

Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году. [Электронный ресурс] – URL: http://www.mpr.krskstate.ru/dat/bin/art/45884_svodnij_doklad_2019.pdf (дата обращения 01.11.2022).
2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Красноярском крае в 2021 году. [Электронный ресурс] – URL: <http://krasecology.ru/Data/Docs/Сводный%20Доклад%20-%202020.pdf> (дата обращения 01.11.2022).
3. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Красноярском крае в 2021 году. [Электронный ресурс] – URL: <http://krasecology.ru/Data/Docs/Сводный%20Доклад%20-%202021.pdf> (дата обращения 01.11.2022).
4. Оценка рационального использования природных ресурсов при открытых горных работах / О. И. Иванова, О. П. Колпакова, С. А. Мамонтова, Ю. П. Ковалева // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 3(156). – С. 11-19
Конституция РФ // Консультант Плюс [Электронный ресурс] – URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 05.11.2022).
5. ФЗ №7 от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» // Консультант Плюс [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 05.11.2022).
6. Постановление Правительства «Об исчислении и взимании платы за негативное воздействие на окружающую среду» РФ от 03.03.2017 N 255 (ред. от 17.08.2020) // Консультант Плюс [Электронный ресурс] – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_213744/ (дата обращения 05.11.2022).

УДК 630*24

КРИТЕРИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОХОДНЫХ РУБОК В СОСНЯКАХ ОРЛЯКОВЫХ

Коцан Владимир Васильевич, канд. с.-х. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
wolodia250@belstu.by

Севко Оксана Александровна, канд. с.-х. наук, доцент

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
o.sevko@belstu.by

Ожич Ольга Светославовна, канд. с.-х. наук, старший преподаватель

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
bakhur@belstu.by

Селищева Оксана Александровна, канд. с.-х. наук, старший преподаватель

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
oksana_selishcheva@rambler.ru

Сенько Екатерина Ивановна, студент магистратуры

Белорусский государственный технологический университет, Минск, Беларусь
owsla98@gmail.com

Аннотация: в рамках исследования проведено моделирование роста древостоя при проведении различных вариантов рубок. Рекомендуются при проведении рубок ухода учитывать сумму площадей сечений, средний диаметр и количество деревьев оставляемой и выбираемой части.

Ключевые слова: конкуренция, рубки ухода, пространственная структура, радиальный прирост, керн, сумма площадей сечений, средний диаметр.

CRITERIA FOR FELLING CUTTING IN THE EAGLE-GROWN PINE FOREST

*Kotsan Vladimir Vasil'evich, PhD Agriculture, Assistant Professor
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
wolodia250@belstu.by*

*Sevko Oksana Aleksandrovna, PhD Agriculture, Assistant Professor
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
o.sevko@belstu.by*

*Ozhich Olga Svetoslavovna, PhD Agriculture, Senior Lecturer
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
bakhur@belstu.by*

*Selishcheva Oksana Aleksandrovna, PhD Agriculture, Senior Lecturer
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
oksana_selishcheva@rambler.ru*

*SenkaKatsiaryna Ivanovna, master's student
Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus
owsla98@gmail.com*

Abstract: Modelling of stand growth for various felling cutting options has been carried out in the research. It is recommended to take into consider the sum of cross-sectional areas, average diameter and number of trees in the retained and selected parts of the stand during thinning operations.

Key words: competition, thinning, spatial structure, radial growth, core, sum of cross-sectional areas, average diameter.

Важнейшим условием достаточного экономического и социального развития Республики Беларусь является научно обоснованная политика в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. В нашей стране этому уделяется большое внимание. Лес в Беларуси – один из немногих возобновляемых природных ресурсов. Продуктивность лесов является весомой характеристикой качества ведения лесного хозяйства. Одним из наиболее важных показателей продуктивности лесов является древесный прирост. Повышение производительности лесов основано на улучшении формирования древесных запасов, а это в наибольшей степени отражают показатели прироста.

