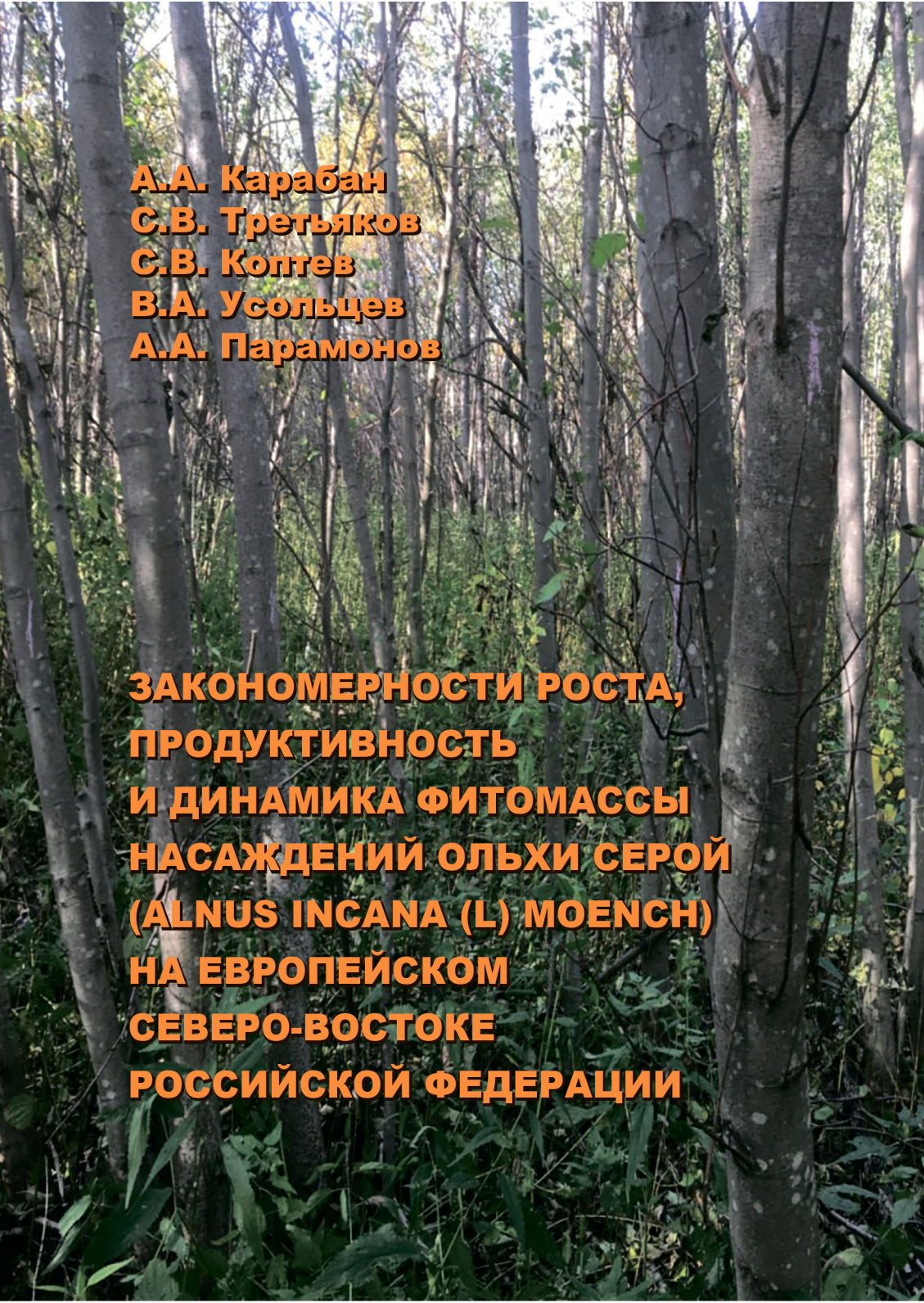


A photograph of a forest with many thin, light-colored tree trunks, likely birches, standing closely together. The ground is covered with green foliage and undergrowth. The text is overlaid on the upper left portion of the image.

**А.А. Карабан
С.В. Третьяков
С.В. Коптев
В.А. Усольцев
А.А. Парамонов**

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА,
ПРОДУКТИВНОСТЬ
И ДИНАМИКА ФИТОМАССЫ
НАСАЖДЕНИЙ ОЛЬХИ СЕРОЙ
(*ALNUS INCANA* (L) MOENCH)
НА ЕВРОПЕЙСКОМ
СЕВЕРО-ВОСТОКЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Российская Академия Естествознания
Издательский дом Академии Естествознания

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»
ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

**А.А. Карабан, С.В. Третьяков, С.В. Коптев,
В.А. Усольцев, А.А. Парамонов**

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА,
ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДИНАМИКА
ФИТОМАССЫ НАСАЖДЕНИЙ
ОЛЬХИ СЕРОЙ (*ALNUS INCANA* (L) MOENCH)
НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Монография

Москва
2025

УДК 630*56(470) (035.3)

ББК 43.90 (231)

К21

Рецензенты:

П.А. Феклистов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории приарктических лесных экосистем Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН,

С.В. Торхов – ведущий инженер Архангельского филиала ФГБУ «Рослесинфорг».

**Карабан А.А., Третьяков С.В., Коптев С.В., Усольцев В.А.,
Парамонов А.А.**

К21

Закономерности роста, продуктивность и динамика фитомассы насаждений ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) на европейском северо-востоке Российской Федерации: монография. – М.: Академия Естествознания, 2025. – 132 с.

ISBN 978-5-6053408-0-5

DOI 10.17513/np.628

Изложены результаты исследования роста, продуктивности и динамики фитомассы насаждений ольхи серой. Изучены особенности хода роста и приведены данные о структуре надземной фитомассы ольхи серой, составлены модели и таблица для оценки структуры и динамики надземной фитомассы ольхи серой. Рассмотрен вопрос о связи абсолютно сухой фитомассы фракций ольхи серой с таксационным диаметром.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов: экологов, биологов, лесоводов, работников лесного хозяйства, а также преподавателей вузов, техникумов и школ, аспирантов по направлению «Лесное хозяйство» и студентов по направлению «Лесное дело».

Фото на обложке А.А. Карабана

Печатается в авторской редакции

ISBN 978-5-6053408-0-5

© Карабан А.А., Третьяков С.В.,
Коптев С.В., Усольцев В.А.,
Парамонов А.А., 2025

© ИД «Академия Естествознания»

© АНО «Академия Естествознания»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	7
1.1 Биоэкологические особенности и хозяйственное значение ольхи серой.....	7
1.2 Анализ результатов исследования роста древостоев ольхи серой	20
1.3 Состояние исследований о продуктивности древостоев ольхи серой	23
1.4 Выводы по Главе 1	27
ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	29
2.1 Географическое положение и лесорастительное районирование.....	29
2.2 Климат	31
2.3 Геологическое строение и рельеф	33
2.4 Почвы.....	35
2.5 Гидрологические условия.....	37
2.6 Выводы по Главе 2	38
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	40
3.1 Программа и методика проведения полевых исследований	40
3.2 Объём выполненных работ.....	45
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ХОДА РОСТА ОЛЬХИ СЕРОЙ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	46
4.1 Ход роста по высоте.....	49
4.2 Ход роста по диаметру.....	51
4.3 Ход роста по сумме площадей сечения.....	53
4.4 Ход роста по запасу.....	55
4.5 Таблицы хода роста насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России	57
4.6 Выводы по Главе 4	61

ГЛАВА 5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ОЛЬХИ СЕРОЙ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	62
5.1 Структура надземной фитомассы ольхи серой и аллометрические модели для её фракций	63
5.2 Связь абсолютно сухой фитомассы фракций ольхи серой с таксационным диаметром	69
5.3 Модели и таблица для оценки структуры и динамики надземной фитомассы ольхи серой	77
5.4 Возрастная динамика фитомассы древостоев ольхи серой	84
5.5 Квалиметрические показатели фракций фитомассы ольхи серой	90
5.6 Выводы по Главе 5	92
ВЫВОДЫ	95
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЕДЕНИЮ ХОЗЯЙСТВА В НАСАЖДЕНИЯХ С ПРЕОБЛАДАНИЕМ И УЧАСТИЕМ ОЛЬХИ СЕРОЙ	98
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	99
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	130

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день сформированы масштабные объёмы информации, посвящённые исследованиям роста, продуктивности и структурных параметров надземной фитомассы большей части древесных пород (Усольцев, 1988; Usoltsev, Vanclay, 1995; Усольцев, 1998, 2001, 2002). Однако некоторые вопросы были недостаточно исследованными. Разработка единой системы нормативных и справочных материалов для учёта, оценки и использования насаждений ольхи серой на европейском северо-востоке Российской Федерации является важной и актуальной задачей. Изучение роста, продуктивности и накопления фитомассы ольхи серой на европейском северо-востоке Российской Федерации является актуальной задачей. Для организации, планирования и ведения лесного хозяйства на научной основе в насаждениях с преобладанием и участием в составе ольхи серой (*Alnus incana* (L) Moench), сформировавшихся в условиях таёжной зоны, необходимо получение достоверных данных, которые характеризуют их строение, рост и продуктивность.

Ольха серая считается значимым ресурсным видом, интерес к которому в последние десятилетия существенно возрос (Saarsalmi et al., 1985; Дегтева, 1987, 2002; Василевич, 1998; Uri et al., 2002; Долгова, 2003; Разгулин, Богатырев, 2004; Бурак, Луферов, 2007; Карпова, 2009; Матвейко, Карпова, 2009; Судницына, 2009; Лабоха, Крачковский, 2010; Романов, 2011; Лабоха, 2015; Гузова, Тиходеева, 2016; Гульбе, 2008, 2012, 2016, 2018, 2020, 2021, 2023; Иванова, 2012; Багинский и др., 2014; Тимофеева, 2013, 2014, 2015; Третьяков и др., 2014, 2017; Бойцов, Мерзук, 2021).

Ольха серая – одна из наиболее быстрорастущих пород (годовой прирост в высоту может быть более 1 м), особенно в молодом возрасте, имеет поверхностную корневую систему, располагающуюся в верхнем 10-20-сантиметровом слое, образует многочисленные корневые отпрыски и пневую поросль (Усольцев, 2016).

Данные о первичной продуктивности сероольшаников фрагментарны (Усольцев, 2010). Продуктивность южнотаёжных древо-

стоев ольхи серой рассматривается в очень ограниченном числе работ (Шуйцев, 1979; Гульбе Я.И., Гульбе А.Я. и др., 2009, 2012, 2017, 2018, 2020), а для условий северной тайги исследования по данному вопросу не проводились.

Впервые для европейского северо-востока Российской Федерации установлены закономерности формирования, роста и процесса накопления надземной фитомассы в насаждениях ольхи серой. Разработаны рекомендации по ведению хозяйства в насаждениях с преобладанием и участием ольхи серой на европейском северо-востоке Российской Федерации.

Разработаны лесотаксационные нормативы для таксации чистых и смешанных насаждений ольхи серой на европейском северо-востоке Российской Федерации. Нормативы будут использоваться при выполнении работ по отводу и таксации насаждений, проведении рубок ухода и лесоустроительных работ, при выполнении функций использования, охраны, защиты и воспроизводства лесных ресурсов, а также при создании баз данных о фитомассе лесов и расчёте запасов углерода в них.

ГЛАВА 1

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Биозкологические особенности и хозяйственное значение ольхи серой

Ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench) – древесное растение, принадлежащее к роду ольха (*Alnus* Gaertn.) семейства берёзовые (*Betulaceae* С.А. Agardh). Ольха серая представляет собой дерево второй величины, может принимать и кустарниковую форму, поэтому её можно рассматривать как переходный вид от типично древесных к кустарниковым (Исаков, 1988). Максимально возможная высота данного дерева составляет двадцать метров, его крона является узкояйцевидной. В диаметре ствол ольхи серой способен достигать 0,5 метров. Кора гладкая, светло-серая (Воронов, 1973). Молодые побеги пушистые. Листья яйцевидные или широкоэллиптические, 4-10 см длины, 5-7 см ширины, остроконечные с округлым или слабосердцевидным основанием, остродвоякопильчатые. Молодые листья густопушистые, не липкие, взрослые сверху почти голые (Булыгин, Ярмишко, 2000; Сукачев, 1938).

Ольха серая принадлежит к числу немногих деревьев, у которых листья осенью никогда не желтеют и опадают зелеными. Цветет ольха серая задолго до появления листьев (март-апрель), плодоносит в октябре. Растет по берегам рек и ручьёв, временным водотокам вдоль дорог, сырым местам у подножья возвышенностей, на травяных болотах, вырубках, гарях, заброшенных лугах и пашнях (Громадин, Матюхин, 2012).

За последние десятилетия произошли значительные изменения в структуре землепользования. Переход к новой экономической политике в России привёл к банкротству многих сельскохозяйственных предприятий и, как следствие этого, к прекращению сельскохозяйственного использования на многих тысяч гектаров. Бывшие сельскохозяйственные земли в течение уже первых 5-15 лет зарас-

тают древесно-кустарниковой растительностью (Залесов и др., 2004, 2009), преимущественно берёзой повислой и ольхой серой (Ермолова и др., 2008). В условиях антропогенной трансформации экосистем сероольшаники наряду с березняками и осинниками играют значительную роль в процессе замены коренных типов леса вторичными. Помимо пойм они возникают на месте вырубок, заброшенных лугов и пашен. Ольха серая является лесообразующей породой и входит в состав смешанных лесов (Атлас ареалов и ресурсов..., 1983).

Ареал ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) охватывает Среднюю и Атлантическую Европу, Скандинавию, Кавказ, Западную Сибирь, Северную Америку (Ареалы деревьев и кустарников СССР..., 1977). В Восточной Европе ареал включает следующие районы: Север, Центр и Запад, Арктику, Прибалтику (Цвелев, 2004). Два подвида (*subsp. rugosa* и *tenuifolia*) произрастают в северных районах Соединенных Штатов Америки и Канады, а третий подвид (*subsp. hirsuta*) встречается в центральной и северо-восточной Азии (Durrant, 2016).

В Архангельской области насаждения с участием ольхи серой распространены повсеместно. По данным государственного лесного реестра на 01.01.2023 г. в Архангельской области ольха серая произрастает как преобладающая древесная порода на 47,6 тыс. га и входит в качестве примеси в составе на значительно большей площади (Государственный лесной реестр..., 2023). В соответствии с информацией, которая была предоставлена Архангельским филиалом ФГБУ «Рослесинфорг», обнаружить ольху серую можно практически во всех лесничествах, расположенных в пределах Архангельской области. Распределение площадей и запасов ольхи серой по лесничествам Архангельской области, взятое из данных государственного лесного реестра за 2023 г. показывает, что они распределены неравномерно (табл. 1.1).

Проанализировав данные табл. 1.1, можно отметить, что наибольший удельный вес среди распределения площадей и запасов ольхи серой занимают Архангельское, Вельское, Вилегодское, Каргопольское, Коношское, Котласское, Красноборское, Няндомское, Плесецкое, Приозерное, Устьянское, Шенкурское и Мезенское лесничества. При этом наибольшую площадь ольха серая занимает в Каргопольском лесничестве (26908 га, 3973,5 тыс. м³).

Таблица 1.1

**Распределение площадей и запасов ольхи серой
по лесничествам Архангельской области, в отношении которых
проводилось лесоустройство по данным государственного лесного реестра
на 01.01.2023 г. (Государственный лесной реестр..., 2023)**

Лесничество	Всего		Защитные леса		Эксплуатационные леса	
	Площадь, га	Запас, тыс. м ³	Площадь, га	Запас, тыс. м ³	Площадь, га	Запас, тыс. м ³
Архангельское	347	17,7	336	17,5	11	0,2
Северодвинское	20	2,2	20	2,2	-	-
Вельское	1565	234,8	805	123,5	760	111,3
Верхнетоемское	292	44,9	118	16,3	174	28,6
Вилегодское	1407	165,9	276	30,6	1131	135,3
Березниковское	250	37,6	243	37,0	7	0,6
Каргопольское	26908	3973,5	7781	1207,9	19127	2765,6
Коношское	2176	300,5	876	104,1	1300	196,4
Котласское	1905	276,3	1364	180,0	541	96,3
Красноборское	1789	270,5	378	52,1	1411	218,4
Лешуконское	19	1,6	19	1,6	-	-
Няндомское	787	119,9	247	37,2	540	82,7
Онежское	22	1,1	22	1,1	-	-
Пинежское	40	3,2	40	3,2	-	-
Карпогорское	50	2,3	50	2,3	-	-
Плесецкое	354	67,7	102	16,4	252	51,3
Приозерное	3131	608,8	1298	260,9	1833	347,9
Пуксоозерское	78	8,3	44	4,7	34	3,6
Устьянское	2620	493,6	922	155,6	1698	338,0
Холмогорское	43	2,4	43	2,4	-	-
Емецкое	3	0,3	3	0,3	-	-
Шенкурское	2329	325,3	1891	257,0	438	68,3
Яренское	69	8,0	44	4,8	25	3,2
Мезенское	1159	91,3	1159	91,3	-	-
Сийский лесопарк	5	0,6	5	0,6	-	-
Всего:	47368	7058,3	18086	2610,6	29282	4447,7

Анализ массовых материалов глазомерной таксации показывает существенный рост площади занятой насаждениями ольхи серой на территории Архангельской области. Однако наряду с бывшими сельскими лесами по распоряжению администрации Архангельской области № 506-р от 09.07.2007 г. (Распоряжение главы администрации Архангельской области № 506р, 2007) в состав земель лесного фонда были переданы заброшенные сельскохозяйственные угодья, часть из которых заросла ольхой серой. Это в основном, районы, где было развито сельское хозяйство.

Ольха серая обладает мощным возобновительным потенциалом, успешно размножаясь, как генеративным путём (семенами), так и вегетативно (порослью, корневыми отпрысками). Это обеспечивает ей устойчивые фитоценотические позиции в широком спектре зонально-климатических условий (Кулагин, 1984).

Ольха серая относится к пионерным древесным породам, играющим ведущую роль на начальной стадии восстановительной сукцессии на землях с нарушенным лесным покровом, и многие её биологические и экологические особенности типичны для этой группы видов деревьев. Продолжительность жизни ольхи серой по оценкам различных авторов составляет от 50 до 80 лет (Сукачев, 1938; Гроздов, 1960; Юркевич, 1963; Соколов, 1977; Schwabe, 1985; Дегтева, 1987; Булыгин, 2000), редко до 100 лет и более (Атлас ареалов и ресурсов..., 1983).

В природе ольха серая размножается семенами, многие виды дают корневые отпрыски и поросль от пня (Комендар, 1966; Кудряшев, Барыкина, 1966; Петров, 1968; Давидов, 1976, 1979). В культуре для целей лесоводства, в основном, практикуется семенной способ воспроизводства (Нестерович, 1951; Скрыпников, 1953; Капустинская, 1958; Заборовский, 1962; Черствин, 1963). Применение черенкования и прививок рекомендуется лишь для ценных декоративных форм и гибридов (Кундзиньш, 1960; Кундзиньш, Пирагс, 1963).

Специфическая особенность ольхи серой заключается в том, что данное дерево имеет высокую скорость роста, особенно интенсивный рост в молодом возрасте и входит в группу световых пород (Маргайлик, 1969). Следует отметить, что ольха серая об-

ладает повышенной степени устойчивости к заморозкам, вне зависимости от того, в весенний или осенний период они происходят (Юркевич и др., 1963).

Ольха серая относится к гигромезофитам (Дерюгина, 1966, 1969). На сухих песчаных почвах она не способна формировать древостой, и лишь изредка встречается в подлеске (Юркевич и др., 1963). Застойного увлажнения ольха серая не переносит (Полянская и др., 1937). К богатству почвы она среднетребовательна, хотя не отрицается её способность произрастать на бедных песчаных почвах, включая щебенистые почвы и галечники, скарифицированные земли (Мурниекс, 1950; Мильго, 1967; Кундзинып, 1969). Если ольха серая начинает произрастать на тех почвах, которые характеризуются в качестве неблагоприятных, то это снижает её продуктивность. Кустарниковая форма ольхи серой также может возникнуть и вследствие повреждений, возникающих при бессистемной рубке и пастьбе скота (Юркевич и др., 1963; Schrotter, 1983).

Несмотря на широту экологического ареала, ольха серая образует фитоценозы лесного облика в сравнительно узких эдафических пределах, более сжатых, чем те, которые характерны для осинников и, тем более, березняков (Юркевич и др., 1963; Ярмишко, 1976). Лесоформирующий функционал ольхи серой самым ярким образом проявляется в местообитаниях с дерново-подзолистыми суглинистыми и торфяно-подзолисто-глеевыми почвами, с почвами речных наносов (Мурниекс, 1950; Гроздов, 1960; Юркевич и др., 1963; Tarrant, Trappe, 1971). Когда ольха серая оказывается в данных условиях, она переходит к быстрому интенсивному росту, начинает характеризоваться самой высокой степенью конкурентоспособности в сопоставлении с иными деревьями (Полянская и др., 1937). Что же касается песчаных почв, как и на плохо аэрируемых почвах, ольха серая, как правило, не способна формировать густые сообщества лесного облика (Мурниекс, 1950).

