutting ability of the knife of the milling-cutter machine on the quality of the end cut of the element of technological chips	173
Mashoripova T. A., Anikeenko A. F. Investigation of the power characteristics of the chip-board drilling process with spiral drills with various technological parameters.....	178

Редактор *Т. Е. Самсанович*
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко, В. А. Маркушевская*
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 15.07.2022. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 21,8. Уч.-изд. л. 23,9.9
Тираж 100 экз. Заказ 401 .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.