В первой половине двадцатого столетия появились работы с результатами изучения свойств текущего прироста и возможностей определения его по запасу способом модельных деревьев. А.И. Копдратьев провел статистический анализ текущего прироста сосновых древостоев и предложил метод определения этого показателя для отдельного древостоя. Моисеенко занимался изучением вопросов о влиянии полноты на величину текущего прироста по запасу [1]. Крупную работу по изучению текущего прироста насаждений провел И.М. Науменко. По результатам своих исследований он составил таблицы текущего прироста чистых сосновых, еловых, дубовых, березовых и черноольховых древостоев, которые учитывают породу, возраст, бонитет и полноту [2]. М.Л. Дворецкий подробно изучил способы определения текущего прироста срубленных и растущих древесных стволов, проанализировал способы его определения по запасу наличного древостоя с использованием модельных деревьев, проверил некоторые упрощенные способы и предложил свои. В результате проверки многих упрощенных способов он пришел к выводам, что исследователи по-разному оценивают способы определения текущего прироста по запасу, причем никто не выясняет причины отклонений по проверенным способам; иногда математически обоснованные формулы практически непригодны из-за упущения биологической стороны явлений; точность общепринятых способов обоснования недостаточно, для этого необходимо сопоставить результаты с данными сплошной рубки всех деревьев на данных

пробных площадях [3]. В.К. Захаров проводил исследования особенностей таксации текущего прироста в лесах Беларуси и предложил определять текущий прирост срубленных моделей по относительной высоте [4]. Проведенный обзор литературных источников свидетельствует о важности и актуальности изучения путей повышения продуктивности древостоев и указывает на сложность этого процесса из-за большого количества влияющих факторов.

Исследование проводилось на территории ГЛХУ «Белыничский лесхоз», площадь лесфонда составляет 93,7 тыс. га [5]. В соответствии с существующим лесорастительным районированием территории Республики Беларусь леса лесхоза расположены в подзоне дубово-темнохвойных лесов (широколиственно-еловых) и относятся к Оршано-Могилевскому лесорастительному району (геоботаническому округу), входя в Березино-Друтский и Оршано-Приднепровский комплекс лесных массивов [6].

Основываясь на собственном опыте проведения сбора полевого материала о пространственной структуре древостоев и показателях прироста отдельных деревьев, а также проработке передового опыта зарубежных исследователей была разработана методика закладки пробных площадей. Пробные площади необходимо закладывать в древостоях, в которых рубки ухода были проведены 4–6 лет назад. В древостое должны быть сохранившиеся пни от рубки для определения его пространственной структуры до ее проведения. При натурном осмотре предполагаемых пробных площадей уделялось внимание наличию пней, оставленных после рубки, для оценки интенсивности проведенной рубки и пространственного размещения вырубленных и оставленных деревьев. Это необходимо для выявления влияния последствий рубок ухода на дальнейшее развитие отдельных деревьев и древостоя в целом.

Сбор информации о пространственной структуре древостоя был проведен способом угломерной съемки. Он включает в себя два подэтапа: прокладка привязочного закрытого теодолитного хода и собственно картирование всех объектов. С каждой точки теодолитного хода с помощью лазерного дальномера-угломера *TruPulse 360* последовательно по часовой стрелке промерялось расстояние и азимут к каждому дереву или пню [7].

На пробных площадях измерялись два взаимно перпендикулярных диаметра ствола (С–Ю, 3–В) на высоте 1,3 метра с помощью электронной мерной вилки *HaglofTheMantaxDigitech II*. Измерение высот проводилось лазерным дальномером *TruPulse 360*, также с его помощью измерялись четыре радиуса кроны в направлении север, юг, запад, восток. За радиус кроны принимается расстояние от вертикальной оси дерева до периферии кроны в соответствующем направлении.

Для анализа таксационных показателей древостоев в автоматическом режиме строили цифровую модель древостоев с использованием *Quantum GIS (QGIS)* [8]. Полученные при полевых исследованиях керны модельных деревьев обрабатывались в лабораторных условиях для получения наибольшего контраста между слоями и четкого распознавания ранней и поздней древесины. Далее керны и спилы сканировались с разрешением 600 dpi [9]. Полученные отсканированные изображения с помощью программы *QGIS* привязывались к метрической системе для измерения ширины годичных колец с точностью до тысячных миллиметра. На основании полученных данных с помощью программы *Statistica* был проведен корреляционный анализ между таксационными и пространственными показателями [10]. На основании его результатов для пар показателей с наибольшим значением коэффициента корреляции были построены графики зависимости (Рис. 1–6).