Ценотический оптимум ольхи серой в ненарушенных человеком ландшафтах связан, видимо, с находящимися в стадии эрозии береговыми склонами из глинистых отложений, где и сейчас ольха серая образует пионерные заросли. Насаждения, состоящие из ольхи серой, достаточно часто появляются на тех territori-

ях, что ранее были подвергнуты долговременному, а также интенсивному человеческому воздействию. Проявлять себя такое воздействие способно, к примеру, в использовании тех или иных земельных территорий в качестве пашен и пастбищ (Полянская и др., 1937; Юркевич и др., 1963; Чмыр, 1977; Чмыр, 2002). Когда ольха серая начинает произрастать в пределах территорий, что ранее применялись в качестве выгонов и пастбищ, то это обычно не приводит к созданию сомкнутых древостоев из-за продолжающегося сенокошения и выпаса скота. В этом случае куртины ольхи серой чередуются с участками луга, и создается своеобразный лесолуговой комплекс (Юркевич и др., 1963; Ниценко, 1972). После прекращения хозяйственной деятельности экспансия ольхи серой на эти земли наблюдается преимущественно в приопушечных областях за счёт корневых отпрысков (Дегтева, Головнева, 1987; Свалов, 1978; Соколов, 1963, 1964; Черепанов, 2004) или же семенным путём по микронарушениям дернины: кротовины, порой кабанов (Гульбе, 2009).

Когда ольха серая начинает распространяться в пределах тех территорий, что ранее эксплуатировались в качестве пашен, как правило, семенным путём, это позволяет ей быстро заселить большие площади при прекращении на них хозяйственной деятельности. Заняв открытую территорию, ольха серая уступает её коренным породам в течение одного или нескольких поколений, однако при отсутствии вблизи насаждений других пород (источников обсеменения) сероольшаники, возобновляясь вегетативно, могут удерживать территорию неопределённо долго (Юркевич и др., 1963; Чмыр, 1977, 2002).

Предполагаем, что на заросших злаками и иными травами почвах (особенно там, где скота мало, плотный травяной покров не позволяет укорениться семенам) у ольхи серой есть то преимущество в вегетативном размножении. Корневые отпрыски осины расположены ближе к поверхности земли и вынуждены конкурировать с корневой системой трав. У ольхи корневая система ниже и она меньше страдает от конкуренции.

Ольха серая представляет собой такую древесную породу, которая обладает значительными способностями с точки зрения обе-

спечения азотфиксации, что имеет важное биологическое и лесоводственное значение (Разгулин, Богатырев, 2004; Каппер, 1939; Ганц, 1940; Кашлев, 1957; Кашлев, 1959; Кашлев, 1960; Кашлев, 1963). Фиксируя атмосферный азот за счёт симбиоза с актиномицетами рода *Frankia*, ольха серая является одним из важнейших накопителей этого элемента в почве регионов с умеренным климатом (Работнов, 1980; Huss-Danell, K, 1980; Huss-Danell, K, 1986).

Древостои, сформированные ольхой серой, на протяжении одного года обеспечивают вовлечение в биологический оборот достаточно существенных количеств азота. Так, по оценкам, представленным некоторыми специалистами, объём вовлекаемого благодаря деятельности ольхи серой и биологический оборот азота может достигать 56-156 кг/га¹ (Schwabe, 1985). Таким образом, концентрация азота в тех землях, где находятся сероольшаники, может быть на 50% выше, чем на тех пространствах, где ольха серая не произрастает (Кашлев, 1957; Дегтева, Ипатов, 1987; Huss-Danell, Sellstedt, 1985; Huss-Danell, 1986; Palmgren et al., 1985). Чем более быстро начинают увеличиваться сероольшаники, тем большее количество органического материала накапливается в почве (Манаков, 1970; Мильто, 1970; Работнов, 1983). Листья ольхи серой имеют высокозольный состав, содержат большое количество азота, опад повышает плодородие почвы, делает её более рыхлой (Johnsrud, 1978).

Ольха серая играет важную роль в растительных сукцессиях, улучшая почву и заселяя одной из первых освободившиеся от льда местообитания (Мильто, 1964, 1969). Эта особенность ольхи серой использовалась при облесении отвалов в Германии, США, Эстонии, Украине (Курнаев, 1956; Карташова, 1981). Почвоулучшающую способность ольхи серой применяли для повышения продуктивности лесных культур сосны, ели, дуба, тополя и других пород (Кауричев, 1989; Работнов, 1939; Курнаев, 1956; Смирнова, Сороговец, 1960; Мильто, 1966, 1970). Детальные исследования, посвящённые тому, насколько интенсивно воздействует ольха серая на лесорастительные свойства почвы, проводились такими исследователями, как С. Егорова, а также А. Петров-Спиридонов (1992). Как полагает Н. Мильто (1967), почвы, что заняты ольхой серой,

практически всегда оподзолены, реакция верхних слоев кислая. Показатель их pH обычно находится в пределах 4,0-5,0. При этом кислотность увеличивается в течение вегетационного периода. Почва, которая находится в тех местах, где произрастает большое количество деревьев ольхи серой, как правило, нейтральная или близка к нейтральной (pH = 6,0-7,5) (Дегтева, Ипатов, 1987).

Когда процесс демулационной сукцессии только начинает осуществляться, то на той же самой территории, где располагается ольха серая, поселяются другие древесные породы, включая ель, развитие которых происходит при напряженной конкуренции с растениями травяного покрова (Бирюков, Евстратов, 1981). На начальном этапе сукцессии внедрение ели в состав молодняка определяется наличием источников обсеменения, сдерживается неблагоприятными экологическими условиями для поселения ели, которая в молодом возрасте плохо переносит иссушение почвы, страдает от солнечных ожогов и заморозков (Варфоломеев, 1964, 1968). Ольха серая, будучи азотфиксатором и продуцентом веществ, ингибирующих патогенные организмы и увеличивающих популяции микроорганизмов-антагонистов, является эффективным эдификатором (Купцов, Попов, 2015).

Микроклимат, создаваемый пологом сероольшаников, является практически тем же самым, что и в прочих лесных сообществах. Однако в некоторых случаях значения параметров, характеризующих состояние данного микроклимата, могут обладать некоторой степенью специфичности. Т. Гузова и др. (2009; 2016), А. Чмыр (1980; 2002), М. Leikola (1977) приводят данные о световом режиме, а также о температуре и влажности приземного слоя воздуха и температуре почвы в сероольшаниках. Древостой рассматриваемой нами породы, в отличие от других светолюбивых пород, обладает высокой сомкнутостью. Соответственно, когда формирование насаждений ольхи серой оканчивается, то под её пологом формируется неблагоприятный световой режим для роста иных древесных пород, а также для обеспечения роста травянистых растений (Лир, 1974).

Свет можно рассматривать в качестве основного фактора, который оказывает неблагоприятное воздействие на интенсивность роста ели в пределах тех территорий, где приобрела распространение

ольха серая. Рассматривая особенности процесса конкурентной борьбы между елью и ольхой серой, А. Чмыр (1977) акцентирует внимание на том факте, что данные деревья пользуются практически идентичными источниками питания, а также источниками получения влаги. Что же касается ольхи серой, то она, как правило, способна более успешным образом выдерживать конкурентную борьбу с елью, поскольку данное дерево является хорошо абсорбирующим влагу, что присутствует в почве (Ярмишко, 1976).

Ольха серая практически не страдает от воздействия, оказываемого разнообразными вредными насекомыми. Листьями ольхи серой питаются личинки голубого ольхового листоеда (*Agelastika alni* L), который, однако не причиняет ей заметного ущерба (Schrotter, 1983). Кроме того, голубой листоед предпочитает древостой ольхи серой, растущий в неблагоприятных условиях места произрастания (Кундзиньп, 1969).

Ольха серая не повреждается домашним скотом (Ткаченко, 1952). Она может столкнуться с повреждениями, которые наносятся различными представителями лесной фауны, например, лосями (Козловский, 1971; Смирнов, 1987), благородными оленями (Schrotter, 1983), а также косулями (Ткаченко, 1952). Ольха серая принадлежит к менее чувствительным эмиссиям видам древесных растений, благодаря этому может усиливать свои позиции в условиях антропогенного загрязнения атмосферы. Корневая система ольхи серой в определённых условиях очень чувствительна к вытаптыванию, в частности, на мелиорированных землях при почти полном размещении корней в осушенной зоне (Melzer, 1964).

Вопросы, связанные с тем, как именно следует классифицировать различные лесные насаждения, образованные ольхой серой, достаточно хорошо изучены в литературе (Работнов, 1939; Гроздов, 1960; Юркевич и др., 1963; Голод, 1966; Ниценко, 1962; Matuszkiewicz, 1976, 2008; Kielland-Lund, 1981; Балявичене, 1991; Коротков, 1991; Pott, 1992; Василевич, 1998; Pignatti, 1998; Дегтева, Ипатов, 1985; Дегтева, 1999, 2002; Булохов, Соломещ, 2003; Ипатов, Герасименко, 1989; Кулагин, 1961; Мартыненко и др., 2003, 2009; Ликсакова, 2004; Onyshchenko, Mosyakin, 2009). Вместе с тем использование разными исследователями различных принципов

классификации, неодинаковое понимание ими объёма понятий фитоценоза и ассоциации затрудняют сравнение результатов типологических исследований (Дегтева, 1984).

Типология чистых сероольшаников сложная в связи с кратковременностью ассоциаций и множеству переходов между ними (Гроздов, 1950; Никитин, 1961). Выделяют сероольшаники: кисличный, снытьевый, злаковый, таволговые и крупнопоротниковые. Два последних встречаются в долинах крупных рек, ручьёв, оврагах, на увлажнённых глинистых и суглинистых почвах (Ареалы деревьев и кустарников..., 1977). Увеличение степени распространения насаждений, созданных ольхой серой – это один из факторов, который привёл к тому, что они стали рассматриваться в качестве одного из самых ценных источников для обеспечения поступления древесного сырья (Чхубианишвили, 1961; Кшисик, 1965; Рубцов, 1987; Hakkila, 1971; Rygel, 1980; Krzysik, Nadowski, 1975; Krzysik, 1977).

Ольха серая обладает существенной хозяйственной значимостью. В последние годы роль ольхи серой возросла в связи с новым направлением в лесном хозяйстве: созданием плантаций быстрорастущих древесных пород с сокращённым оборотом рубки от 2-3 до 5-10 лет с целью получения древесной массы, используемой в качестве сырья для целлюлозно-бумажной и химической промышленности, производства кормов, а с ростом цен на ископаемое топливо в качестве энергетического сырья (Бурак, 2007; Родин, 2008). Обычно *Alnus incana* и *Picea abies* чаще всего принадлежат к единому растительному комплексу, большое внимание уделялось изучению взаимоотношений ольхи и ели на различных стадиях деградации лесной растительности, с целью оценки возможности использования ольхи в качестве предшественницы ели и сопутствующей породы при её выращивании (Юркевич, 1963; Чмыр, 1970, 1974, 1977, 1980, 2002; Гельтман, 1961; Данилов, 1976).

На вопрос о влиянии ольхи серой на ель нет однозначного ответа (Кравчинский, 1916; Каппер, 1939), однако многие исследователи отмечали повышение содержания азота в тканях растений, произрастающих совместно с ольхой (Петров-Спиридонов, 1992). Из ели, естественно появившейся под пологом ольхи серой или

введённой в сероольшаники подпологовой культурой путём реконструкции или рубок ухода, можно сформировать высокопродуктивные еловые древостой. Опыт такой реконструкции неоднократно обсуждался в литературе (Юркевич, 1963; Мильто, 1966, 1970; Чмыр, 1977; Евстратов, 1981; Бирюков, 1981; Крапивко, 1973, 1974; Кулагин, 1961).

Актуальной тенденцией для нынешнего времени является повышение степени экологизации в эксплуатации лесных ресурсов. Благодаря этому та роль, которая присутствует у ольхи серой с точки зрения обеспечения функционирования растительного покрова, имеющегося в лесной зоне, начинает пересматриваться. Сегодня ольха серая рассматривается уже не как источник получения древесного материала. Сегодня это, прежде всего такой ресурс, благодаря эксплуатации которого можно добиваться улучшения состояния почвы. Насаждения, которые созданы ольхой серой, произрастают достаточно быстрым образом, и именно вследствие этого воздействие, которое оказывается ими в отношении окружающей среды, является очень мощным и значительным.

Сероольшаники, которые находятся на тех территориях, что заняты оврагами, речными поймами, а также долинами, могут рассматриваться в качестве эффективного ресурса для проведения водоохранной, а также почвозащитной деятельности. На территории европейского континента те сероольшаники, что располагаются в непосредственной близости от речных берегов – это не что иное, как экосистемы, в пределах которых происходит перераспределение веществ загрязняющего характера, веществ, приводящих к появлению негативного влияния в отношении природы (Lowry et al., 1962; Krapfenbauer, 1963; Данько, 1975; Петров-Спиридонов, Егорова, 1992).

Ольха серая сегодня интерпретируется в качестве ценного ресурса для ведения фармацевтической деятельности. Соплодия (шишки) ольхи серой содержат дубильные вещества (6-34 %), в том числе галлотанин, алкалоиды, фенолкарбоновые кислоты (галловая – до 4 %). Листья содержат кроме дубильных веществ антраценпроизводные. Кора содержит до 20 % дубильных веществ, флавоноловые гликозиды, в частности гиперозид, стерои-

ды (β -ситерол), тритерпены. Кроме того, в соплодиях обнаружены микроэлементы (мг/г): калий – 5,8, кальций – 5,0, магний – 0,8, железо – 0,2. В соплодиях ольхи концентрируется селен (Маланкина, Цицилин, 2022).

Для обеспечения достижения разнообразных целей медицинского характера могут быть применены отвары листьев, отобранных у ольхи серой, а также настои, сделанные из данных листьев (Атлас лекарственных растений..., 1962; Ефремова, 1967; Пшеничнова, Губина, 1967; Вострикова, Востриков, 1971; Шретер, 1975; Хворост и др., 1984, 1992; Растительные ресурсы СССР..., 1984; Губанов и др., 1987; Алексеев и др., 1988; Шевелева и др., 1988; Макаров, 1989; Ермакова и др., 1995; Зориков, Бездетко, 1995; Радько и др., 1997).

Соплодия ольхи серой – это ценный ресурс для получения такого лечебного препарата, который сегодня известен как Альтан. Применение Альтана обеспечивает получение гемостатического эффекта, а также снимает отёки. Таблетки данного препарата могут быть применены для излечения от желудочных болезней, а также для обеспечения излечения от гастрита (Куркин, 2004; Носаль, 1960). Кроме этого, соплодия ольхи серой – доступное и эффективное средство, которое может быть применено при проведении борьбы с таким человеческим недугом, как кровавый понос. В нескольких странах свежие листья, сорванные с ольхи серой, могут эксплуатироваться в качестве средства для борьбы с распространением блох (Маланкина, Цицилин, 2022).

Структурные особенности и физико-механические свойства древесины ольхи серой, а также биологические особенности этой породы позволяют считать её перспективной для лесоводства и промышленного использования. Древесина *Alnus incana* часто используется в странах Балтии и Северо-Западном регионе России в качестве сырья для производства дыма для вяления мяса и рыбы (Zandersons et al., 2009).

Древесина рассматриваемой породы обладает значительным количеством полезных свойств, обуславливающих её активное применение в строительной деятельности. Такая древесина практически не взаимодействует с теми парами, которые присутствуют

в окружающих её воздушных массах. Кроме того, даже если на поверхность такой древесины попала какая-либо жидкость, то поглощения последней практически не происходит. То масло, которое содержится в древесине ольхи серой источает приятный аромат (Губанов и др., 1976). Древесина ольхи серой обладает повышенной степенью мягкости, а также однородности. Когда она попадает в условия открытого воздуха, она становится красной. Достаточно хорошо данный древесный материал подвергается обработке. Что же касается недостатков, то они проявляют себя преимущественно в низкой степени устойчивости к процессам гниения. Соответственно, древесина ольхи серой в строительной деятельности применяется главным образом именно как ресурс для проведения работ внутри помещений (Маланкина, Цицилин, 2022).

По оценкам разных специалистов древесина ольхи серой может использоваться в качестве топлива (для производства биотоплива – пеллет), производства фанеры, шпона, спичек, древесной тары, стружек, угля, мебельных заготовок. Ольха серая практически не испытывает никаких негативных воздействий из-за непосредственного контакта с влагой. Соответственно, она может применяться там, где интенсивное взаимодействие с водой предполагается по умолчанию (в домостроении, в мостостроении, а также в создании свай) (Бойцов, Мерзук, 2021). Установлено, что древесина ольхи серой при использовании в строительстве гидротехнических сооружений (свай, срубов в колодцах и т.д.) приобретает прочность наравне с дубом. Помимо этого, древесина ольхи серой может применяться как ресурс для целлюлозно-бумажной промышленности, столярных и токарных работ (Кшисик, 1965). Древесина ольхи серой отличается высокой теплотворной способностью и, практически, не даёт угарного газа, в связи, с чем ольховые дрова прозваны «царскими» (Иллюстрированная..., 2009).

Ольха серая является ценным декоративным растением (Соколов, Стратонович, 1951; Nylander, 1957; Щепотьев, Павленко, 1962; Юркевич и др., 1963, 1968). *Alnus incana* имеет множество декоративных форм, отличающихся типом кроны, цветом, размерами, особенностями строения листовой пластинки у *A. incana* – 14 форм (*f. chamaedryoides* Holmberg, *f. arcuata* Skarman, *f. oxyacanthoides*

Schotte, f. *lobata* Larss., f. *angermannica* Hyl., f. *laciniata* Loudon, f. *falunensis* Hyl., f. *dalecarlica* Hyl., f. *semipinnata* Hyl., f. *pinnata* (Lundm.) Willd., f. *mirabilis* Hyl., f. *bipinnatifida* Brenner, f. *angustissima* Holmberg, var. *argentata* Norrlin f. *pinnatipartita*) (Соколов, Стратонович, 1951; Nylander, 1957). Декоративные формы (золотистая, плакучая, пирамидальная и др.) используются в озеленении городов, потому что она газоустойчива, долго не сбрасывает листвы и хорошо переносит обрезку (Лесная энциклопедия, 1986).

1.2 Анализ результатов исследования роста древостоев ольхи серой

Таксационные характеристики ольхи серой исследовались при самых разнообразных условиях. Например, изучалось в каком световом режиме могут функционировать ольшаники и насколько жизнеспособна и интенсивно произрастает ель под пологом насаждения, сформированного ольхой серой (Чмыр, 1977, 2002). Полученные при проведении исследовательских работ таксационные характеристики не могут быть рассмотрены в качестве полностью описывающих специфику сероольшаников, а также особенности их роста. Однако их можно применять в качестве информационного источника, который предоставляет данные о том, какие лесоводственные свойства присутствуют у ольхи серой.

Исследования, проведённые на территории Ярославской области показали, что средние запасы древесины в сероольшаниках варьируют от 38 м³ до 86 м³/га, а средний прирост древесины от 1,9 до 4,6 в год (Уткин, Гульбе и др., 1980, 2005).

На территории Архангельской области проведены комплексные исследования в среднетаёжных насаждениях ольхи серой Каргопольского лесничества. Исследованы характеристики объёмов стволов и товарная структура насаждений ольхи серой (Тимофеева и др., 2013, 2014, 2015). Проведены исследования на территории Каргопольского сектора Кенозерского национального парка Архангельской области (Тимофеева, Третьяков и др., 2015).

Согласно материалам исследований, за короткий промежуток времени сероольховые насаждения дают значительное количе-

ство стволовой древесины. Сероольшаники Архангельской области обладают высокой древесной продуктивностью. В возрасте 40 лет имеют среднюю высоту 17,6 м и общий запас древесины 232 м³/га.

По результатам исследований, проведённых в Белоруссии, установлено, что средний запас стволовой древесины ольхи серой на 1 га составляет 129 м³/га при средней полноте 0,69 и среднем возрасте 28 лет (Крачковский, 2011).

В возрасте 40 лет в Финляндии в лучших условиях древостои *Alnus incana* при I классе бонитета достигают средней высоты 14 м и запаса древесины 250 м³/га (Усольцев, 2016).

В настоящее время составлены таблицы хода роста сероольшаников на территории разных стран, а также регионов, например: для Белоруссии (Юркевич, 1963), Латвии (Мурниекс, 1950), а также для Псковской области (Каргин, 1963). Все вышеперечисленные таблицы являются местными, методика их составления различна, что необходимо учитывать при сравнении полученных разными авторами данных. Таблицы объёмов стволов ольхи серой составлены в Латвии (Мурниекс, 1950), Белоруссии (Юркевич, 1963), Германии (Schrotter, 1983). В Норвегии для таксации древостоев ольхи серой рекомендуется использовать таблицы Мурниекса (Borset, 1966).

Анализ лесотаксационных справочников бывших союзных республик СССР, в которых приведены нормативы для ольхи серой показывает, что, в основном, все они разрабатывались для условий широколиственных лесов, средней полосы России, Белоруссии и Украины. В «Лесной вспомогательной книжке для лесничих, таксаторов и лесовладельцев», опубликованной в 1910 году (Орлов, 1910, 1926), приведены сортиментные таблицы для осины, берёзы, ольхи, липы, граба, клёна, ясеня, вяза, ильма и береста, составленные по бонитетам и категориям крупности: крупная, средняя, мелкая древесина и дрова. В 1963 году в книге «Сероольшовые леса и их хозяйственное использование» (Юркевич и др., 1963) приведены стандартная таблица сумм площадей сечений и запасов сероольшовых насаждений Белоруссии для полноты от 0,2 до 1,0, объёмные разрядные таблицы для 3 разрядов высот, таблицы объёма

и сбегая для стволов ольхи. В 1973 году опубликованы сортиментные таблицы для таксации сосны, ели, пихты, дуба, бука, ясеня, клёна, граба, осины, берёзы, ольхи, липы и акации белой (Лотугов, 1973). Таблицы, составленные для условий Украины, представляют интерес тем, что в них для ольхи приведены сортиментные таблицы для деревьев с диаметрами от 8 до 68 см.

В лесотаксационных справочниках (Грошев и др., 1973, 1980) приведены таблицы объёмов стволов ольхи серой по разрядам высот А.Г. Мурашко со ссылкой на 1959 г. Здесь же приведены сортиментные таблицы по разрядам высот для ольхи (без указания серой или чёрной) с выходом по видам сортиментов и стандартная таблица для определения запаса древостоя осины и ольхи при полнотах от 0,3 до 1,0.

Для условий Европейского Севера России исследователи из ФБУ «СевНИИЛХ» г. Архангельска разработали таблицы объёмов стволов по диаметру и высоте при среднем коэффициенте формы, объёмные разрядные таблицы по диаметру и высоте для сероольховых древостоев Европейского Севера (Полевой лесотаксационный справочник..., 2016; Третьяков и др., 2017), таблицы для перехода от диаметра пня к диаметру на высоте груди, сортиментные и товарные таблицы для сероольховых древостоев Архангельской области (Полевой лесотаксационный справочник..., 2016). Ранее в лесотаксационных справочниках для северо-востока такие нормативы не публиковались.

Различные методические подходы при составлении таблиц хода роста сероольшаников Латвии, Белоруссии и Псковской области не дают возможности провести детальное сравнение возрастной динамики морфоструктуры древостоев ольхи серой в различных регионах.

Таким образом, осуществлённый анализ нормативов, приведённых в региональных лесотаксационных справочниках (Анучин, 1968; Полевой справочник таксатора..., 1971; Лесотаксационный справочник по северо-востоку..., 2012; Полевой лесотаксационный справочник..., 2016) показывает, что таблицы хода роста для сероольховых древостоев таёжной зоны Европейского Севера России в них отсутствуют.

1.3 Состояние исследований о продуктивности древостоев ольхи серой

Данные о первичной биологической продуктивности сероольшаников фрагментарны (Усольцев, 2010). Биологическая продуктивность сероольшаников исследовалась с целью определения потенциальных возможностей древостоев этой породы как источника древесного сырья или же оценки экологического значения сообществ ольхи, при этом большей частью с позиций взаимодействия древостоя и почвы.

Так, например, в работах, которые были подготовлены Н. Мильто, можно обнаружить информацию, описывающую, какой фитомассой характеризуются насаждения ольхи серой, отличающиеся друг от друга по возрасту, а также по типам почв, где они произрастают. Н. Мильто отмечает, что максимум продуцирования наблюдался в 5-15-летнем возрасте, к 25-30-ти годам прирост древесины в сероольшаниках уменьшается, доля листвы возрастает до 61 % от общей продукции (Мильто, 1964, 1966, 1969, 1970).

На территории Новгородской области были проведены исследования, благодаря которым удалось определить, какой спецификой накопления, а также последующего применения органического вещества характеризуются насаждения ольхи серой, отличающиеся друг от друга по возрасту (Шуйцев, 1979).

В Ярославской области была определена биологическая продуктивность древостоев ольхи возрастом 6, 9, 10 и 13 лет для оценки роли формирующихся на залежах мягколиственных молодняков в круговороте вещества и энергии (включая углеродный цикл) и выявления закономерностей их роста на этой стадии онтоценогенеза. Продуктивность лесных насаждений на землях, вышедших из сельскохозяйственного использования, где обычно поселяется ольха серая, достаточно высокая. Продолжительность жизни ольхи серой невелика, поэтому пик прироста наблюдается в раннем возрасте. Наибольшей продуктивности сероольшаники достигают в возрасте 10-15 лет, когда прирост в высоту составляет 100 см в год и более. Затем прирост замедляется и к 25-30 годам резко снижается (Гульбе, 2008, 2009).

Некоторые данные, которые характеризуют, какой биологической продуктивностью обладают насаждения ольхи серой, находящиеся в двадцатилетнем возрасте, отражены в работах за авторством Ю. Данилова (1976). Данный исследователь был сконцентрирован, прежде всего, на изучении специфики взаимоотношений между елью и ольхой. Это было необходимо для определения лесохозяйственных мероприятий, направленных на восстановление ельников.

Исследования биологической продуктивности сероольшаников за рубежом связаны, прежде всего, с оценкой возможностей использования ольхи для выращивания на плантациях с коротким оборотом рубки (от 2-3 до 5-10 лет) для получения древесной массы и её дальнейшей глубокой переработки и использования в качестве энергетического сырья (Bjorklund, 1982; Saarsalmi, 1985; Saarsalmi, 1985; Palmgren, 1985) или же определении фитомассы и годичной продукции (Uri, 2002; Uri, 2003; Uri). Фитомасса, присутствующая у насаждений ольхи, находящихся в возрасте двадцати двух лет, была определена при осуществлении соответствующего исследования в Великобритании (Ovington, 1962). Имеющиеся результаты позволяют заявить о том, что ольха серая обладает достаточно значительным биологическим потенциалом.

На территории скандинавских стран также проводилось существенное количество исследований, в которых ольха серая фигурировала в качестве объекта изучения. Такие исследования организовывались для того, чтобы понять, насколько хорошо данное дерево способно произрастать в условиях органических почв. Было выявлено, что ольха серая представляет собой такую древесную породу, которая обладает менее значительными продукционными способностями, чем некоторые иные деревья (Johnsrud, 1978). Исследования свойств древесины быстрорастущей ольхи серой и возможностей её использования продолжают в настоящее время в Ирландии (Spazzi J, 2019; Spazzi J, 2020).

В Финляндии были проведены исследования годичной продукции, генерируемой древесными насаждениями ольхи серой в возрасте тридцати пяти лет (Saarsalmi, Malkonen, 1989). В южной Финляндии на основе регрессионных уравнений составлены та-

блицы определения массы стволов ольхи серой в коре и без коры как сырья для производства целлюлозы (Баранчик и др., 1986; Nakkila, 1971).

Как было выявлено в результате проведения исследований, организованных на территории Эстонии, доля, занимаемая массой корней сероольшаников с возрастом четырнадцать лет, составляет 19,4%. При этом в случае с сорокалетними насаждениями занимаемая доля имела значение 16,6% от совокупной массы (Lohmus et al., 1966; Mander et al., 1995, 1997). Также нужно отметить, что именно при проведении исследований на территории Эстонии был выявлен самый оптимальный возраст насаждений ольхи серой для её эксплуатации в качестве ресурса для ведения деятельности в целлюлозно-бумажной сфере. Данный возраст является равным двадцати годам (Uri et al., 2014).

Затраты на гетеротрофное дыхание, связанные с потреблением части фитомассы насекомыми и копытными, в южнотаёжных сероольшаниках в благоприятных для них условиях произрастания, как правило, незначительны. Некоторую долю того органического вещества, которое было произведено, ольха серая тратит для того, чтобы обеспечивать фиксацию азотных масс, отобранных из атмосферы (Воронов, 1973).

В некоторых регионах были проведены исследования биологической продуктивности ольхи серой в сопоставлении с иными породами, точно так же относящимися к категории лесообразующих. Так, например, в результате исследований в южных регионах Финляндии было выявлено, что ольха с учётом определенного числа ротаций по величине годичной продукции стволов сопоставима с древостоями ели и берёзы повислой, несколько (на 28%) она уступает естественным соснякам и ельникам, пройденным рубками ухода, и значительно (на 43%) – древостоям берёзы пушистой (Nakkila, 1971).

Сравнение биологической продуктивности сероольшаников с биологической продуктивностью других мягколиственных пород показало, что сероольшаник кислично-черничный в 22-23-летнем возрасте по величине фитомассы и годичной продукции превосходил березняк и осинник такого же возраста (Данилов, 1976; Капли-

на, 1986, 1988; Рождественский, 1982, 1986, 1988). Даже в относительно спелом возрасте среднегодовой прирост древостоев ольхи серой на 17% выше, чем у осины (Lohmus et al., 1996), и в лучших условиях произрастания может достигать годичной продукции до 17 т на 1 га (Aosaar et al., 2012). При рубке ольхи серой в возрасте 15-20 лет можно получить вдвое больше древесины с 1 га, чем при рубке осины и берёзы в соответствующем возрасте (Daugavietis et al., 2009).

Благодаря способности производить большое количество фитомассы за короткий промежуток времени ольху можно рассматривать как перспективную древесную породу для ведения лесного хозяйства в целях повышения углерододепонирующей способности лесов.

На территории Ярославской области, согласно мастералам исследований, молодые сероольшаники возрастом 6-13 лет превосходят насаждения берёзы по объёмам фитомассы практически в полтора раза (Гульбе, 2008, 2009).

Из других видов ольхи наиболее изучена биологическая продуктивность близкой ольхе серой по биоэкологическим свойствам ольхи красной (*Alnus rubra* Bong.), произрастающей в Северной Америке (Giardina et al., 1995). По продукционным способностям ольха серая не отличается от красной ольхи, годичная продукция которой близка к максимальной для древесных растений умеренных широт (Smith, 1978). Исследуя сведения о том, какой степенью продуктивности описывается красная ольха, Н. Смит обращает внимание на то, что в тех древостоях, которые находятся в возрасте девяти-десяти лет, средняя величина надземной фитомассы составляет 82,0 т/га¹. При этом средняя продуктивность, показываемая соответствующими насаждениями, составляет 9 тонн ежегодно. По мнению специалиста, необходимо учитывать также и воздействие такого фактора, который проявляет себя в отпаде фитомассы, а также в её потере вследствие деятельности насекомых (Cleve et al, 1971). И если сокращать размер фитомассы вследствие воздействия, оказываемого перечисленными выше факторами, то оказывается, что её фактическая величина составляет 28,6 т/га¹/год¹. Она является сопоставимой со средне производимой продукцией

фитомассы теми растениями, которые произрастают в умеренных широтах, а она, соответственно, равняется $33 \text{ т/га}^1/\text{год}^1$.

В России вертикально-фракционное распределение фитомассы и годичной продукции сероольшаников рассматривалось Ю.И. Даниловым (1976) и Я.И. Гульбе (1988). В зарубежных работах приводятся материалы по вертикальному строению фитомассы и годичной продукции близких систематически и по биоэкологическим свойствам видов ольхи. В Японии получены данные о распределении по вертикали фитомассы и годичной продукции древостоя *Alnus inokumai* Murai et Kusaka (Kato, Segawa, 1973), а в США – массы листьев древостоя ольхи красной (*Alnus rubra* Bong.) (Borrmann, Gordon, 1984).

1.4 Выводы по Главе 1

1. Ольха серая имеет важное биологическое и хозяйственное значение. Сероольховые насаждения выполняют почвозащитные, почвоулучшающие, мелиоративные функции, регулируют стоки, предотвращают образование снежных лавин и селевых потоков, способствуют сохранению полноводности рек, играют значительную роль в растительных сукцессиях. Благодаря своим биоэкологическим особенностям ольха серая принимает активное участие в заселении лесной растительностью неиспользуемых сельскохозяйственных земель. Ольха серая является одной из ведущих пород, обладающих способностью к азотфикации. Благодаря этой особенности она успешно применялась для облесения отвалов и при создании лесных культур в качестве вспомогательной породы. Высокая производительность сероольшаников в сочетании с относительной устойчивостью этой древесной породы к энтомо – и фитовредителям позволяет использовать эту породу при создании плантаций для получения древесной массы и энергетического сырья.

2. Для решения целого ряда природоохранных и хозяйственных задач необходимо знание динамики всех компонентов биологической продуктивности сероольшаников, поскольку выполнение ими как экологических, так и хозяйственных функций, как правило, тесно связано с их биопродуктивностью. Вместе с тем,

как в России, так и за рубежом изучению первичной продуктивности сероольшаников уделялось недостаточное внимание. Данные фрагментарны и касаются преимущественно биологической продуктивности молодых древостоев ольхи серой. Проведённые исследования не дают полного представления о возрастной динамике биологической продуктивности насаждений ольхи серой. Данные о вертикально-фракционном распределении фитомассы и годичной продукции сероольшаников единичны.

3. Ольха серая относится к одной из самых быстрорастущих пород в таёжной зоне России. Сероольховые насаждения имеют короткий оборот рубки, в определенных лесорастительных условиях не требуют затрат на лесовосстановление. Данные качества позволяют рассматривать сероольшаники как сырьевую базу для целлюлозно-бумажных комбинатов и других предприятий, ориентированных на глубокую переработку древесины. Помимо этого, ольха серая является фармакопейным видом, используется в фармацевтической промышленности и применяется в народной медицине.

4. Сероольховые древостои остаются малоизученными, а исследования, проведённые в Архангельской области единичны, поэтому предприятия лесного хозяйства и лесоустройства не располагают достаточным количеством нормативных документов о состоянии и росте насаждений ольхи серой для ведения лесного хозяйства и сохранения репрезентативности участков лесного фонда. По этой причине требуется скорейшая разработка лесоводственно-таксационных нормативов и справочных материалов для учёта, оценки, использования и сохранения древостоев ольхи серой на Европейском Севере России, что и определило направление наших исследований.

ГЛАВА 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Географическое положение и лесорастительное районирование

Изучение насаждений ольхи серой проводили в таёжной зоне на северо-востоке Европейского Севера России на территории Архангельской области, которая занимает территорию 589,913 тыс. км² и граничащая с Республикой Коми, Республикой Карелией, Кировской и Вологодской областями. В её состав входит Ненецкий автономный округ, являющийся самостоятельным субъектом Российской Федерации. К территории области относятся архипелаги Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и острова – Вайгач, Колгуев, Соловецкие. Административный центр области – город Архангельск (Доклад. Состояние и охрана окружающей среды..., 2022).

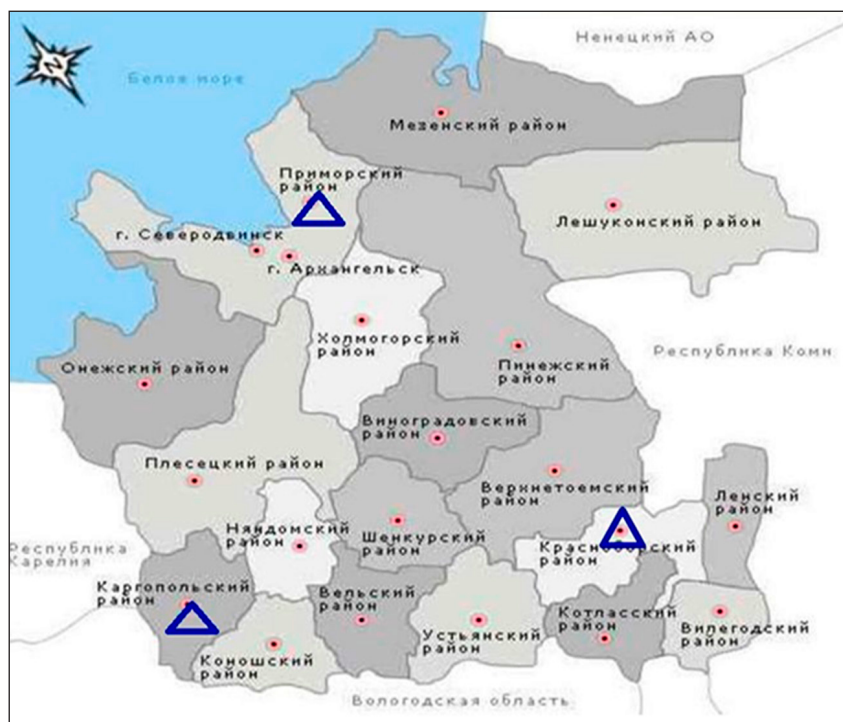
По административному делению Российской Федерации Архангельская область входит в состав Северо-Западного Федерального округа (Лесной план..., 2018). Географическое положение территории определяется 60°38' до 81°52' северной широты и от 35°19' до 69°11' восточной долготы от Гринвича (Трубин и др..., 2000; Поморская энциклопедия..., 2007).

Площадь земель, на которых расположены леса Архангельской области по данным государственного лесного реестра по состоянию на 01.01.2023 г., составляет 29 347,5 тыс. га и занимает 71 % от общей площади области. При этом лесными насаждениями занято 22 331,6 тыс. га. Без учета площади безлесных арктических островов (10,4 млн. га) лесистость области составляет 72,3 %, что характеризует её как многолесный регион Российской Федерации (Лесной план..., 2018). С учётом островов Белого моря и Северного Ледовитого океана, Новой Земли, административных районов

и городов лесистость Архангельской области составляет 53,9% (Доклад. Состояние и охрана ..., 2022).

Район исследования по лесорастительному районированию находится в северо-таёжном европейской части Российской Федерации (Приморский муниципальный район) и Двинско-Вычегодском (Каргопольский и Красноборский муниципальные районы) лесных районах таёжной лесорастительной зоны (Приказ МПР и экологии РФ № 367, 2014).

На рис. 2.1. представлена карта-схема расположения объектов исследования на территории Архангельской области.



Условные обозначения:  – объекты исследования

Рис. 2.1. Карта-схема расположения объектов исследования на территории Архангельской области (Карта районов Архангельской области...)

2.2 Климат

Территория Архангельской области расположена в трёх климатических поясах: арктическом, субарктическом и умеренном. В арктическом климатическом поясе находятся архипелаг Земля Франца-Иосифа и остров Северный архипелага Новая Земля. Остров Южный архипелага Новая Земля, острова Колгуев, Вайгач, Ненецкий автономный округ расположены в субарктическом поясе. Основная часть территории области расположена в атлантико-арктической области умеренного пояса (Поморская энциклопедия..., 2007). Климат определяется географическим положением области на севере европейской части Российской Федерации, влиянием холодных вод арктических морей и значительной протяженностью территории с севера на юг (Агроклиматические ресурсы..., 1971).

Особенностью климата Архангельской области является частая смена воздушных масс, связанная с прохождением циклонов со стороны Атлантического океана. Прохождение циклонов вызывает пасмурную с осадками погоду, теплую, нередко с оттепелями зимой и прохладную летом. Циклоничность наиболее развита осенью и зимой, летом она ослабевает. Воздушные массы, вторгающиеся из Арктики, в основном со стороны Карского моря. Зимой такие вторжения сопровождаются резкими похолоданиями, при которых минимальная температура понижается до минус 54-57°C на северо-востоке и до минус 45-50°C на остальной территории. Самым теплым месяцем года является июль, самым – холодным – январь. Влияние морей сильно сказывается на распределении температуры воздуха, как зимой, так и летом: зимой температура воздуха на побережье морей выше, чем в удалении от моря, а летом – ниже. Средняя годовая температура воздуха уменьшается с юго-запада на северо-восток от минус 1,5-1,8°C, на юге Архангельской области до минус 7°C, на арктических островах до минус 12°C (Грищенко, 2017).

Архангельская область относится к зоне достаточного увлажнения. Количество атмосферных осадков в течение всего года определяется, главным образом, активной циклонической деятельно-

стью. Особенно обильные осадки выпадают при циклонах, перемещающихся из районов Чёрного и Средиземного морей. Циклоны с Атлантики приносят осадки менее интенсивные, но более продолжительные. На характер распределения осадков также влияет подстилающая поверхность. Под влиянием возвышенностей (Тиманский кряж, Ветреный пояс, Коношско-Няндомская возвышенность и др.) происходит перераспределения осадков: увеличение их на наветренных склонах и уменьшения на подветренных. Заметное уменьшение осадков наблюдается вблизи крупных водоёмов (Агроклиматические ресурсы..., 1971).

Годовое количество осадков увеличивается в направлении с севера на юг. На арктических островах выпадает в год 150-200 мм, на побережье морей – 300-400 мм, на остальной территории 450-600 мм. Число дней с осадками составляет в среднем 200-210, на арктических островах 180-190. На территории области преобладает пасмурная погода: число пасмурных дней по облачности в году колеблется от 220 на севере, до 170 на юге области. Несмотря на сравнительно невысокие годовые суммы осадков, на данной территории создается переувлажнённость почвы, так как солнечного тепла, поступающего на поверхность земли, здесь меньше того количества, которое необходимо для испарения осадков, выпадающих за год (Агроклиматический справочник..., 1961).

Близость морей, наличие многочисленных рек, озёр и особенно болот способствует большой влажности воздуха. Средняя относительная влажность воздуха особенно высока на побережье морей и изменяется за год от 83-87% на севере и до 77-81% на остальной территории. Осадки зимой выпадают в основном в твердом виде. Снежный покров залегает от 300 дней на Земле Франца Иосифа до 163 дней на юге области. Средняя высота снежного покрова за зиму, на большей части территории, составляет 75-85 см, на островах Арктики и побережье 40-50 см.

Географическое распределение различных направлений ветра и его скоростей определяется сезонным режимом барических центров. В годовом ходе отчетливо выражена смена преобладающих румбов ветра: в холодный период преобладают южные и юго-за-

падные ветры, в теплый – северные и северо-восточные (Агроклиматические ресурсы..., 1971).

Климату Архангельской области присуще все четыре времени года. Однако деление года на равные по длительности четыре календарных сезона: весна (март-май), лето (июнь-август), осень (сентябрь-ноябрь), зима (декабрь-февраль), недостаточно четко отражает погодные условия (Грищенко, 2017).

2.3 Геологическое строение и рельеф

Рельеф Архангельской области представляет собой сочетание форм, созданных различными рельефообразующими процессами. Основные черты – конфигурация и плановое положение, гипсометрический уровень, характер и степень расчленённости рельефа – предопределили древние геологические и геоморфологические структуры территории. Архангельская область расположена на севере Восточно-Европейской равнины или Русской равнины (Агроклиматический справочник..., 1961).

По характеру рельефа территория Архангельской области представляет собой волнистую равнину, покатую к Белому морю и расчленённую на отдельные участки широкими низинами, по которым протекают главнейшие реки с крупными притоками – Онега, Северная Двина, Мезень. Наклон поверхности возвышенных равнин на северо-запад подчеркивается течением рек к Белому морю. Также в данной зоне встречается и северо-восточные ориентировки наклона. Подобная взаимно перпендикулярная ориентировка низменного рельефа, представленного Воже-Лачинской равниной, Водлинской, Мошинской, Важской, Северодвинской низменностями, усиливает островной характер междуречных возвышенных равнин (Поморская энциклопедия..., 2007).