На рисунке 1 отображена зависимость высоты ствола от его диаметра, связь имеет среднюю силу и характер увеличения высоты ствола с увеличением диаметра ствола согласуется с законами роста древостоя и подтверждает достаточность собранного материала. Данное уравнение зависимости будет использоваться в дальнейшем.

На рисунке 2 отображается зависимость диаметра ствола от радиуса кроны, связь имеет среднюю силу и показывает, что с увеличением размеров кроны увеличивается и диаметр ствола (прирост по диаметру). Если учесть, что размер кроны отображает размер

фотосинтезирующего аппарата дерева и существует гипотеза о том, что размер горизонтальной проекции кроны равен размеру площади корневой системы, то можно заключить, что радиус кроны показывает потенциал прироста ствола дерева. Следовательно, показатель диаметра ствола включает в себя уже существующий потенциал прироста дерева. Этот вывод подтверждает и рисунок 3, отображающий зависимость диаметра ствола от протяженности кроны. Такие же результаты были получены при анализе зависимости диаметра ствола от густоты кроны.

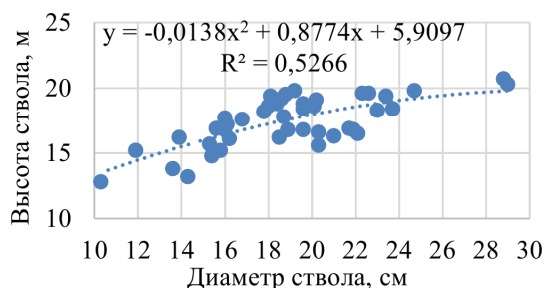


Рис. 1 - График зависимости высоты ствола от его диаметра

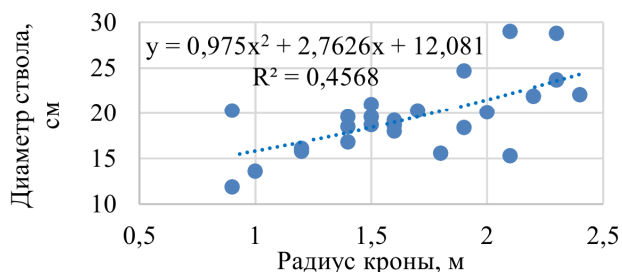


Рис. 2 - График зависимости диаметра ствола от радиуса кроны

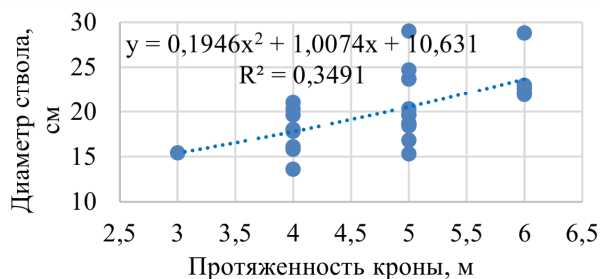


Рис. 3 - График зависимости диаметра ствола от протяженности кроны

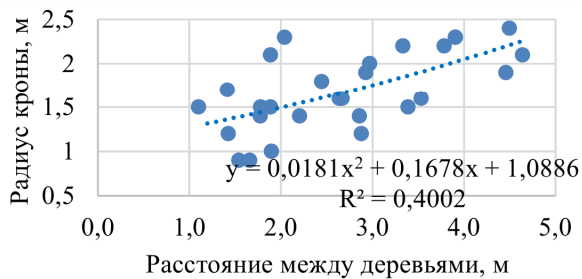


Рис.4 - Зависимость радиуса кроны от среднего расстояния до 3 соседних деревьев

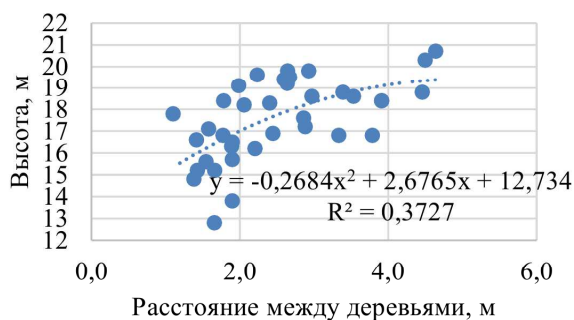


Рис. 5 - Зависимость высоты дерева от среднего расстояния до 3 соседних деревьев

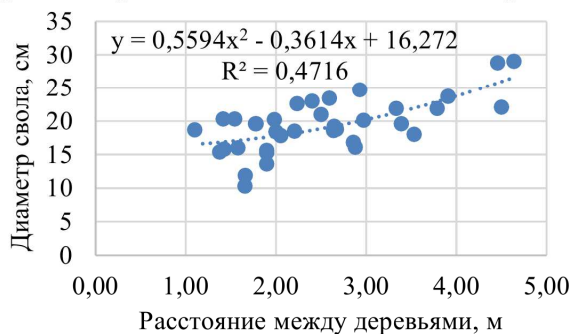


Рис. 6 - Зависимость диаметра ствола от среднего расстояния до 3 соседних деревьев

Далее было проанализировано влияние среднего расстояния до соседних деревьев на таксационные показатели. В ходе анализа проводилась оценка взаимосвязей таксационных показателей от расстояния до одного, трех, пяти, семи и десяти соседних деревьев с целью определения количества деревьев-конкурентов. Анализ проводился до проведения рубки и через 5 лет после проведения рубки. Результаты анализа указывают на наличие более тесной связи между таксационными показателями и пространственной структурой до проведения рубки, так как она оказывала более длительное влияние на прирост деревьев, чем после рубки.

Анализ силы связи до различного количества деревьев показывает изменение значения коэффициента корреляции в зависимости от возраста: в возрасте 20–30 лет это 7–10 соседних деревьев и дальше происходит их снижение, например, в возрасте 50–60 лет для сосновых древостоев это уже 3 дерева конкурента.

Зависимость радиуса кроны от расстояния до соседних деревьев отображенная на рисунке 4 подтверждает тот факт, что деревья, имеющие свободное пространство, имеют большую крону. Высота и диаметр ствола дерева также увеличиваются с увеличением расстояния до соседних деревьев (рис. 5 и 6).

На основании анализа всех полученных данных в программе «*Statistica 12*» была построена модель зависимости радиального прироста (Z_r^n) от диаметра и среднего расстояния между деревьями. В модели использовалось отношение диаметра ствола (d_i) к среднему диаметру древостоя (d_{cp}) и отношение разницы среднего расстояния до соседних деревьев ($l_{откл}$) к расстоянию между ними до рубки ($l_{до}$):

$$Z_r^n = a + b \left(\frac{d_i}{d_{cp}} * \frac{l_{откл}}{l_{до}} \right)$$

В результате получили функцию ($y = 0,2304 + 0,9947x$), имеющую линейный вид, с коэффициентом детерминации 0,68. Такая величина говорит об умеренной связи между показателями и позволяет в дальнейшем использовать полученную модель.

С помощью модели смогли определить радиальный прирост за год, который дал возможность вычислить диаметр каждого дерева на пробе на момент проведения рубки (2016 год). На основании полученных диаметров смогли определить высоту каждого дерева по графику зависимости высоты дерева от диаметра ствола. Далее на основании высоты и диаметра определили объём ствола каждого дерева и его площадь сечения. По полученным результатам было смоделировано 3 варианта проведения проходной рубки в исследуемом древостое. В исходном древостое полнота составляла – 0,91, средняя высота – 21,7 м, средний диаметр – 20,7 см, сумма площадей сечения – 31,8 м²/га, количество деревьев – 911 шт./га, запас – 308,9 м³/га.

После проведения рубки по всем вариантам полнота составила – 0,76. В результате проведения рубки, проведенной лесхозом, количество деревьев составило 711 шт./га, запас – 260 м³/га. При первом варианте в рубку отбирались деревья с минимальным диаметром (количество деревьев – 644 шт./га, запас – 260 м³/га). Во втором варианте в рубку отбирались деревья с максимальным диаметром (количество деревьев – 822 шт./га, запас – 255 м³/га). В третьем варианте в рубку отбирались деревья, с минимальным средним расстоянием до соседних деревьев (количество деревьев – 711 шт./га, запас – 255 м³/га). В результате прироста древостоя на 2021 год по фактической рубке: средний диаметр – 23 см, запас – 299 м³/га; по первому варианту средний диаметр – 24,1 см, запас – 297 м³/га; по второму варианту средний диаметр – 21,2 см, запас – 291 м³/га; по третьему варианту средний диаметр – 22,9 см, запас – 297 м³/га.