Основные водораздельные плато и отдельные возвышенности редко превышают 200-300 м над уровнем моря, что при пологости склонов не нарушает общего равнинного характера поверхности (Агроклиматический справочник..., 1961).

К югу от приморских низменностей расположены возвышенные равнины с преобладающими высотами 100-250 м. Доминирую-

щее положение среди них занимают Северо-Онежская, Андомско-Кенозерская, Онего-Двинская, Двинско-Мезенская возвышенности и северная часть Северных Увалов. Грядово-волнистая возвышенность (кряж) Ветреный Пояс с преобладающими высотами 200-270 м расположена на западе Архангельской области между приморскими низменностями и возвышенными равнинами. Грядово-увалистые и холмистые возвышенности Канино-Тиманского кряжа с доминирующими интервалами высот 150-200, 250-350, 350-450 м отделяют приморские равнины от Печорской низменности с абсолютными отметками от 10-50 до 100-230 м. На востоке Печорская низменность граничит с возвышенными равнинами и кряжами Югорского полуострова (Поморская энциклопедия..., 2007).

Большинство форм современного рельефа материковой и островной частей Архангельской области связано с деятельностью ледников, поверхностных и подземных вод, ветра, промерзанием и протаиванием грунтов. Ледники сгладили черты древнего рельефа, образовали в местах длительного таяния холмисто-грядовые моренные комплексы и такие водно-ледниковые формы, как камы, озы и зандры. Потоки ледниковых вод расширили старые и создали современные речные долины. Морские трансгрессии, следующие за тающими ледниками, способствовали ещё большему выравниванию рельефа. Донные отложения заполнили локальные депрессии в земной поверхности, а волны и морские течения смыли отдельные острова и береговые уступы. Унаследованными с древних времен формами рельефа являются сложенные известняками перми и палеозоя платообразные возвышенности Беломорско-Кулойского плато, Каргопольской суши, а также возвышенности Онеги и Северной Двины (Беляев, 2013).

На плоских заболоченных водораздельных плато близко к поверхности подходят палеозойские породы (главным образом известняки и мергели), в то время как низины выполнены мощными толщами четвертичных наносов (морских, озерно-ледниковых и аллювиальных). На поверхности этих плато местами насажены холмы, сложенные ледниковым моренным материалом (Агроклиматический справочник..., 1961).

2.4 Почвы

Почвы и почвенные ресурсы региона весьма разнообразны и неоднородны. Основными причинами являются различное соотношение климата, рельефа, почвообразующих пород, растительности и др. Почвообразующие породы района представлены преимущественно ледниковыми, водно-ледниковыми, озёрно-ледниковыми, морскими, аллювиальными и органогенными отложениями. Эти породы разнообразны по гранулометрическому и химическому составу и физическим свойствам (Варфоломеев, Цымбалюк, 2005; Горячкин, 2010).

Широкое распространение получили ледниковые отложения, преимущественно глинистого, суглинистого и реже супесчаного литологического состава с включением щебня и валунов. Вдоль рек расположены аллювиальные наносы разного возраста и состава. В пойме рек Онега и Пинега встречаются озёрно-ледниковые и озёрные отложения. Широко распространены, но рассредоточены песчаные флювиогляциальные почвообразующие породы с гравием и галькой (Атлас Архангельской области..., 1976).

По гранулометрическому составу почвообразующие породы являются преимущественно двучленными. Верхний, слабо завалуненный слой, имеет песчаный или легкосуглинистый гранулометрический состав, а нижний слой является тяжелосуглинистым валунным слабокарбонатным моренным суглинком или глиной. Обычно в песках или супесях преобладает фракция мелкого песка, иногда в значительных количествах присутствует фракция крупной пыли. Встречаются почвообразующие породы как карбонатные, так и другие – бескарбонатные. Значительно распространены крупнопылеватые суглинки карбонатные и бескарбонатные, которые иногда в пределах почвенного профиля залегают на известняках (Скляров, Шарова, 1970).

Почвообразующие породы как один из факторов почвообразования в большой мере определяют свойства развивающихся на них почв (Скляров, Шарова, 1970; Почвоведение..., 1989; Горячкин, 2010). Обилие осадков при малой величине испарения и преобладание незначительных уклонов местности способствуют повышен-

ной заболоченности, причем часто заболочены как водоразделы, так и долины рек. Степень заболоченности Архангельской области значительная и по бассейнам рек характеризуется следующими цифрами: бассейн Онеги 25,0%, Мезени 17,6% и Северной Двины 8,5% (Агроклиматический справочник..., 1961).

В пределах материковой части Архангельской области площадь болот составляет 5,8 млн. га, или 18% её территории. По материалам торфяного фонда Архангельской области 73% болот относятся к верховому типу, 8% – к переходному и 19% – к низинному. Наибольшую площадь имеют верховые болота – 909 га, далее переходные – 441 га и низинные болота – 230 га (Поморская энциклопедия..., 2007).

Почвы и почвенные ресурсы региона весьма разнообразны и неоднородны. Основными причинами являются различное соотношение климата, рельефа, почвообразующих пород, растительности и др. (Варфоломеев, Цымбалюк, 2005; Горячкин, 2010).

Согласно почвенно-географическому районированию (Добровольский и др., 2008) район исследования относится к Бореальному географическому поясу, Европейско-Западно-Сибирской таёжно-лесной почвенно-климатической области, подзонам глееподзолистых почв, глеезёмов и подзолам северной тайги и подзолистым почвам, глеезёмам и подзолам средней тайги, фациям, длительно промерзающим почвам. В северо-таёжном лесном районе выделены Онежско-Тиманская и Онежско-Двинская провинции (Атлас почв СССР, 1974).

В северо-таёжном районе господствует подзолообразовательный процесс, наиболее ярко выражен в центральной части района. К северу, вследствие нарастания увлажнения, оподзоливание сочетается с глеевым процессом, к югу, благодаря развитию травянистой растительности, с дерновым (Добровольский, Урусевская, 2004). На равнинах он проявляется под разреженной лесной и лугово-травянистой растительностью. В исследуемом районе также встречаются интразональные почвы в виде островков, пятнышек. Например, разновидности болотных почв и др. (Единый государственный реестр..., 2014).

2.5 Гидрологические условия

Архангельская область богата разнообразными водами суши и обладает значительными запасами водных ресурсов. Это связано с повсеместным избыточным увлажнением территории и обладанием равнинного рельефа. В её пределах насчитывается более 72 тыс. рек и ручьёв общей протяжённостью 260 тыс. км и 2500 озёр общей площадью 500 тыс. га. Много болот, есть ледники и многолетняя мерзлота. Разведаны крупные запасы подземных вод.

При относительно равнинном рельефе и слабом наклоне местности главные реки области отличаются спокойным течением и направлены в основном в бассейн Белого моря, за исключением р. Илексы, принадлежащей бассейну Онежского озера, например, средний уклон Северной Двины, составляет всего 0,07% (7 см на 1 км длины). Только в верховьях рек, стекающих с возвышенностей Беломорско-Кулойского плато, Ветреного Пояса, Тиманского кряжа и Коношско-Няндомской возвышенности, уклон достигает 1,9% (Беляев, 2013).

Реки и ручьи образуют густую речную сеть, характер и структура которой определяется повсеместным избыточным увлажнением, равнинным рельефом и особенностями стока в карстовых районах. В среднем на 1 км площади водосборов приходится 500-600 м водостоков, причём в наиболее увлажнённой полосе приморских тундр Ненецкого автономного округа – по 700-800 м, а в карстовых районах Онего-Северодвинского междуречья – 100-300 м. Доля водотоков длиной менее 10 км составляет около 95% от общего количества рек и ручьёв. Количество рек длиной более 100 км – 112, а более 500 км – 6. Речная сеть сосредоточена в основном в четырёх водных системах главных рек области – Онеги, Северной Двины, Мезени, Печоры (Поморская энциклопедия..., 2007).

Долины рек северо-таёжного района сильно разнообразны, заболоченные низменности неширокие, вытянутые с юга на север. По берегам Северной Двины, Пинеги, Онеги, Мезени имеется большое количество заливных лугов. Протяжённость крупнейших рек Архангельской области: Вычегда – 1130 км; Мезень – 966 км;

Пинега – 779 км; Северная Двина – 744 км; Вага – 575 км; Онега – 416 км (Беляев, 2013).

Реки района исследования основное питание получают за счёт таяния накопленного за зиму снега. Весной во время половодья, проходит 60 % массы воды, 10-20 % летом и 5-8 % зимой. Полноводность вод, особенно в меженный период, в сильной степени зависит от лесопокрытой площади территории. Под пологом темныхвойных лесов таяние снега задерживается, благодаря чему растягивается весеннее половодье. Часть талых вод переходит из поверхностного в подземный сток, восполняя дефицит стока в меженный период. Кроме того, лес, задерживая дождевые осадки, также способствует их переходу в подземный сток (Беляев, 2013).

Озёра на территории Архангельской области распределены неравномерно. Более 95 % озёр относится к очень мелким с площадью зеркала 0,5 км². Общее количество озёр – 59 404 с площадью зеркала 6 072 км². Самыми крупными считаются озёра Лача и Кенозеро, имеющие площадь зеркала 356 км² и 68,6 км² соответственно.

В районах развития карста (Онего-Двинский и Пинега-Двинский водоразделы, Беломорско-Кулойское плато) имеются карстовые озёра. Самое крупное карстовое озеро на севере европейской части России расположено Плесецком районе – исчезающее Сямгозеро. Там, где рельеф носит значительно более спокойный характер, озёра встречаются редко. Многие из них исчезли и превратились в болота, среди них часто встречаются болотистые озёра с торфяными берегами и незначительными глубинами. Значительное распространение имеют мелкие озёра – старицы, в изобилии встречаются в поймах крупных рек (Поморская энциклопедия..., 2007).

2.6 Выводы по Главе 2

1. По лесотаксационному районированию район исследования относится к северо-таёжному и среднетаёжному лесотаксационным подрайонам. По действующему лесорастительному районированию эта территория относится к таёжной зоне и включает в себя северо-таёжный район европейской части Российской Федерации и Двинско-Вычегодский таёжный район.

2. Климат района исследований, а именно на северо-таёжном районе европейской части Российской Федерации – субарктический, а на Двинско-Вычегодском таёжном районе – континентальный и умеренно-континентальный.

3. В целом природно-климатические условия района исследований вполне благоприятны для успешного роста и развития древостоев ольхи серой.

ГЛАВА 3

ПРОГРАММА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Программа и методика проведения полевых исследований

Программа исследований предусматривала выполнение следующих задач:

1. Разработать таблицы хода роста насаждений ольхи серой для европейского северо-востока Российской Федерации;
2. Получить фактические данные о структуре надземной фитомассы ольхи серой и разработать аллометрические модели её фракций для европейского северо-востока Российской Федерации;
3. Составить уравнения связи веса абсолютно сухой фитомассы фракций ольхи серой с таксационным диаметром для европейского северо-востока Российской Федерации;
4. Разработать модели и таблицу для оценки структуры и динамики надземной фитомассы ольхи серой для европейского северо-востока Российской Федерации;
5. Разработать модели возрастной динамики фракций ольхи серой и провести сравнительный анализ полученных результатов с данными о продуктивности ольхи серой в других регионах;
6. Разработать научно-обоснованные рекомендации по ведению хозяйства в насаждениях с преобладанием и участием ольхи серой для европейского северо-востока Российской Федерации.

При обосновании методов исследований учитывалась необходимость проведения видов работ в полевых и камеральных условиях, обобщения, анализа и интерпретации полученных результатов.

На подготовительном этапе проведения полевых работ изучали материалы лесоустройства (таксационные описания, проекты освоения лесных участков; материалы крупномасштабной аэрофотосъёмки и космической съёмки). На основании анализа этих материалов подбирались участки с преобладанием ольхи серой в таёжной зоне Архангельской области.

В основу изучения насаждений ольхи серой положены системный подход, а также зонально-типологический и статико-динамический метод исследований по Н.П. Кобранову (1973), при которых производится изучение большого количества участков в отдельных фазах роста и развития растений, в наиболее распространенных экологических условиях. Этот метод позволяет регистрацию статического состояния, в котором находятся насаждения в отдельных фазах роста и развития, дать их лесоводственную оценку. В качестве критериев этой оценки использовали средние таксационные показатели насаждений.

В целом методика проведённых исследований разработана на классических методах лесоводства и лесной таксации. Перед закладкой пробных площадей проводился осмотр участка и при необходимости он разделялся на однородные выделы по лесорастительным условиям, густоте и размещению древесных пород (Анучин, 1971; ОСТ 56-69-83 «Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки» (1984)).

При сборе полевых материалов закладывали временные пробные площади. Закладка и таксация пробных площадей необходима для изучения природы леса, изучения прироста древостоя и других целей. Временная пробная площадь в натуре отграничена визирами с постановкой прочных угловых столбов, на которых указывался: номер пробы, год закладки и её площадь. Временная пробная площадь привязывалась к существующей квартальной сети и GPS навигатором отмечались её координаты.

Перечёт деревьев на пробной площади проводился по древесным породам. Измерялись диаметры деревьев в двух взаимно перпендикулярных направлениях (С-Ю и З-В) на высоте 1,3 м от шейки корня. Высоту груди отмеряли специально приготовленной меркой. Высоты измерялись лазерным высотомером у 10-15 модельных деревьев для каждой породы разной толщины.

Кроме того, придерживались рекомендаций и специальной литературы по закладке и таксации пробных площадей, которая изложена в трудах Н.Н. Соколова (1978), Н.П. Анучина (1982), П.М. Верхунова, В.Л. Черных (2007) и др. После проведения рекогносцировочного обследования на участке выбиралось наиболее

характерное место, которое соответствовало цели исследования. Количество деревьев главной (изучаемой) породы, составляло 150-300 шт. на пробную площадь, что позволяло определить основные таксационные показатели с необходимой в лесной таксации точностью 2-5 %.

После отграничения пробной площади в натуре и фиксации координат в GPS-навигаторе приступали к перечислительной таксации древостоя. На каждой пробной площади проводили сплошной перечёт деревьев при помощи мерной вилки. При индивидуальном перечёте деревьев измерения проводили на высоте 1,3 метра по точной шкале, по породам и категориям технической годности. Во избежание повторного измерения дерева, каждое дерево маркировалось мелом. Данная маркировка является безопасной для деревьев в отличие от затесок или применения резака. К тому же мел не останется на стволе дерева и смоемся выпадающими осадками.

После проведения сплошного перечёта деревьев измерялись высоты 10-15 модельных деревьев для каждой породы разной толщины. Высоты измерялись при помощи лазерного высотомера Hagluf Vertex Laser V12/360. Точность данного высотомера высокая и составляет $\pm 0,1$ м. Высокая точность лесотаксационного оборудования позволяла качественно собрать полевые материалы.

При взятии и обработке кернов руководствовались методическими рекомендациями (Столяров и др., 1988). Образцы древесины отбирались на высоте 1,3 м для изучения прироста и на 0 м для определения возраста древостоя. Данные обмера деревьев последующих учётов на пробе позволяют определить периодические приросты по диаметру, площади сечения и высоте ствола у каждого обмеренного дерева. При учёте подлеска устанавливался видовой состав и характер размещения его в древостое.

Для изучения хода роста и продуктивности насаждений ольхи серой брались модельные деревья, рубка которых проводилась на каждой заложенной пробной площади. У данных деревьев рулеткой определяли длину. Затем модельное дерево разбивали на секции относительной длины. У модельных деревьев измеряли диаметры в коре и без коры, число слоев на срезах на 0 м, 1,3 м, 0,1Н, 0,2Н, 0,3Н, 0,4Н, 0,5Н, 0,6Н, 0,7Н, 0,8Н и 0,9Н. Данные из-

мерений записывали в специальный бланк по модельным деревьям. Кроме диаметров в бланке указывали расстояние до живого и мертвого сучка, наличие гнилей и других пороков древесины (ГОСТ 2140-81 «Видимые пороки древесины» (1982)). Далее проводили окорку модельного дерева, разделку его на отрезки, затем аккуратно укладывали, чтобы не ухудшать санитарно-эстетическую ситуацию в насаждении.

Модельные деревья на временных пробных площадях брали за пределами пробы. Подсчёт годичных слоёв и измерение диаметра ствола выполнялись в каждой секции. Возраст дерева определялся по числу годичных слоёв на нулевом срезе (уровень корневой шейки).

При определении фитомассы и продуктивности древостоев ольхи серой использовали методические положения, опубликованные ранее (Уткин, 1975; Уткин и др., 1982; Усольцев 1988; Усольцев, Залесов, 2005). Фитомассу и годичную продукцию сероольшаников определяли по модельным деревьям, отобраным по ступеням толщины с последующей обработкой полученных данных статистическими методами. При обработке модельных деревьев выделялись следующие фракции: ствол (с разделением на древесину и кору), ветви (сегменты скелетных осей крон 2 лет и старше), побеги текущего года (включая вершинный побег), листья, генеративные органы и отмершие ветви. Для определения массы фракций фитомассы использован весовой способ. Расчёт фитомассы проводился регрессионным методом, в качестве аргумента для моделей регрессии брался диаметр ствола на высоте 1,3 м.

Образцы фракций, взятые для определения влажности, высушивались в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре +105°C и повторно взвешивались. В итоге для каждого модельного дерева получены объёмы ствола в коре и без коры, а также массы древесины и коры ствола, листвы и ветвей (скелета ветвей). Годичную продукцию древесины и коры стволов определяли по доле годичного прироста по объёму. Годичная продукция ветвей рассчитывалась по вертикальным слоям делением массы ветвей в слое на среднее число годичных колец на стволе в этом слое. Для определения элементов надземной фитомассы отобрано

63 модельных деревьев ольхи серой. Полученные данные использовали для построения графиков и таблиц распределения фитомассы насаждений ольхи серой.

После закладки пробных площадей проводили первичную обработку полевых материалов, которая заключается в вычислении таксационной характеристики древостоя. При обработке собранных материалов использовались классические методические и теоретические рекомендации, которые описаны в трудах (Анучина, 1982; Гусева, 2002; Верхунова, Черных, 2007). Средний диаметр определяли для всех категорий технической годности – деловые, полуделовые, дровяные через площадь поперечного сечения среднего дерева. Средний возраст древостоя определяли по преобладающей породе как средневзвешанный по модельным деревьям.

Класс бонитета находили по соотношению средней высоты преобладающей породы и среднего возраста по бонитировочной шкале М.М. Орлова (1926). Запас древостоя определяли по объёмным разрядным таблицам для всех древостоев. Для пользования разрядными таблицами установили разряд высот по каждой породе.

На этапе обработки экспериментальных данных применяли математические и статистические методы, которые позволили объективно оценить полученные результаты и сделать обоснованные выводы с определенной степенью достоверности. Все статистические анализы выполняли на 5% уровне значимости, что считается достаточным для биологических исследований.

Для характеристики распределений вычисляли статистические показатели (Гусев, 1980, 2002): среднее значение (M); стандартное отклонение (δ); основная ошибка среднего значения (m); коэффициент изменчивости (C); точность опыта (p); достоверность среднего значения (t). Полученные распределения числа деревьев по диаметру, как общему признаку, были проверены на нормальность (критерий Шапиро-Уилка) и однородность дисперсий (критерий Фишера (Левена)). При проверке значимости различий между средними значениями выборочных совокупностей использовали параметрический критерий Стьюдента. При обработке полевых материалов использовались офисная программа Microsoft Office Excel и интегрированный статистический пакет Statistica 12

(StatSoft Russia). Для построения графиков высот и нахождения наиболее оптимальных уравнений связи применялась программа Curve Expert 1.3. Многофакторный регрессионный анализ выполнен в программе Statgraphics-19 (2023). Для определения географических координат пробных площадей и точного определения их площади применяли GPS-навигатор.

3.2 Объём выполненных работ

Всего на территории Архангельской области в полевой сезон 2020-2021 гг. было заложено 60 пробных площадей. Подбирались чистые древостои ольхи серой или с примесью других пород. Пробы закладывались на территории Архангельского лесничества (северо-таёжный лесной район) в количестве 30 шт. Заложено по 15 пробных площадей – в Красноборском и Каргопольском лесничествах (Двинско-Вычегодский лесной район).

В Приморском муниципальном районе Архангельской области было взято 198 образцов кернов, в Красноборском муниципальном районе – 137, а в Каргопольском муниципальном районе – 157 кернов. В полевой сезон 2020 г. срублено и обмерено 63 шт. модельных деревьев ольхи серой, в полевой сезон 2021 г. было обмерено 30 модельных деревьев.

Для составления таблиц хода роста использованы 193 модельных дерева ольхи серой и материалы 175 пробных площадей, в том числе проведены дополнительные обследования на заложенных ранее сотрудниками ФБУ «СевНИИЛХ» 115 пробных площадях. Для определения фракционного состава надземной фитомассы было использовано 30 пробных площадей, на которых были взяты модельные деревья в возрастном диапазоне от 5 до 85 лет. По 63 модельным деревьям получены результаты измерений веса фракций во влажном и абсолютно сухом состоянии листьев, ветвей, древесины и коры для изучения структуры и динамики надземной фитомассы ольхи серой.

ГЛАВА 4

ОСОБЕННОСТИ ХОДА РОСТА ОЛЬХИ СЕРОЙ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Для ведения научно-обоснованного лесного хозяйства необходимо знать закономерности роста и развития древостоев. В связи с этим исследования хода роста насаждений проводились со времен становления лесной отрасли. Конечным практическим результатом данной научной деятельности являются таблицы хода роста. Как известно, хорошо обоснованные таблицы хода роста, правильно отражающие изменение основных таксационных показателей с возрастом, являются хорошим справочным пособием при решении ряда лесохозяйственных задач: определении относительной полноты древостоев, запаса и прироста при глазомерной таксации и дешифрировании данных дистанционного зондирования лесных насаждений, установлении возраста спелости и оптимального размера лесопользования.

Для разработки таблиц хода роста применяются различные методические подходы, наиболее подробно описанные Н.П. Анучиным (2004). В.В. Антанайтис и В.В. Тябера (1982) все таблицы хода роста предложили условно разделить на 4 группы:

1. Таблицы хода роста нормальных насаждений, которые составляют по классам бонитета и могут служить нормативами полноты и запаса.

2. Таблицы хода роста модальных насаждений, разработанные с использованием массовых материалов глазомерной таксации и обработанные математико-статистическими методами. Они характеризуют фактическое состояние лесного фонда, могут применяться для оценки динамики участков лесного фонда.

3. Таблицы хода роста древостоев разной густоты по типам леса. Они применяются так же, как и по классам бонитета. Наи-

более полно они отражают фактический рост и продуктивность встречающихся древостоев и характеризуют рост нормальных, модельных и оптимальных насаждений, могут применяться при проектировании ухода за лесом. Тип леса служит основанием для отнесения насаждения к одному естественному ряду.

4. Таблицы хода роста оптимальных насаждений составленные как по типам леса, так и по классам бонитета. Могут использоваться для определения целей хозяйства и решения целого ряда практических задач: установление возраста рубки, спелости леса и др. (Антанайтис, Тябера, 1982).

Для разработки таблиц хода роста использовали метод ЦНИИЛХ (Анучин, 2004). Метод разработан в ЦНИИЛХе (ныне СПбНИИЛХ) под руководством профессора Н.В. Третьякова. Для составления таблиц хода роста пробные площади закладываются по типам леса. По каждому типу леса не менее 12-15 пробных площадей в разном возрасте. На каждый класс возраста должно приходиться не менее 1-2 пробных площади. Метод разработан для составления таблиц хода роста чистых полных, разновозрастных насаждений. Для исследования отбирались пробные площади, у которых средние высоты не отклоняются более чем на 10 %, а средние диаметры более чем на 15 %, с большими отклонениями пробные площади отбрасывались.

По диаметрам в коре на относительных высотах для каждого модельного дерева вычисляли объём ствола по сложной формуле среднего сечения. По значениям объёмов стволов в коре устанавливали старое видовое число для характеристики формы ствола. Помимо этого, на относительных высотах измеряли прирост диаметра по пятилетиям. Модельные деревья тоже служили критерием отнесения к одному естественному ряду. При отклонении значений коэффициента формы q_2 более чем на $\pm 6\%$ пробные площади отбрасывались. Диапазон высот при соответствующем диаметре был взят по материалам пробных площадей и обмеренным модельным деревьям.

Для разработки таблиц хода роста ольхи серой при полноте 1,0 нами были получены уравнения для определения средней высоты, диаметра и запаса насаждений по классам бонитета. На основе

уравнений разработаны таблицы хода роста нормальных древостоев ольхи серой по классам бонитета. Для окончательного решения вопроса о принадлежности пробных площадей данного типа леса к одному естественному ряду составляли три графика: зависимости средней высоты от возраста, среднего диаметра от возраста и среднего коэффициента формы q_2 от высоты. Эти графики составляются для окончательного отнесения насаждений на пробах к одному естественному ряду.

При составлении таблиц хода роста для выравнивания опытных данных используют линейные уравнения, характеризующие зависимость высоты, диаметра от возраста и q_2 от высоты.

Уравнения имеют вид: для высоты (1):

$$AH = aA + b; \quad (1)$$

для диаметра (2):

$$AD = aA + b; \quad (2)$$

для q_2 (3):

$$H q_2 = aA + b; \quad (3)$$

При составлении таблиц хода роста важнейшим показателем является запас древостоя, который определяется по формуле (4):

$$M = GFH, \quad (4)$$

где G – сумма площадей сечений на 1 га, м²;

F – среднее видовое число;

H – средняя высота древостоя.

Для получения выровненных значений сумм площадей сечений, используют уравнение прямой по формуле (5):

$$GA = aA + b; \quad (5)$$

Расчёт количества деревьев для разного возраста определяется по формуле (6):

$$N = G / g, \quad (6)$$

где G – сумма площадей сечений на 1 га, м²;

g – площадь сечения среднего дерева м².

Видовые числа для ольхи серой f определяли в зависимости от высоты древостоя по формуле (7):

$$f_{1,3} = \frac{1,6131}{H} + 0,3545 ; \quad (7)$$

или через коэффициент формы q_2 по Вейзе по формуле (8):

$$f_{1,3} = q_2^2 \quad (8)$$

Форму стволов ольхи серой изучали по модельным деревьям с использованием старого видового числа. Диапазон высот при соответствующем диаметре был взят по материалам пробных площадей и обмеренным модельным деревьям.

4.1 Ход роста по высоте

На основе полученных уравнений был построен график зависимости высоты от возраста по классам бонитета. В табл. 4.1 и на рис. 4.1 приведены вычисленные по уравнениям (табл. 4.2) значения хода роста по высоте насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России.

Таблица 4.1

**Ход роста по высоте насаждений ольхи серой
в таёжной зоне Европейского Севера России**

Возраст, лет	Высота, м				
	Ia бонитет	I бонитет	II бонитет	III бонитет	IV бонитет
1	2	3	4	5	6
5	3,7	2,6	2,5	2,3	2,0
10	7,9	5,4	4,9	3,9	3,6
15	11,4	8,1	7,0	5,6	5,1
20	14,5	10,7	9,0	7,3	6,5
25	17,1	13,0	10,9	8,9	7,9
30	19,4	15,2	12,5	10,4	9,1
35	21,4	17,1	14,1	11,9	10,2
40	23,1	18,8	15,5	13,2	11,3

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
45	24,7	20,3	16,7	14,4	12,2
50	26,0	21,7	17,8	15,6	13,1
55	27,3	23,0	18,9	16,7	14,0
60	28,4	24,1	19,8	17,7	14,7
65	29,4	-	20,7	18,6	15,5
70	-	-	21,4	-	16,1
75	-	-	22,2	-	-
80	-	-	22,8	-	-
85	-	-	23,4	-	-

Таблица 4.2

Уравнения связи высоты с возрастом (№ 9-13)

№ уравнения	Класс бонитета	Уравнение связи	Диапазон независимой переменной*
9	Ia	$H = \frac{-3,4144397 + 45,331 \times A^{1,159}}{68,701 + A^{1,159}}$	5-55
10	I	$H = \frac{3,77784 + 44,046 \times A^{1,209}}{116,76 + A^{1,209}}$	5-50
11	II	$H = \frac{5,510684 + 38,685 \times A^{1,119}}{93,56 + A^{1,119}}$	5-85
12	III	$H = \frac{5,510684 + 38,685 \times A^{1,119}}{93,56 + A^{1,119}}$	5-60
13	IV	$H = \frac{3,4563122 + 38,581 \times A^{1,004}}{99,59 + A^{1,004}}$	5-70

Примечание: A – средний возраст насаждения, лет; * – уравнение работает в данном возрастном диапазоне.

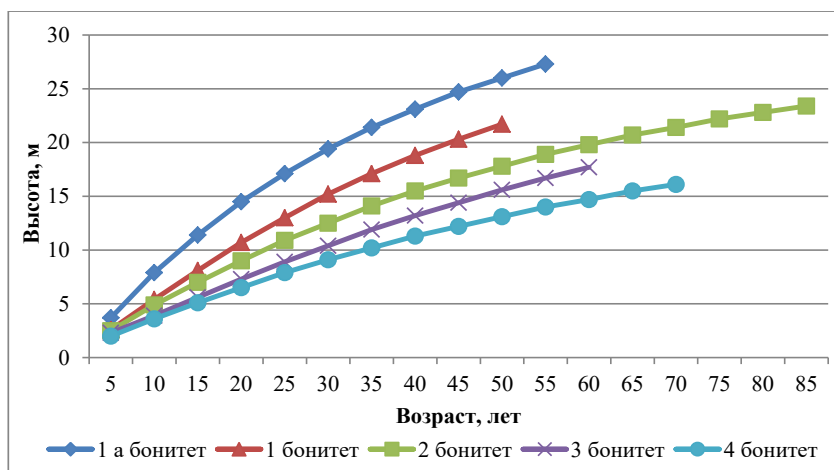


Рис. 4.1. Ход роста по высоте насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

4.2 Ход роста по диаметру

На основе полученных уравнений был построен график зависимости диаметра от возраста по классам бонитета. В табл. 4.3 и на рис. 4.2 приведены вычисленные по уравнениям (табл. 4.4) значения хода роста по диаметру насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России.

Таблица 4.3

Ход роста по диаметру насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

Возраст, лет	Диаметр, см				
	Iа бонитет	I бонитет	II бонитет	III бонитет	IV бонитет
1	2	3	4	5	6
5	2,0	1,2	1,0	0,9	0,8
10	5,2	3,0	2,3	1,7	1,1
15	9,1	5,4	4,7	3,2	2,4
20	12,9	8,2	7,1	5,4	4,0
25	16,3	11,0	9,5	7,3	5,8

Окончание табл. 4.3

1	2	3	4	5	6
30	19,1	13,8	11,6	9,2	7,5
35	21,4	16,5	13,5	11,0	9,4
40	23,3	18,9	15,2	12,8	11,2
45	24,8	21,1	16,6	14,6	13,0
50	26,0	23,1	17,9	15,9	14,3
55	27,0	24,8	19,0	17,2	15,6
60	27,9	25,5	19,9	18,1	17,0
65	28,6	-	20,8	19,2	18,0
70	-	-	21,5	-	19,1
75	-	-	22,2	-	-
80	-	-	22,7	-	-
85	-	-	23,2	-	-

Таблица 4.4

Уравнения связи диаметра с возрастом (№ 14-18)

№ уравнения	Класс бонитета	Уравнение связи	Диапазон независимой переменной*
14	Ia	$D = \frac{48,622131 + 34,439 \times A^{1,785}}{351,57 + A^{1,785}}$	5-55
15	I	$D = \frac{216,519214 + 39,3046 \times A^{1,832}}{950,57 + A^{1,832}}$	5-50
16	II	$D = \frac{26,214056 + 28,425 \times A^{1,789}}{644,08 + A^{1,789}}$	5-85
17	III	$D = \frac{233,675354 + 28,667 \times A^{1,889}}{1323,19 + A^{1,889}}$	5-60
18	IV	$D = \frac{1644,124122 + 27,575 \times A^{2,132}}{3957,93 + A^{2,132}}$	5-70

Примечание: A – средний возраст насаждения, лет; * – уравнение работает в данном возрастном диапазоне.

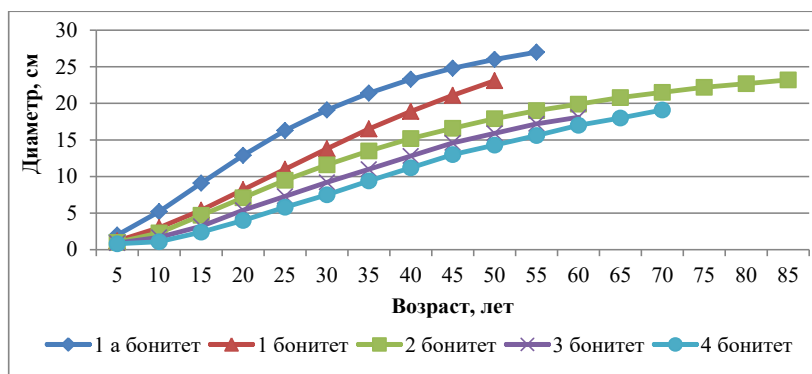


Рис. 4.2. Ход роста по диаметру насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

4.3 Ход роста по сумме площадей сечения

На основе полученных уравнений был построен график зависимости суммы площадей сечения от возраста по классам бонитета. В табл. 4.5 и на рис. 4.3 приведены вычисленные по уравнениям (табл. 4.6) значения хода роста по сумме площадей сечений насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России.

Таблица 4.5

Ход роста по сумме площадей сечений насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

Возраст, лет	Сумма площадей сечений, м ² на 1 га				
	Iа бонитет	I бонитет	II бонитет	III бонитет	IV бонитет
1	2	3	4	5	6
5	4,7	4,0	3,5	2,8	2,4
10	10,3	8,5	7,2	6,5	4,9
15	15,7	12,6	10,9	9,5	7,3
20	20,8	15,6	14,7	13,5	9,7
25	25,3	21,6	18,3	16,1	11,9

Окончание табл. 4.5

1	2	3	4	5	6
30	28,9	27,0	21,7	18,2	14,0
35	31,4	30,9	24,8	19,5	15,7
40	32,4	32,5	27,4	20,2	17,2
45	31,9	31,1	29,4	20,9	18,3
50	29,4	29,0	30,9	21,5	19,0
55	24,6	-	31,5	21,6	19,1
60	-	-	31,3	20,2	18,7
65	-	-	30,1	-	17,6
70	-	-	27,8	-	15,9
75	-	-	24,3	-	-
80	-	-	19,6	-	-
85	-	-	13,4	-	-

Таблица 4.6

**Уравнения связи суммы площадей сечений,
м²/га с возрастом (№ 19-23)**

№ уравнения	Класс бонитета	Уравнение связи	Диапазон независимой переменной*
19	Ia	$G = -0,1799 + 0,9805 \times A + 0,01059 \times A^2 - 0,00037 \times A^3$	5-55
20	I	$G = 0,7056 + 0,3835 \times A + 0,03485 \times A^2 - 0,000623 \times A^3$	5-50
21	II	$G = 0,0094 + 0,6697 \times A + 0,00605 \times A^2 - 0,000142 \times A^3$	5-85
22	III	$G = -0,53598 + 0,78897 \times A - 0,004656 \times A^2 - 4,5455 \times A^3$	5-60
23	IV	$G = 0,008431 + 0,47134 \times A + 0,00226 \times A^2 - 8,2152 \times A^3$	5-70

Примечание: A – средний возраст насаждения, лет; * – уравнение работает в данном возрастном диапазоне.

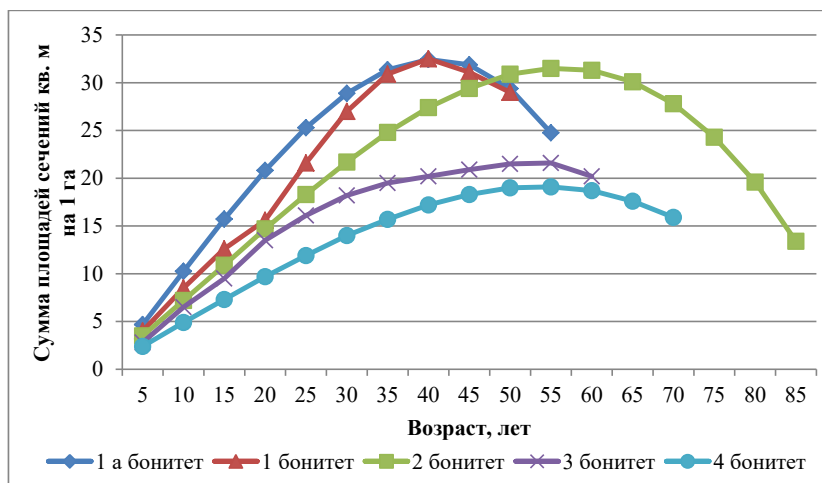


Рис. 4.3. Ход роста по сумме площадей сечений насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

4.4 Ход роста по запасу

На основе полученных уравнений был построен график зависимости запаса от возраста по классам бонитета. В табл. 4.7 и на рис. 4.4 приведены вычисленные по уравнениям (табл. 4.8) значения хода роста по запасу насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России.

Таблица 4.7

Ход роста по запасу насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

Возраст, лет	Запас, м ³				
	Iа бонитет	I бонитет	II бонитет	III бонитет	IV бонитет
1	2	3	4	5	6
5	13,0	9,0	8,0	8,0	5,0
10	46,0	29,0	23,0	20,0	13,0
15	92,0	57,0	45,0	37,0	24,0

Окончание табл. 4.7

1	2	3	4	5	6
20	148,0	87,0	72,0	57,0	38,0
25	207,0	141,0	103,0	78,0	53,0
30	263,0	200,0	137,0	100,0	69,0
35	311,0	252,0	172,0	118,0	85,0
40	345,0	289,0	206,0	133,0	100,0
45	359,0	296,0	236,0	149,0	114,0
50	348,0	292,0	262,0	163,0	125,0
55	305,0	-	281,0	173,0	132,0
60	-	-	291,0	170,0	135,0
65	-	-	290,0	-	133,0
70	-	-	277,0	-	124,0
75	-	-	249,0	-	-
80	-	-	206,0	-	-
85	-	-	144,0	-	-

Таблица 4.8

Уравнения связи запаса древостоя с возрастом (№ 24-28)

№ уравнения	Класс бонитета	Уравнение связи	Диапазон независимой переменной*
24	Ia	$M = -0,3114 + 0,09918 \times A + 0,5165 \times A^2 - 0,00759 \times A^3$	5-55
25	I	$M = 7,31468 - 3,35837 \times A + 0,5556 \times A^2 - 0,00738 \times A^3$	5-50
26	II	$M = 2,2047 - 0,12518 \times A + 0,2283 \times A^2 - 0,00246 \times A^3$	5-85
27	III	$M = -0,7253 + 1,2666 \times A + 0,10723 \times A^2 - 0,001343 \times A^3$	5-60
28	IV	$M = 0,5997 + 0,3156 \times A + 0,09959 \times A^2 - 0,001126 \times A^3$	5-70

Примечание: A – средний возраст насаждения, лет; * – уравнение работает в данном возрастном диапазоне.

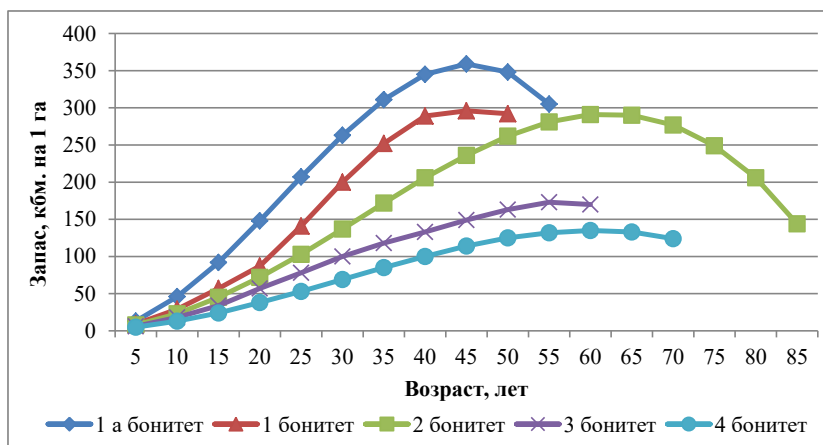


Рис. 4.4. Ход роста по запасу насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

4.5 Таблицы хода роста насаждений ольхи серой в таёжной зоне Европейского Севера России

Таблицы хода роста составлялись по бонитетам с учетом типа леса. Для исследования процесса формирования насаждений по высоте при различных бонитетах были взяты модельные деревья. После подбора бонитировочной шкалы все пробные площади были распределены по типам леса и классам бонитета и выровнены с использованием математических уравнений.

Распределение пробных площадей, использованных для разработки нормативов по классам бонитета, приведено в табл. 4.9.

Таблицы хода роста ольхи серой при полноте 1,0 по классам бонитета приведены в табл. 4.10.

Сравнение хода роста ольхи серой в северо-таёжном и Двинско-Вычегодском лесных районах северо-востока европейской части России с данными других авторов, полученных для других регионов, позволяет отметить общие тенденции изменения показателей, как в естественных условиях произрастания, так и при плантационном выращивании (Arhipova et al., 2011; Plantation Forests: A Guarantee..., 2020).