На основании приведенных результатов можно сделать вывод о том, что при способе отбора деревьев в рубку, основанном на принципе увеличения свободного пространства между оставшимися деревьями, имеется больший прирост по запасу, чем в остальных смоделированных вариантах рубки, а также фактической рубке. Отбор деревьев в рубку должен учитывать целевое назначение древостоя. Для получения крупнотоварной древесины целесообразнее при рубках ухода вырубать деревья, имеющие минимальный диаметр. Для получения наибольшего объема древесины необходимо проводить рубки ухода так, чтобы у деревьев увеличивалось свободное пространство для большей энергии роста. При рубках ухода необходимо учитывать не только процент выборки по запасу, а также диаметр вырубаемой части, количество вырубаемых стволов и пространственную структуру древостоя. Данные показатели дают возможность усовершенствовать нормативную базу проведения рубок ухода и качество их проведения, а также позволяют выращивать целевой

древостой. Исследование проведено при финансовой поддержке фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

Список литературы

1. Моисеенко Ф. П. Таблицы для сортиментного учета леса на корню (сосна, ель, дуб, ясень, клен, граб, береза, осина, ольха черная, липа). / Ф. П. Моисеенко. – 4-е изд., испр. и доп. – Минск: Полымя, 1972. – 328 с.
2. Мирошников В.С. Справочник таксатора / В.С. Мирошников, О.А. Труль, В.Е. Ермаков [и др.]; под общей ред. В.С. Мирошников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск. : Ураджай, 1980. – 360 с.
3. Дворецкий М.Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя./М. Л. Дворецкий. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 126 с
4. Захаров В. К. К вопросу о величине текущего прироста стоящих деревьев / В. К. Захаров // Академия наук БССР, Институт леса: сб. науч.тр. – Минск: Изд-во Академии наук БССР, 1952. – Вып. 3.– С. 49-57.
5. Бельничский лесхоз: сайт. – Бельнич, 2020. [Электронный ресурс] – URL: <http://belinles.by/> (дата обращения: 27.09.2022).
6. Юркевич И. Д., Гельтман В. С. География, типология и районирование лесной растительности Беларуси./ И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман. – Минск: Наука и техника, 1965. – 288 с.
7. Professional Measurement: сайт. – Колорадо, 2022. [Электронный ресурс] – URL: <https://lasertech.com/product/trupulse-360-rangefinder> (дата обращения: 27.09.2022).
8. Краткое введение в ГИС: сайт. – Стокгольм, 2020. [Электронный ресурс] – URL: https://docs.qgis.org/3.4/ru/docs/gentle_gis_introduction/vector_attribute_data.html (дата обращения: 27.09.2022).
9. Коцан В. В. Продуктивность сосняков мшистых искусственного происхождения различной пространственной структуры в лесорастительных условиях Беларуси :специальность 06.03.02 Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / В. В. Коцан; Белорусский государственный технологический университет. - Минск, 2016. - 22 с.
- 10.Бондаренко А.С. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: Учебное пособие / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов. – СПб: Из-во Политехнического университета, 2016. – 125 с.

УДК349.6

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АТМОСФЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

*Летягина Екатерина Александровна, канд. юрид. наук,
директор Института землеустройства, кадастров и природообустройства
Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия
let_k@mail.ru*

Аннотация: В данной статье изложены результаты исследования вопросов загрязнения воздушного пространства территории субъекта Российской Федерации - Красноярского края. В исследовании определяются факторы и условия, влияющие на состояние атмосферного воздуха изучаемого региона, приводится установленный в результате экологического скрининга, перечень основных загрязняющих веществ, обнаруживаемый в воздушной среде территории, их процентное соотношение в атмосфере. Кроме того, в работе изложены основные вопросы, связанные с порядком осуществления экологического скрининга состояния атмосферного воздуха в Красноярском крае, анализируются данные о состоянии воздуха в крупных городских агломерациях