Таблица 4.9

Распределение пробных площадей по бонитетам

Класс бонитета	Количество пробных площадей
Ia бонитет	12
I бонитет	75
II бонитет	52
III бонитет	22
IV бонитет	14
Всего	175

Таблица 4.10

Таблицы хода роста насаждений ольхи серой при полноте 1,0

Возраст, лет	Средние		Число стволов, шт.	Видовое число	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Прирост, м ³ /га	
	Высота, м	Диаметр, см					средний	текущий
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ia класс бонитета								
5	3,7	2,0	14907	0,740	4,7	13,0	2,59	-
10	7,9	5,2	4907	0,564	10,3	46,0	4,55	6,52
15	11,4	9,1	2424	0,515	15,7	92,0	6,17	9,39
20	14,5	12,9	1590	0,492	20,8	148,0	7,41	11,16
25	17,1	16,3	1215	0,479	25,3	207,0	8,29	11,78
30	19,4	19,1	1009	0,470	28,9	263,0	8,78	11,25
35	21,4	21,4	871	0,464	31,4	311,0	8,89	9,57
40	23,1	23,3	762	0,460	32,4	345,0	8,62	6,74
45	24,7	24,8	660	0,457	31,9	359,0	7,98	2,79
50	26,0	26,0	552	0,454	29,4	348,0	6,95	-2,29
55	27,3	27,0	431	0,452	24,6	305,0	5,55	-8,48
I класс бонитета								
5	2,6	1,2	33611	0,894	4,0	9,0	1,83	-
10	5,4	3,0	11999	0,637	8,5	29,0	2,92	4,01

Продолжение табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	8,1	5,4	5459	0,559	12,6	57,0	3,82	5,63
20	10,7	8,2	2963	0,522	15,6	87,0	4,35	5,95
25	13,0	11,0	2258	0,502	21,6	141,0	5,66	10,87
30	15,2	13,8	1793	0,488	27,0	200,0	6,66	11,66
35	17,1	16,5	1447	0,479	30,9	252,0	7,21	10,54
40	18,8	18,9	1158	0,472	32,5	289,0	7,21	7,21
45	20,3	21,1	890	0,467	31,1	296,0	6,57	1,42
50	21,7	23,1	694	0,464	29,0	292,0	5,84	-0,74
II класс бонитета								
5	2,5	1,0	44585	0,904	3,5	8,0	1,58	-
10	4,9	2,3	17608	0,662	7,2	23,0	2,31	3,03
15	7,0	4,7	6399	0,584	10,9	45,0	2,98	4,31
20	9,0	7,1	3688	0,544	14,7	72,0	3,59	5,45
25	10,9	9,5	2605	0,521	18,3	103,0	4,14	6,30
30	12,5	11,6	2056	0,505	21,7	137,0	4,58	6,81
35	14,1	13,5	1732	0,495	24,8	172,0	4,92	6,96
40	15,5	15,2	1517	0,487	27,4	206,0	5,15	6,72
45	16,7	16,6	1358	0,481	29,4	236,0	5,25	6,11
50	17,8	17,9	1229	0,476	30,9	262,0	5,24	5,12
55	18,9	19,0	1114	0,472	31,5	281,0	5,10	3,74
60	19,8	19,9	1002	0,469	31,3	291,0	4,85	1,99
65	20,7	20,8	888	0,466	30,1	290,0	4,46	-0,14
70	21,4	21,5	766	0,464	27,8	277,0	3,95	-2,64
75	22,2	22,2	632	0,462	24,3	249,0	3,32	-5,51
80	22,8	22,7	483	0,461	19,6	206,0	2,57	-8,74
85	23,4	23,2	316	0,459	13,4	144,0	1,69	-12,34
III класс бонитета								
5	2,3	0,9	40637	0,951	2,8	6,0	1,22	-
10	3,9	1,7	28651	0,724	6,5	18,0	1,84	2,47
15	5,6	3,2	11818	0,628	9,5	34,0	2,23	3,01

Окончание табл. 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	7,3	5,4	5907	0,577	13,5	57,0	2,85	4,68
25	8,9	7,3	3890	0,546	16,1	78,0	3,14	4,30
30	10,4	9,2	2755	0,526	18,2	100,0	3,32	4,22
35	11,9	11,0	2038	0,511	19,5	118,0	3,37	3,71
40	13,2	12,8	1560	0,501	20,2	133,0	3,34	3,07
45	14,4	14,6	1256	0,492	20,9	149,0	3,30	3,03
50	15,6	15,9	1083	0,486	21,5	163,0	3,26	2,87
55	16,7	17,2	930	0,481	21,6	173,0	3,15	2,03
60	17,7	18,1	785	0,477	20,2	170,0	2,83	-0,61
IV класс бонитета								
5	2,0	0,8	48336	1,023	2,4	5,0	1,00	-
10	3,6	1,1	51262	0,753	4,9	13,0	1,32	1,63
15	5,1	2,4	16154	0,650	7,3	24,0	1,62	2,22
20	6,5	4,0	7700	0,597	9,7	38,0	1,89	2,69
25	7,9	5,8	4510	0,564	11,9	53,0	2,11	3,03
30	9,1	7,5	3160	0,543	14,0	69,0	2,30	3,21
35	10,2	9,4	2270	0,528	15,7	85,0	2,43	3,22
40	11,3	11,2	1748	0,517	17,2	100,0	2,51	3,05
45	12,2	13,0	1380	0,508	18,3	114,0	2,53	2,71
50	13,1	14,3	1181	0,501	19,0	125,0	2,50	2,19
55	14,0	15,6	1000	0,495	19,1	132,0	2,40	1,48
60	14,7	17,0	823	0,491	18,7	135,0	2,25	0,58
65	15,5	18,0	693	0,487	17,6	133,0	2,04	-0,50
70	16,1	19,1	555	0,483	15,9	124,0	1,77	-1,76

Разработанные таблицы хода роста нормальных сероольховых древостоев Архангельской области по классам бонитета можно использовать для определения:

– относительной полноты древостоев по возрасту и классу бонитета;

- запаса фактического древостоя по классу возраста, бонитету и полноте;
- возраста естественной спелости насаждения;
- возраста количественной спелости насаждения;
- интенсивности выборочных рубок насаждения;
- возраста проведения рубок ухода в насаждениях.

4.6 Выводы по Главе 4

1. Разработаны таблицы хода роста нормальных сероольховых древостоев таёжной зоны северо-востока европейской части России по классам бонитета. Таблицы хода роста предназначены для таксации насаждений ольхи серой при проведении лесоустроительных и мониторинговых работ в регионе.

2. Использование таблиц хода роста ольхи серой в практике ведения лесного хозяйства позволит на более высоком уровне устанавливать оптимальный размер лесопользования и возраст проведения рубок ухода в насаждениях ольхи серой, определять относительную полноту древостоев по возрасту и классу бонитета, запас фактического древостоя по классу возраста, бонитету и полноте, возраст естественной и количественной спелости насаждения, и соответственно – возраст рубки.

ГЛАВА 5

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ОЛЬХИ СЕРОЙ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Продуктивность лесных фитоценозов рассматривается как один из основных показателей, характеризующих функционирование лесных экосистем. Запасы и продукция органического вещества лесных насаждений являются основой для проведения экологического мониторинга, ведения лесного хозяйства, моделирования динамики продуктивности лесов с учетом глобальных изменений климата и антропогенных воздействий (Кутявин, 2014). В последнее время биологическая продуктивность широко используется при оценке углерододепонирующей роли лесных экосистем (Кутявин, Бобкова, 2017).

Важным этапом при решении данной проблемы является накопление данных по продуктивности древостоев, создание на их основе общедоступных баз данных (Уткин, 1975; Усольцев, 2010). Одним из индикаторов динамики развития лесных насаждений является фитомасса древостоя (Satoo, 1982; Бузыкин и др., 2002; Усольцев, 2010).

Основная структурная единица, определяющая количественный показатель продуктивности, – фитомасса – общее количество живого органического вещества растений, накопленное к данному моменту в надземной и подземной сфере фитоценоза суши (участка леса, луга и т.п.) или водного пространства (Биопродукционный процесс..., 2001).

В надземную фитомассу входят однолетние (листья, ассимилирующие побеги, цветки, плоды) и многолетние (стволы, ветви деревьев, одревесневшие побеги полукустарников и лиан, долголетние листья и хвоя) органы, в подземную – однолетние и много-

летние корни, корневища, клубни, луковицы. В формировании фитомассы также участвуют слоевища и ризоиды низших растений. Надземная и подземная фитомассы характеризуют её структуру, которая имеет свои особенности, специфичные для разных типов растительных сообществ и зависящие от их зонального положения (широтного, поясного и пр.). Производительность и динамика продукционного процесса в каждом биогеоценозе зависит, прежде всего, от биологии растений, входящих в фитоценоз (Базилевич, 1993).

Величина фитомассы может служить мерой совершенства биологической организации фитоценоза, круговорота веществ и энергии в нём, его хозяйственной ценности. Исследование процесса накопления фитомассы ольхи серой проводили в фитоценозах Европейского Севера России.

5.1 Структура надземной фитомассы ольхи серой и аллометрические модели для её фракций

Наибольшее распространение при оценке фитомассы дерева по наиболее информативному массообразующему показателю – диаметру ствола – получила аллометрическая (степенная) зависимость, имеющая биологическое обоснование (Huxley, 1932; Кофман, 1986) и дающая возможность оперативно определять фитомассу на единице площади, используя лишь данные сплошного перечёта деревьев по ступеням толщины. Со временем аллометрию стали применять в качестве многофакторной зависимости от двух (диаметр ствола и высота дерева), трёх (диаметр, высота, возраст дерева) и более массообразующих, легко измеряемых показателей (Усольцев, 1988). Для оценки углерододепонирующей способности лесов активно разрабатываются аллометрические модели фитомассы деревьев, особенно актуальные для смешанных лесов, и их количество во всём мире исчисляется уже тысячами (Jucker et al., 2022). В России единственные аллометрические модели для фитомассы ольхи (Усольцев и др., 2022) построены по малочисленным данным В.В. Смирнова (1971) и Н.И. Казимирова с соавторами (1978), полученным в подзоне южной тайги России.

Полная характеристика полученных данных о 50 модельных деревьях ольхи серой представлена в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристика модельных деревьев ольхи серой,
взятых на 30 пробных площадях Архангельской области

№ ПП	A, лет	D, см	D _ρ , см	H, м	Lcr, м	V _t	V _{bк}	P _s	P _{bк}	P _b	P _f	P _a	N, экз./га N/1000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	28	10,1	12,3	11,0	5,5	0,046	0,005	24,736	0,629	2,189	0,988	27,913	5,200
2	26	8,6	10,5	12,7	3,8	0,037	0,006	18,730	0,479	1,065	0,205	20,000	4,225
3	24	10,3	10,5	12,2	4,9	0,052	0,003	24,858	1,084	2,501	0,338	27,697	4,300
4	35	13,6	16,9	14,2	7,1	0,102	0,012	44,594	2,230	5,820	1,047	51,461	2,300
5	26	6,7	8,8	10,5	5,3	0,019	0,001	13,934	0,681	1,724	0,375	16,033	4,800
6	36	10,0	12,9	12,1	4,8	0,048	0,004	19,555	1,462	3,960	0,405	23,920	4,775
7	34	7,1	10,0	9,0	8,1	0,019	0,002	5,783	0,352	1,201	0,653	7,636	4,675
8	39	12,9	15,1	14,0	7,0	0,091	0,007	43,540	0,875	2,805	0,892	47,237	7,175
9	21	6,0	7,3	9,0	3,6	0,014	0,001	4,998	0,490	1,122	0,244	6,363	2,900
10	24	10,6	10,7	11,5	4,6	0,052	0,005	15,714	0,732	2,938	0,561	19,213	3,350
11	42	12,5	14,1	15,1	7,5	0,090	0,003	43,721	2,702	5,563	1,257	50,541	5,025
12	32	9,5	11,4	11,2	5,6	0,041	0,003	19,663	0,956	3,090	0,418	23,172	3,750
13	23	5,9	7,5	9,4	5,6	0,014	0,002	5,750	0,253	0,618	0,124	6,492	4,075
14	46	10,0	12,8	12,0	7,2	0,048	0,005	33,409	3,105	8,988	0,552	42,949	3,725
15	50	16,9	18,0	13,2	13,2	0,148	0,002	40,892	4,774	7,596	0,997	49,484	6,250
16	31	9,5	11,4	9,8	5,7	0,037	0,002	14,900	0,789	2,735	0,610	18,245	4,225

Продолжение табл. 5.1

№ III	A, лет	D, см	D _ρ , см	H, м	Lcr, м	Vt	Vbk	Ps	Pbk	Pb	Pf	Pa	N, экз./га N/1000
17	20	5,7	7,7	10,0	5,0	0,014	0,001	8,044	0,249	0,721	0,220	8,985	4,050
18	25	6,3	9,0	8,8	3,5	0,015	0,003	4,530	0,353	0,801	0,157	5,488	2,550
19	22	7,8	10,5	9,0	4,5	0,023	0,002	5,137	0,201	0,551	0,192	5,882	3,925
20	23	8,9	11,3	10,4	5,2	0,034	0,003	15,373	0,681	1,380	0,214	16,967	2,875
21	20	6,7	8,7	10,5	6,3	0,019	0,001	8,882	0,473	1,199	0,182	10,263	2,675
22	34	9,8	12,4	11,2	6,7	0,044	0,004	16,283	1,440	3,612	0,386	20,282	7,500
23	23	6,5	8,5	11,0	7,2	0,018	0,002	6,365	0,365	0,735	0,101	7,201	4,300
24	22	5,2	6,2	12,7	3,3	0,010	0,001	3,665	0,124	0,347	0,200	4,212	4,075
25	20	3,6	5,1	12,2	6,5	0,004	0,001	2,596	0,121	0,230	0,049	2,875	4,250
26	28	7,2	9,7	14,2	6,3	0,020	0,003	3,150	0,471	1,619	0,217	4,987	2,450
27	30	8,2	10,2	10,5	4,0	0,028	0,003	12,324	0,348	1,369	0,291	13,984	4,075
28	29	8,5	10,4	12,1	6,0	0,030	0,002	11,107	1,186	2,817	0,573	14,497	2,250
29	37	9,4	12,2	9,0	4,6	0,041	0,003	14,078	0,934	1,903	0,221	16,201	2,300
30	23	5,2	7,5	14,0	7,6	0,010	0,001	3,260	0,462	2,045	0,166	3,769	4,300
31	26	5,8	7,8	9,0	7,0	0,013	0,001	5,021	0,876	0,351	0,221	5,593	2,450
32	27	7,1	8,5	11,5	3,6	0,019	0,001	6,929	0,837	1,252	0,372	8,553	1,075
33	20	5,5	7,0	15,1	4,8	0,012	0,002	5,394	0,855	0,322	0,292	6,007	2,675
34	30	7,4	10,0	11,2	2,2	0,025	0,003	10,984	2,557	0,564	0,174	11,721	4,525
35	30	5,4	8,6	9,4	3,3	0,009	0,001	4,072	0,485	0,633	0,223	4,928	5,900

Окончание табл. 5.1

№ ПП	A , лет	D , см	D_ϕ , см	H , м	Lcr , м	Vt	Vbk	P_s	Pbk	Pb	Pf	Pa	N , экз./га N/1000
36	33	5,7	8,4	12,0	3,8	0,011	0,001	4,610	0,584	1,015	0,084	5,709	4,575
37	20	4,3	5,8	13,2	4,1	0,005	0,001	1,377	0,247	0,443	0,163	1,984	4,000
38	24	6,4	7,5	9,8	2,9	0,013	0,001	5,326	0,575	0,540	0,154	6,020	5,900
39	26	5,6	7,2	10,0	2,6	0,010	0,001	3,556	0,519	0,504	0,160	4,220	4,575
40	32	8,2	10,3	8,8	3,2	0,021	0,002	4,962	0,397	0,846	0,421	6,230	4,000
41	25	5,8	7,6	9,0	4,2	0,011	0,001	3,892	0,327	0,595	0,155	4,643	5,900
42	30	7,9	10,4	10,4	4,0	0,022	0,001	5,573	0,540	3,270	0,252	9,096	4,575
43	21	5,1	7,1	10,5	6,7	0,009	0,001	1,675	0,318	0,413	0,111	2,200	4,000
44	20	4,7	6,9	11,2	3,1	0,006	0,001	2,663	0,752	0,408	0,050	2,714	4,000
45	22	6,4	10,9	11,0	3,2	0,015	0,001	6,603	0,752	0,656	0,183	7,443	4,300
46	26	5,5	7,5	12,7	3,6	0,012	0,001	4,794	0,458	0,903	0,094	5,792	5,025
47	21	5,9	7,9	12,2	5,0	0,011	0,001	3,679	0,567	1,275	0,240	5,195	4,075
48	23	4,8	6,6	14,2	4,0	0,008	0,001	2,789	0,460	0,387	0,055	3,232	4,250
49	34	10,1	11,6	10,5	5,5	0,046	0,004	18,697	2,200	3,184	0,287	22,168	4,675
50	32	6,8	9,2	12,1	7,2	0,018	0,002	7,190	0,888	0,779	0,053	8,022	4,250

Примечание: A , D , D_ϕ , H , Lcr ; N – соответственно возраст, диаметр ствола на высоте груди, диаметр ствола у его основания, высота дерева, длина кроны, густота древостоя; Vt и Vbk – соответственно объём ствола в коре и коры ствола, м³; P_s , Pbk , Pb , Pf , Pa , Pr – соответственно фитомасса ствола в коре, коры ствола, ветвей, листьев, надземная и корневая в абсолютно сухом состоянии, кг.

Поскольку мы не определяли фитомассу корней, для построения моделей их фитомассы использованы данные Н.И. Казиминова с соавторами (1978) и латвийских коллег (Miezīte et al., 2011) для ольхи серой подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов в количестве 17 определений.

По исходным данным таблицы 12 рассчитаны аллометрические модели. В данном случае рассмотрены модели трёх видов (29-31):

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D; \quad (29)$$

$$\ln Pbk = a_0 + a_1 \ln D + a_2 \ln (Ps); \quad (30)$$

$$\ln Pr = a_0 + a_1 \ln D + a_3 \ln P_a, \quad (31)$$

где P_i – фитомасса дерева i -й фракции, в данном случае, Ps , Pb , Pf , Pa . Характеристика полученных моделей приведена в табл. 5.2.

Т а б л и ц а 5.2

Характеристика моделей (29-31)

Зависимая переменная	№ модели	Коэффициенты				adjR ²	SE	n
		a_0	a_1	a_2	a_3			
$\ln Ps$	(29)	-2,8211	2,5081	-	-	0,835	0,357	50
$\ln Pbk$	(30)	-0,9069	-0,6817	-	1,1675	0,821	0,386	
$\ln Pb$	(29)	-4,4668	2,4038	-	-	0,729	0,469	
$\ln Pf$	(29)	-5,2476	1,9910	-	-	0,639	0,478	
$\ln Pa$	(29)	-2,5641	2,4652	-	-	0,867	0,310	
$\ln Pr$	(31)	2,1294	-3,5935	2,4672	-	0,945	0,265	17

Примечание. adjR² – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных; SE – стандартная ошибка уравнения; n – число наблюдений. В свободный член введена поправка на логарифмирование (Baskerville, 1972).

Соотношение расчётных и фактических данных модели (29) в логарифмических координатах с обозначением ошибки модели (рис. 5.1) показывает достаточную высокую адекватность модели и наличие равномерной остаточной дисперсии.

Существует проблема применимости локальных аллометрических моделей в регионах, для которых пока не разработаны аналогичные модели.

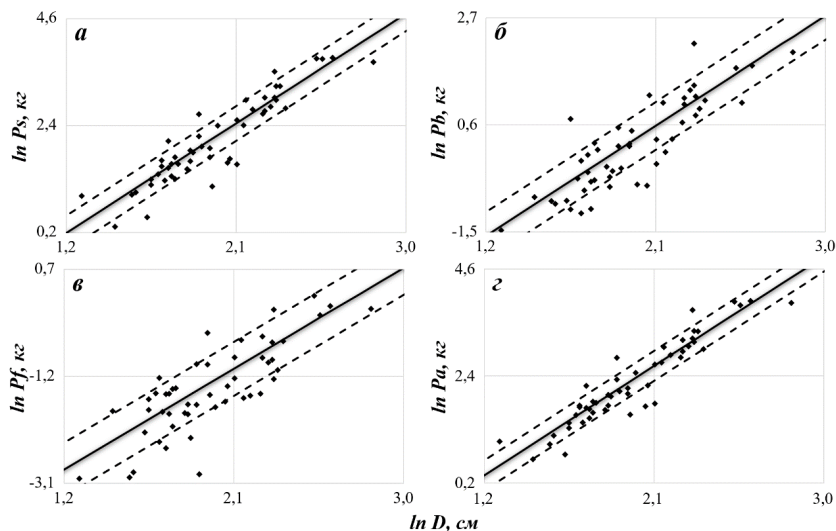


Рис. 5.1. Соотношение расчётных и фактических данных фитомассы согласно модели (29) в логарифмических координатах;
 а, б, в, з – фитомасса соответственно ствола, ветвей, листьев, надземная.
 Пунктирной линией показана стандартная ошибка модели

Для сравнения результатов расчётов по формулам с фактическими был сформирован пакет данных для ольхи серой, полученных в подзонах южной тайги и хвойно-широколиственных лесов (Смирнов, 1971; Казимиров, 1978; Miežīte et al., 2011), и включили его в совместный анализ с нашими согласно модели (32) смешанного типа (Fu et al., 2012):

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln D + a_2 X, \quad (32)$$

где X – бинарная переменная, равная 0 для данных подзон южной тайги и хвойно-широколиственных лесов и равная 1 для данных для северной тайги. Оказалось, что регрессионный коэффициент a_2 при бинарной переменной значим на уровне вероятности $p < 0,01$ ($t = 2,9 > t_{99} = 2,58$) только для фитомассы листьев. При этом масса листьев в северной тайге меньше, чем в южных подзонах, на 25%.

По массе ствола, ветвей и надземной регрессионный коэффициент a_2 оказался не значимым ($t = 1,0 \dots 1,3 < t_{95} = 1,96$).

Для оценки надземной фитомассы ольхи серой на территории европейской части России мы рассчитали обобщённую модель (33):

$$\ln P_a = -2,5395 + 2,4527 \ln D; \quad \text{adj}R^2 = 0,939, \quad SE = 0,26. \quad (33)$$

Предлагаемая обобщённая модель (33) надземной фитомассы ольхи серой, построенная по данным 80 наблюдений, более адекватна по отношению к исходным данным, чем модель (29), построенная по данным только для северной тайги ($0,939 > 0,867$).

Как следует из данных табл. 5.1, диапазон варьирования надземной фитомассы ольхи в северной тайге составил от 2 до 81 кг и диаметра ствола – от 4 до 17 см, тогда как в объединённом массиве данных – соответственно от 2 до 274 кг и от 3 до 28 см. Более высокая общая дисперсия фитомассы и диаметра ствола объединённого массива данных по отношению к соответствующим значениям для северной тайги на фоне примерно той же остаточной дисперсии обеспечила повышенную адекватность обобщённой модели для надземной фитомассы ольхи серой.

5.2 Связь абсолютно сухой фитомассы фракций ольхи серой с таксационным диаметром

Для прогнозирования массы сухого вещества древесины и других фракций деревьев ольхи серой необходимо получить уравнения их связи с таксационным диаметром. Уравнения связи фракций фитомассы с таксационным диаметром находили на основе регрессионного анализа с помощью аллометрических (степенных) функций в программе MS Excel (Гульбе и др., 2019; Тюкавина и др., 2018; Усольцев, 2005; Bārdulis et al., 2015; Hytönen, Saarsalmi, 2015; Liepiņš et al., 2021). Далее с помощью полученных уравнений производили расчёт запасов надземной фитомассы древостоя на 1 га, результаты суммировали отдельно по фракциям, что позволило определить вес каждой фракции для сероольхового древостоя на пробной площади в целом.

Таблица 5.3

**Уравнения связи абсолютно сухой фитомассы фракций деревьев
ольхи серой с таксационным диаметром (№ 34-49)**

Состав древостоя	Количество модельных деревьев, шт.	Коэффициент детерминации	Аллометрическое уравнение	№ уравнения
Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы древесины ствола от таксационного диаметра				
10Олед.Ивед.Б	5	0,986	$y = 0,0278x^{2,8357}$	(34)
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	5	0,964	$y = 0,1111x^{2,2017}$	(35)
7Ол3Ив	6	0,944	$y = 0,0436x^{2,4773}$	(36)
6Ол3Ив1Ос + Б	5	0,912	$y = 0,0107x^{3,2764}$	(37)
Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы коры ствола от таксационного диаметра				
10Олед.Ивед.Б	5	0,850	$y = 0,0261x^{1,8338}$	(38)
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	5	0,788	$y = 0,0905x^{1,4211}$	(39)
7Ол3Ив	6	0,865	$y = 0,0059x^{2,5934}$	(40)
6Ол3Ив1Ос + Б	5	0,928	$y = 0,0022x^{3,1021}$	(41)
Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы ветвей от таксационного диаметра				
10Ол ед.Ив ед.Б	5	0,963	$y = 0,0039x^{2,9639}$	(42)
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	5	0,967	$y = 0,0187x^{2,0487}$	(43)
7Ол3Ив	6	0,932	$y = 0,0252x^{2,1216}$	(44)
6Ол3Ив1Ос + Б	5	0,895	$y = 0,0075x^{2,6063}$	(45)
Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы листьев от таксационного диаметра				
10Ол ед.Ив ед.Б	5	0,935	$y = 0,0003x^{3,3040}$	(46)
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	5	0,950	$y = 0,0029x^{2,1893}$	(47)
7Ол3Ив	6	0,904	$y = 0,0205x^{1,3869}$	(48)
6Ол3Ив1Ос + Б	5	0,762	$y = 0,0067x^{1,7017}$	(49)

Выбранные для исследования фитомассы пробные площади представлены древостоями с составом 10Олед. Ивед.Б и 8Ол2Ив+Осед.Бед.Е, произрастающими на дерново-грунтово-глеевых почвах, а также древостоями с составом 7Ол3Ив и

6Ол3Ив1Ос+Б, выросшими по краям мелиорационного канала на аллювиальных дерновых старопахотных почвах. Уравнения связи абсолютно сухой фитомассы фракций деревьев ольхи серой с таксационным диаметром, полученные на основе модельных деревьев, представлены в табл. 5.3.

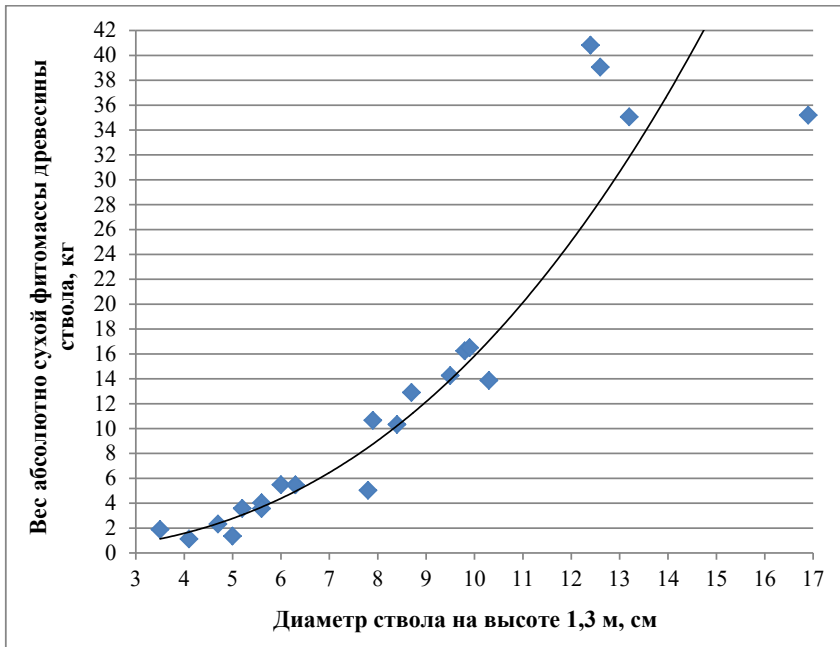


Рис. 5.2. Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы древесины ствола ольхи серой в кг от диаметра на высоте 1,3 м в см

Данные табл. 5.3 показывают, что наиболее тесные связи таксационного диаметра наблюдаются с фракциями ветвей и древесины ствола. Теснота связей с фракцией древесины ствола снижается с уменьшением доли участия ольхи серой в составе древостоя. С учётом того, что теснота связей между показателями всех фракций в большинстве случаев превышает 80 %, мы получили общие аллометрические уравнения на основе всех моделей (рис. 5.2-5.5), которые работают при таксационных диаметрах от 4 до 17 см.

На их основе, как и на основе уравнений, выведенных отдельно для каждого древостоя, мы далее вычисляли запасы фитомассы в т/га и в относительных величинах. После этого вычисляли расхождения полученных фитометрических показателей.

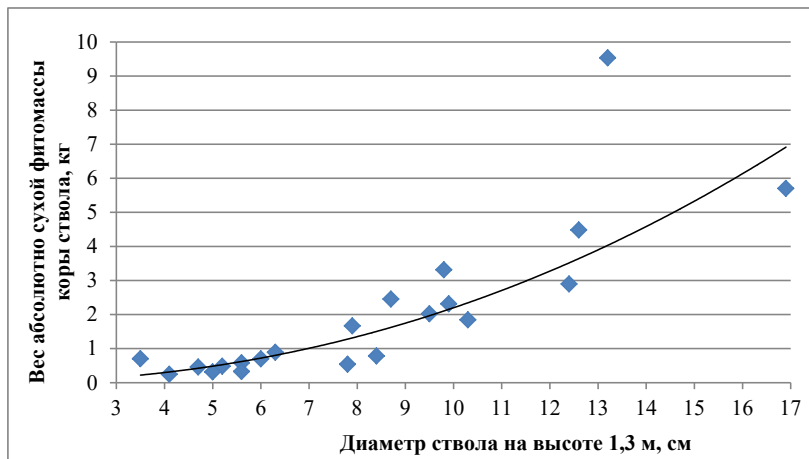


Рис. 5.3. Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы коры ствола ольхи серой в кг от диаметра ствола на высоте 1,3 м в см

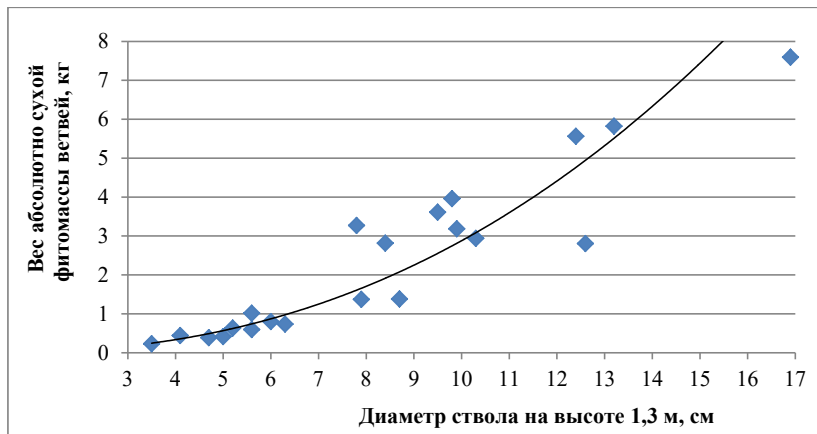


Рис. 5.4. Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы ветвей деревьев *Alnus incana* в кг от диаметра ствола на высоте 1,3 м в см

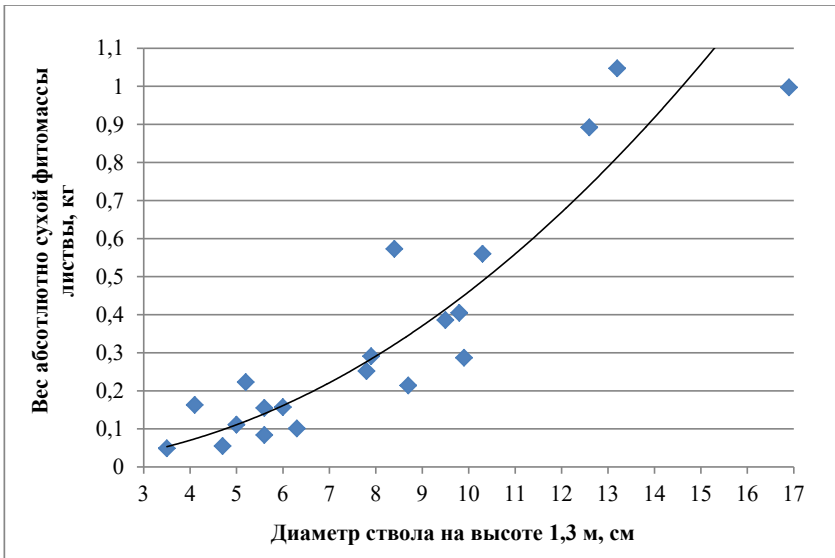


Рис. 5.5. Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы листьев деревьев *Alnus incana* в кг от диаметра ствола на высоте 1,3 м в см

Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы древесины ствола деревьев ольхи серой от диаметра ствола на высоте 1,3 м характеризуется уравнением связи (50):

$$M_{wood}^f = 0,0485 \times D^{2,5138}, \quad (50)$$

где M_{wood}^f – вес абсолютно сухой фитомассы древесины ствола, кг;
 D – диаметр ствола на высоте 1,3 м, см;
 $R^2 = 0,9196$.

Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы коры ольхи ствола деревьев серой от диаметра ствола высоте на 1,3 м характеризуется уравнением связи (51):

$$M_{bark}^f = 0,0144 \times D^{2,1832}, \quad (51)$$

где M_{bark}^f – вес абсолютно сухой фитомассы коры ствола, кг;
 $R^2 = 0,7892$.

Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы ветвей деревьев ольхи серой от диаметра ствола высоте на 1,3 м характеризуется уравнением связи (52):

$$M_{branches}^f = 0,0131 \times D^{2,3413}, \quad (52)$$

где $M_{branches}^f$ – вес абсолютно сухой фитомассы ветвей, кг;
 $R^2 = 0,9074$.

Зависимость веса абсолютно сухой фитомассы листвы деревьев ольхи серой от диаметра ствола высоте на 1,3 м характеризуется уравнением связи (53):

$$M_{foliage}^f = 0,0041 \times D^{2,0522}, \quad (53)$$

где $M_{foliage}^f$ – вес абсолютно сухой фитомассы ветвей, кг;
 $R^2 = 0,8214$.

Таксационные показатели исследованных древостоев ольхи серой представлены в табл. 5.4.

Т а б л и ц а 5.4

Таксационные показатели исследованных древостоев ольхи серой

Состав древостоя	Средний возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Полнота		Запас по ольхе, м³/га
				абсолютная, м²/га	относительная, м²/га	
10Ол ед.Ив ед.Б	29	7,3	11,4	26,7	1,46	162,0
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	25	7,4	9,5	22,1	1,16	90,0
7Ол3Ив	26	6,7	7,0	21,5	1,25	75,0
6Ол3Ив1Ос + Б	26	6,3	6,7	21,1	1,39	50,0

Фитометрические показатели древостоев ольхи серой представлены в табл. 5.5.

Результаты, представленные в табл. 5.5, позволяют судить о том, что доли участия каждой фракции в надземной фитомассе древостоев в относительных величинах примерно равны как по общим аллометрическим уравнениям, так и по отдельным для каждого древостоя. Расхождения вычисленных фитометрических показателей, рассчитанные в процентах, приводятся в табл. 5.6.

Таблица 5.5

Фитометрические показатели древостоев ольхи серой

Состав древостоя	Фракции абсолютно сухой фитомассы, т/га в числителе и % в знаменателе				
	древесина ствола	кора ствола	ветви	листва	всего
1	2	3	4	5	6
По общим уравнениям					
10Ол ед.Ив ед.Б	47,496	6,852	8,788	1,471	64,608
	73,500	10,600	13,600	2,300	100,000
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	30,887	4,464	5,723	0,958	42,0320
	73,500	10,600	13,600	2,300	100,000
7Ол3Ив	32,664	4,637	5,987	0,992	44,278
	73,800	10,500	13,500	2,200	100,000
6Ол3Ив1Ос + Б	21,295	3,224	4,041	0,706	29,266
	72,800	11,000	13,800	2,400	100,000
По уравнениям, полученным отдельно для каждого древостоя					
10Ол ед.Ив ед.Б	55,643	5,882	10,408	1,730	73,662
	75,500	8,000	14,100	2,300	100,000
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	35,847	5,582	4,339	0,911	46,678
	76,800	12,000	9,300	2,000	100,000
7Ол3Ив	27,038	4,761	7,089	1,230	40,118
	67,400	11,900	17,700	3,100	100,000
6Ол3Ив1Ос + Б	23,190	3,305	3,985	0,577	31,057
	74,700	10,600	12,800	1,900	100,000

Результаты, приведенные в табл. 5.6, указывают на то, что введенные общие аллометрические уравнения в основном занижают фитометрические показатели, наименьшие расхождения приходятся на фракции древесины и коры ствола. Полученные модели использованы для определения веса фракций абсолютно сухой надземной фитомассы ольхи серой в кг для стволов диаметром от 4 до 16 см на высоте 1,3 м (табл. 5.7).

Таблица 5.6

Расхождения вычисленных фитометрических показателей

Состав древостоя	Расхождения вычисленных фитометрических показателей, %				
	древесина ствола	кора ствола	ветви	листва	всего
10Ол ед.Ив ед.Б	-14,6	+16,5	-15,6	-15,0	-12,3
8Ол2Ив + Ос ед.Б ед.Е	-13,8	-20,0	+31,9	+5,2	-10,0
7Ол3Ив	+20,8	-2,6	-15,5	-19,4	+10,4
6Ол3Ив1Ос + Б	-8,2	-2,5	+1,4	+22,4	-5,8

Таблица 5.7

Вес фракций абсолютно сухой надземной фитомассы ольхи серой в зависимости от диаметра ствола на высоте 1,3 м

Диаметр ствола, см	Вес абсолютно сухой фитомассы ольхи серой по фракциям, кг				
	древесина ствола	кора ствола	ветви	листва	всего
4	1,582	0,297	0,336	0,071	2,286
6	4,384	0,720	0,869	0,162	6,135
8	9,035	1,349	1,705	0,292	12,381
10	15,832	2,196	2,875	0,462	21,365
12	25,037	3,269	4,405	0,672	33,384
14	36,887	4,577	6,320	0,922	48,707
16	51,601	6,126	8,639	1,213	67,580

Полученные аллометрические уравнения связей абсолютно сухой фитомассы фракций древостоев ольхи серой с таксационным диаметром показывают высокие достоверные связи этих показателей. Наиболее качественно они характеризуют фракции древесины и коры ствола.

Для установления объёмов депонирования углерода деревьями важно установить связь фракций абсолютно сухой фитомассы с таксационным диаметром древесного ствола. В ходе исследования получена табл. 5.7, которая может быть полезной по ряду

хозяйственных направлений для северо-таёжного лесного района Архангельской области.

5.3 Модели и таблица для оценки структуры и динамики надземной фитомассы ольхи серой

Фракционный состав фитомассы модельных деревьев определяли путём взятия образцов каждой фракции с применением термовесового метода с последующим пересчётом результатов на абсолютно сухую массу модельных деревьев.

Статистическая характеристика таксационных показателей и параметров фитомассы 50 модельных деревьев ольхи серой представлена в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Статистическая характеристика исходных данных 50 модельных деревьев ольхи серой с определением надземной фитомассы

Статистический показатель	Анализируемые показатели деревьев								
	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>Ps</i>	<i>Pbk</i>	<i>Pb</i>	<i>Pf</i>	<i>Pa</i>
Среднее значение	228,0	77,7	111,3	00,029	112,0	0,9	1,8	0,3	14,2
Минимальное значение	220,0	33,6	88,8	00,004	11,4	0,1	0,2	0,05	2,0
Максимальное значение	550,0	116,9	115,1	00,148	444,6	4,8	9,0	1,3	51,5
Стандартное отклонение	77,0	22,6	11,8	00,028	111,6	0,9	1,9	0,3	13,4
Коэффициент вариации, %	225,0	334,5	115,5	995,3	997,0	98,9	102,3	85,1	95,0

Примечание. *A*, *D*, *H* – соответственно возраст, диаметр ствола на высоте груди, высота дерева; *V* – объём ствола в коре, м³; *Ps*, *Pbk*, *Pb*, *Pf*, *Pa* – соответственно фитомасса ствола в коре, коры ствола, ветвей, листья, надземная в абсолютно сухом состоянии, кг.

Обработка экспериментального материала выполнена в программе многофакторного регрессионного анализа Statgraphics-19.

По исходным данным табл. 5.8 было рассчитано несколько вариантов аллометрических моделей. Однако возраст и линейные размеры дерева в аллометрических моделях для большинства

фракций оказались не значимыми на уровне вероятности $p < 0,05$, и значения критерия Стьюдента для каждого из регрессионных коэффициентов a_1 и a_3 варьировали в диапазоне $t = 0,1-1,8$, что меньше стандартного значения $t_{05} = 1,96$.

В результате рассчитаны модели общего вида (54):

$$P_i = a_0 + a_1 V; \quad (54)$$

где P_i – фитомасса i -й фракции. Характеристика полученных моделей приведена в табл. 5.9.

Таблица 5.9

Характеристика моделей зависимости фитомассы фракций ольхи серой от объёма ствола (55-58)

Фракция	Параметр моделей	R^2	№ модели
Древесина ствола	$P_s = 639,55V + 0,9655$	0,875	55
Кора ствола	$P_{bk} = 91,98V + 0,4109$	0,573	56
Ветви с корой	$P_b = 43,16V + 0,1946$	0,686	57
Листья	$P_f = 58,77V + 0,2505$	0,828	58

Примечание: R^2 – коэффициент детерминации.

Далее путём табулирования моделей (табл. 5.9) по средним значениям объёма ствола из таблицы хода роста сероольшаников с последующим умножением результата на соответствующую густоту по таблице хода роста получена таблица биологической продуктивности сероольховых древостоев (табл. 5.10).

Полученные значения табл. 5.10 биологической продуктивности сероольшаников Архангельской области сравнили по показателю надземной фитомассы с таблицами для нормальных древостоев ольхи серой Белоруссии, Литвы и Латвии (Усольцев, 2002) в возрасте 50 лет по соответствующим классам бонитета. Различие наших данных с таблицей для Белоруссии составило в древостоях I, II и III классах бонитета соответственно – 7, – 3 и – 29%, с таблицей для Литвы в древостоях Ia, I, II и III классах бонитета соответственно – 9, – 6, + 7 и – 48% и с таблицей для Латвии в древостоях I, II и III классах бонитета соответственно – 31, – 25 и – 41%.

Таблица 5.10

Таблица биологической продуктивности ольхи серой
в условиях тайжной зоны северо-востока
Европейского Севера по классам бонитета

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, тыс. шт./га	Запас древесины ствола в коре, м³/га	Надземная фитомасса, т/га				
					стволов		ветвей	листья	Всего
					древесины	коры			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ia класс бонитета									
5	3,7	2,0	14907	13,0	4,27	0,66	0,24	0,14	5,32
10	7,9	5,2	4907	46,0	15,12	2,34	0,86	0,49	18,81
15	11,4	9,1	2424	92,0	30,24	4,67	1,72	0,98	37,62
20	14,5	12,9	1590	148,0	48,64	7,52	2,77	1,58	60,52
25	17,1	16,3	1215	207,0	68,03	10,52	3,87	2,22	84,64
30	19,4	19,1	1009	263,0	86,44	13,36	4,92	2,81	107,54
35	21,4	21,4	871	311,0	102,22	15,80	5,82	3,33	127,17
40	23,1	23,3	762	345,0	113,39	17,53	6,46	3,69	141,07
45	24,7	24,8	660	359,0	117,99	18,24	6,72	3,84	146,79
50	26,0	26,0	552	348,0	114,38	17,68	6,51	3,72	142,30
55	27,3	27,0	431	305,0	100,24	15,50	5,71	3,26	124,71

Продолжение табл. 5.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I класс бонитета									
5	2,6	1,2	33611	9,0	2,96	0,46	0,17	0,10	3,68
10	5,4	3,0	11999	29,0	9,53	1,47	0,54	0,31	11,86
15	8,1	5,4	5459	57,0	18,73	2,90	1,07	0,61	23,31
20	10,7	8,2	2963	87,0	28,59	4,42	1,63	0,93	35,57
25	13,0	11,0	2258	141,0	46,34	7,16	2,64	1,51	57,65
30	15,2	13,8	1793	200,0	65,73	10,16	3,74	2,14	81,78
35	17,1	16,5	1447	252,0	82,82	12,80	4,72	2,70	103,04
40	18,8	18,9	1158	289,0	94,98	14,68	5,41	3,09	118,17
45	20,3	21,1	890	296,0	97,29	15,04	5,54	3,17	121,03
50	21,7	23,1	694	292,0	95,97	14,84	5,47	3,12	119,40
II класс бонитета									
5	2,5	1,0	44585	8,0	2,63	0,41	0,15	0,09	3,27
10	4,9	2,3	17608	23,0	7,56	1,17	0,43	0,25	9,41
15	7,0	4,7	6399	45,0	14,79	2,29	0,84	0,48	18,40
20	9,0	7,1	3688	72,0	23,66	3,66	1,35	0,77	29,44
25	10,9	9,5	2605	103,0	33,85	5,23	1,93	1,10	42,12
30	12,5	11,6	2056	137,0	45,03	6,96	2,56	1,47	56,02
35	14,1	13,5	1732	172,0	56,53	8,74	3,22	1,84	70,33

Продолжение табл. 5.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	15,5	15,2	1517	206,0	67,71	10,47	3,86	2,20	84,23
45	16,7	16,6	1358	236,0	77,57	11,99	4,42	2,53	96,50
50	17,8	17,9	1229	262,0	86,11	13,31	4,90	2,80	107,13
55	18,9	19,0	1114	281,0	92,36	14,28	5,26	3,01	114,90
60	19,8	19,9	1002	291,0	95,64	14,79	5,45	3,11	118,99
65	20,7	20,8	888	290,0	95,31	14,73	5,43	3,10	118,58
70	21,4	21,5	766	277,0	91,04	14,07	5,19	2,96	113,26
75	22,2	22,2	632	249,0	81,84	12,65	4,66	2,66	101,82
80	22,8	22,7	483	206,0	67,71	10,47	3,86	2,20	84,23
85	23,4	23,2	316	144,0	47,33	7,32	2,70	1,54	58,88
III класс бонитета									
5	2,3	0,9	40637	6,0	1,97	0,31	0,11	0,06	2,45
10	3,9	1,7	28651	18,0	5,92	0,91	0,34	0,19	7,36
15	5,6	3,2	11818	34,0	11,18	1,73	0,64	0,36	13,90
20	7,3	5,4	5907	57,0	18,73	2,90	1,07	0,61	23,31
25	8,9	7,3	3890	78,0	25,64	3,96	1,46	0,83	31,89
30	10,4	9,2	2755	100,0	32,87	5,08	1,87	1,07	40,89
35	11,9	11,0	2038	118,0	38,78	6,00	2,21	1,26	48,25
40	13,2	12,8	1560	133,0	43,71	6,76	2,49	1,42	54,38
45	14,4	14,6	1256	149,0	48,97	7,57	2,79	1,59	60,93

Окончание табл. 5.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	15,6	15,9	1083	163,0	53,57	8,28	3,05	1,74	66,65
55	16,7	17,2	930	173,0	56,86	8,79	3,24	1,85	70,74
60	17,7	18,1	785	170,0	55,87	8,64	3,18	1,82	69,51
IV класс бонитета									
5	2,0	0,8	48336	5,0	1,64	0,25	0,09	0,05	2,05
10	3,6	1,1	51262	13,0	4,27	0,66	0,24	0,14	5,32
15	5,1	2,4	16154	24,0	7,89	1,22	0,45	0,26	9,81
20	6,5	4,0	7700	38,0	12,49	1,93	0,71	0,41	15,54
25	7,9	5,8	4510	53,0	17,42	2,69	0,99	0,57	21,67
30	9,1	7,5	3160	69,0	22,68	3,51	1,29	0,74	28,21
35	10,2	9,4	2270	85,0	27,94	4,32	1,59	0,91	34,76
40	11,3	11,2	1748	100,0	32,87	5,08	1,87	1,07	40,89
45	12,2	13,0	1380	114,0	37,47	5,79	2,13	1,22	46,61
50	13,1	14,3	1181	125,0	41,08	6,35	2,34	1,34	51,11
55	14,0	15,6	1000	132,0	43,38	6,71	2,47	1,41	53,97
60	14,7	17,0	823	135,0	44,37	6,86	2,53	1,44	55,20
65	15,5	18,0	693	133,0	43,71	6,76	2,49	1,42	54,38
70	16,1	19,1	555	124,0	40,75	6,30	2,32	1,33	50,70

Таким образом, можно сделать вывод, что в спелых древостоях ольхи серой Архангельской области I-II классов бонитета фитомасса меньше, чем в древостоях тех же классов бонитета Белоруссии и Литвы на 3-9%, в древостоях III-IV классов бонитета это различие возрастает до 29-48%. Наибольшее различие наших данных наблюдается в сравнении с сероольшаниками Латвии (25-41%), по-видимому, вследствие более суровых условий произрастания на севере и использования в Латвии местной бонитетной шкалы. Это соответствует известной закономерности, что «в лучших условиях произрастания спелость наступает раньше, чем в худших, а долговечность в бореальной зоне снижается по направлению с севера на юг» (Лебедев, Кузьмичев, 2023). В целом подобные различия фитомассы сравниваемых регионов можно объяснить неодинаковыми зональными условиями произрастания.

В ходе исследования установлено среднее содержание надземной фитомассы древесины, коры, ветвей, листьев и их суммы ольхи серой по классам бонитета в переводе на 1 гектар. На основе проведённого исследования составлен график, отражающий динамику накопления надземной фитомассы ольхи серой с возрастом в разных классах бонитета в таёжной зоне европейского северо-востока Российской Федерации (рис. 5.6).

Установлено, что в насаждениях Ia класса бонитета сероольшаников прирост общей фитомассы увеличивается до 50 лет, а в IV классе бонитета до 65 лет. Динамику накопления надземной фитомассы сероольховых насаждений рекомендуется использовать при планировании лесохозяйственных мероприятий с учётом бонитетной принадлежности.

Результаты исследований могут быть использованы для формирования банка данных о фитомассе основных лесобразующих пород, при проектировании лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение продуктивности культур, а также являются основой для составления энергетического баланса лесных сообществ и изучения потока энергии в лесных экосистемах таёжной зоны.

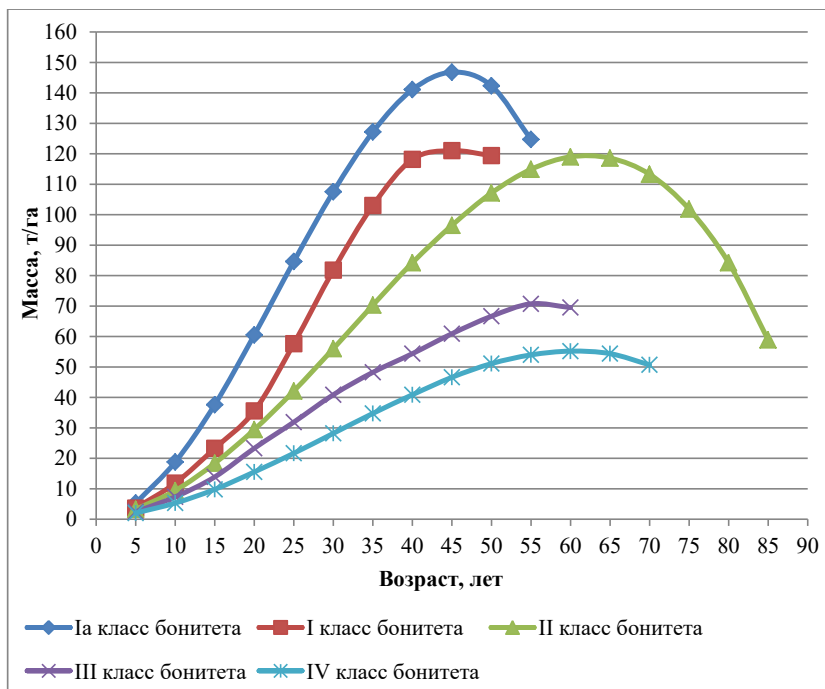


Рис. 5.6. Динамика накопления надземной фитомассы ольхи серой с возрастом в насаждениях Iа-IV классов бонитета на северо-востоке европейской части Российской Федерации

5.4 Возрастная динамика фитомассы древостоев ольхи серой

Полная характеристика полученных данных о фракционном составе фитомассы на 40 пробных площадях ольхи серой представлена в табл. 5.11. В анализируемом варианте возрастной диапазон ольхи серой – от 20 до 77 лет.

При моделировании возрастной динамики фитомассы ольхи серой за основу взята методика построения аналогичной модели и таблицы возрастной динамики фитомассы ивы в Архангельской области (Парамонов и др., 2023) как рекурсивной системы связанных регрессионных уравнений.

Таблица 5.11

Фактические данные о фитомассе древостоев ольхи серой на 40 пробных площадях Архангельской области

№ ПП	Состав древостоя	А, лет	N, экз/га	D, см	H, м	M, м³/га	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га						
							P _S	P _{Bk}	P _B	P _F	P _A	P _r	P _t
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	9Ол1Ив, ед Б, Чер	20	4675	11,4	14,4	293,4	121,5	18,6	19,6	3,0	142,9	25,2	168,1
2	9Ол1Ив, ед Е	23	2525	12,0	15,3	195,3	82,6	12,2	12,4	2,0	95,7	14,8	110,5
3	7Ол2Ив1Ос, ед Е, Б	24	4825	7,5	11,8	121,9	51,2	8,3	8,4	1,6	60,7	11,7	72,4
4	10Ол, ед С, Б, Ив	25	3625	9,0	9,4	139,8	58,6	9,5	9,0	1,6	68,6	10,4	79,0
5	8Ол2Ив, ед Е, Б, Ос	25	5200	7,3	9,2	121,7	50,5	8,5	8,3	1,6	60,1	11,0	71,1
6	9Ол1Ив, ед Е, Ряб	25	5350	10,7	13,9	311,8	129,4	19,6	20,9	3,4	151,8	25,8	177,6
7	7Ол3Ив	25	8100	6,7	9,1	166,3	68,6	11,0	11,4	1,9	81,3	15,6	96,9
8	8Ол2Ив, ед Е	26	3825	11,6	12,6	269,2	112,8	16,9	17,7	2,9	131,8	22,4	154,1
9	7Ол3Ив	26	6325	6,6	8,6	120,6	50,2	8,3	8,0	1,4	59,3	10,8	70,1
10	10Ол, ед Ив	26	4200	9,1	10,0	161,5	67,0	11,0	10,3	1,8	78,6	11,6	90,2
11	10Ол, ед Б, Ив	27	4825	9,0	13,5	186,1	77,9	12,5	11,7	2,0	90,8	13,3	104,2
12	8Ол2Ив, ед Б	28	4400	7,6	11,1	118,8	49,4	7,8	7,9	1,3	58,0	10,5	68,5
13	10Ол, ед Ив	28	5375	8,3	14,6	176,3	73,6	12,0	11,1	1,9	85,9	12,1	98,0
14	8Ол2Ив, ед Б, Ос	29	5700	8,2	11,7	181,1	75,2	11,9	12,2	2,0	88,7	16,5	105,3
15	9Ол1Ив	29	6975	8,4	12,6	240,2	100,3	15,8	15,4	2,6	117,2	18,3	135,5
16	9Ол1Ив, ед Б	29	4875	9,6	12,9	224,8	94,4	14,4	14,5	2,3	110,0	18,4	128,4
17	10Ол, ед Б, Ив	29	6375	7,2	13,1	148,2	61,3	10,4	9,4	1,7	72,0	10,1	82,1
18	8Ол1Ив1Ос, ед Б	29	5250	9,0	12,5	205,9	87,3	13,8	14,1	2,5	103,2	18,6	121,8
19	9Ол1Ив, ед Б, Ос	30	6175	8,0	12,1	186,7	77,3	12,4	12,3	2,1	91,0	15,3	106,4

Окончание табл. 5.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	8Ол2Ив, ед Ос	30	2825	10,8	13,1	177,9	74,1	10,7	12,2	1,7	86,8	16,4	103,3
21	7Ол2Ив1Ос, ед Е,Б	30	3750	11,9	15,3	279,4	121,4	18,4	19,9	3,7	143,3	25,7	168,9
22	7Ол2Ив1Б, ед Е,Ос	30	5075	13,1	16,8	501,9	211,1	30,9	38,5	12,1	257,5	44,5	302,0
23	8Ол2Ив	32	5275	10,0	14,4	272,5	112,2	16,8	18,7	2,7	132,2	24,4	156,6
24	7Ол3Ив, ед Б	32	4450	11,0	13,5	287,5	121,6	17,3	20,6	2,9	143,2	30,9	174,2
25	8Ол1Ив1Ос, ед Е,Б	33	2650	14,3	18,5	316,3	150,6	21,9	23,5	4,1	175,6	30,2	205,8
26	9Ол1Ив	34	5075	8,5	12,1	172,9	72,1	11,7	11,1	1,9	84,5	13,2	97,7
27	8Ол1Е1Б, ед С,Ос,Ив,Ряб,Чер	35	3275	15,2	15,3	441,1	186,7	27,0	29,4	6,8	219,2	32,5	251,7
28	9Ол1Е ед Б,Ос,Ив	35	4650	13,8	14,8	505,1	215,1	31,5	34,4	8,3	253,7	37,8	291,4
29	10Ол, ед С,Ив	35	2325	17,4	16,9	453,4	194,6	25,3	28,7	3,6	222,0	36,9	258,9
30	8Ол2Ив, ед С,Е,Ос	36	1925	17,1	18,8	357,2	153,6	20,3	25,1	3,5	178,5	34,0	212,4
31	7Ол3Ив, ед Б	38	4825	11,8	14,5	380,3	155,1	21,3	27,8	3,5	183,5	39,8	223,3
32	10Ол, ед Е,Б,Ос,Ив	38	3725	15,6	20,1	543,0	248,7	35,3	37,7	7,0	288,5	46,3	334,8
33	9Ол1Ив, ед Е	40	3275	13,6	16,0	339,3	143,4	20,8	21,9	3,7	166,5	26,3	192,8
34	7Ол2Ив1Ос, ед Е,Б	40	3225	12,8	15,4	304,8	130,5	19,3	25,0	7,3	160,2	29,4	189,7
35	7Ол1Е1Б1Ив	45	1525	22,0	24,7	517,2	294,0	38,8	48,9	8,5	342,4	64,5	407,0
36	7Ол2Ив1Ос, ед Е	48	1750	21,4	20,6	574,0	250,1	31,4	42,2	6,8	292,6	54,1	346,6
37	9Ол1Е ед Б,Ос	48	3475	16,7	16,6	588,4	255,2	35,4	37,8	6,7	294,2	44,5	338,7
38	7Ол1Б1Ив1Чер, ед Е	50	5225	13,7	15,6	569,8	247,2	34,8	40,7	7,5	290,7	53,6	344,2
39	8Ол2Е, ед Б,Ряб,Чер	51	3875	14,6	17,8	483,1	202,9	29,6	33,6	8,9	241,1	35,7	276,9
40	9Ол1Е, ед С,Ив	77	1750	21,9	23,6	565,6	242,4	30,9	36,8	5,5	278,0	46,2	324,2

Примечание. *A* – возраст древостоя, лет; *D* – средний диаметр древостоя, см; *H* – средняя высота древостоя, м; *N* – число деревьев на 1 га; *Ps* – фитомасса ствола в коре, т/га; *M* – запас стволовой древесины в коре, м³/га; *Ps*, *Pbk*, *Pb*, *Pf*, *Pt*; *Pa* и *Pt* – фитомасса соответственно ствола в коре, коры ствола, ветвей, листьев, корней, надземная и общая, т/га.

Названная система уравнений имеет общий вид (59):

$$\begin{aligned}
 \ln D \text{ и } \ln H &= a_0 + a_1(\ln A) - a_2(\ln A)^2 \rightarrow \\
 \rightarrow \ln N &= a_0 + a_1(\ln A) - a_2(\ln A)^2 - a_3(\ln D) \rightarrow \\
 \rightarrow \ln M &= a_0 + a_1(\ln A) - a_2(\ln A)^2 + a_3(\ln D) + a_4(\ln N) \rightarrow \\
 \rightarrow \ln Ps &= a_0 + a_1(\ln A) - a_2(\ln A)^2 + a_3(\ln D) + a_4(\ln N) \rightarrow \\
 \rightarrow \ln Pbk &= a_0 - a_1(\ln D) + a_2(\ln Ps) \rightarrow \ln Pb, \ln Pf, \ln Pr, \ln Pa \\
 \text{и } \ln Pt &= a_0 + a_1(\ln A) - a_2(\ln A)^2 + a_3(\ln D) + a_4(\ln N). \quad (59)
 \end{aligned}$$

Таблица 5.12

Характеристика рекурсивной системы моделей (59)

Зависимая переменная	Коэффициенты						adjR ²	SE
	a_0	$a_1(\ln A)$	$a_2(\ln A)^2$	$a_3(\ln D)$	$a_4(\ln N)$	$a_5(\ln P)$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\ln D$	-10,198	5,9708	-0,6710	-	-	-	0,655	0,20
$\ln H$	-7,6106	4,9460	-0,5716	-	-	-	0,635	0,15
$\ln N$	1,0660	5,3192	-0,6760	-1,2525	-	-	0,724	0,21
$\ln M$	-9,8736	0,8269	-0,1074	2,3492	0,9903	-	0,998	0,02
$\ln Ps$	-11,240	1,1064	-0,1480	2,3984	0,9802	-	0,996	0,03
$\ln Pbk$	-1,3626	-	-	-0,2146	-	0,9960	0,996	0,03
$\ln Pb$	-14,883	1,9597	-0,2625	2,4108	1,0540	-	0,982	0,07
$\ln Pf$	-18,671	2,4648	-0,3190	2,4701	1,1035	-	0,918	0,16
$\ln Pr$	-13,806	2,2388	-0,3001	2,2987	0,8730	-	0,930	0,14
$\ln Pa$	-11,812	1,8235	-0,2432	2,3484	0,9221	-	0,990	0,05
$\ln Pt$	-11,711	1,8975	-0,2533	2,3408	0,9153	-	0,987	0,06

Примечание: adjR² – коэффициент детерминации, скорректированный на число переменных; SE – стандартная ошибка уравнения; n – число наблюдений.

Соответственно возрастные закономерности анализируемых показателей начинают выходить на плато, и зависимости в логарифмированном виде приобретают нелинейный вид. Эта нелинейность описывается путём включения в модели в качестве независимых переменных не только члена $(\ln A)$, но также $(\ln A)^2$, т.е.

описывается логарифмированным полиномом второго порядка, или функцией Корсуня-Бакмана (Korsun, 1935; Backman, 1938).

Результаты расчёта системы моделей (59) сведены в табл. 5.12. Независимые переменные в моделях (59) объясняют от 63,5 до 99,8% изменчивости соответствующих зависимых переменных. В свободный член введена поправка на логарифмирование (Baskerville, 1972).

О степени адекватности системы моделей (59) можно также судить по соотношению эмпирических и расчётных значений надземной и общей фитомассы древостоев, которое показывает достаточную высокую адекватность модели и наличие равномерной остаточной дисперсии (рис. 5.7).

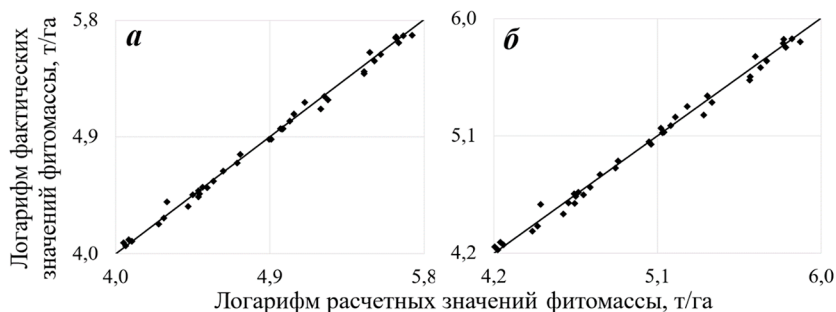


Рис. 5.7. Соотношение фактических и расчётных значений надземной (а) и общей (б) фитомассы сероольшаников Архангельской области

Последовательным табулированием системы моделей (59) (в направлении, показанном стрелками), представленных в табл. 23, мы получили таблицу возрастной динамики таксационных показателей и фракций фитомассы ольхи серой в возрастном диапазоне от 20 до 80 лет (табл. 5.13). Коэффициенты детерминации «сводных» моделей оказались практически такими же, как в модели (59) для сероольшаников северной тайги.

Путём последовательного табулирования полученных моделей по задаваемому возрасту при $X = 0$ и $X = 1$ получили таблицы возрастной динамики таксационных показателей и фитомассы сероольшаников для двух подзон. Результаты их сравнения при одном и том же возрасте (принят 40 лет) приведены в табл. 5.14.

Таблица 5.13

**Возрастная динамика фитомассы древостоев ольхи серой
Архангельской области**

<i>A</i> , лет	<i>D</i> , см	<i>H</i> , м	<i>N</i> , экз/га	<i>M</i> , м³/га	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га						
					<i>Ps</i>	<i>Pbk</i>	<i>Pb</i>	<i>Pf</i>	<i>Pa</i>	<i>Pr</i>	<i>Pt</i>
20	5,3	8,0	6911	75,3	30,4	5,4	7,2	0,8	38,4	5,9	44,2
30	10,5	13,5	4411	252,6	106,8	16,2	25,9	3,0	135,7	21,6	157,3
40	14,9	17,4	3315	440,4	189,6	26,6	45,7	5,4	240,7	38,8	279,5
50	18,1	19,9	2706	569,9	246,6	33,2	58,5	7,1	312,2	50,3	362,5
60	20,2	21,3	2320	628,7	271,7	35,7	63,1	7,7	342,4	54,8	397,3
70	21,4	21,9	2055	631,3	271,4	35,2	61,5	7,5	340,5	54,0	394,5
80	21,9	21,9	1862	597,6	255,1	32,9	56,4	6,9	318,3	50,0	368,3

Таблица 5.14

**Результаты сравнения возрастной динамики таксационных показателей
и фитомассы сероольшаников для северной и южной тайги**

<i>D</i> , см	<i>H</i> , м	<i>N</i> , экз/га	<i>M</i> , м³/га	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га							
				<i>P_s</i>	<i>P_{bk}</i>	<i>P_b</i>	<i>P_f</i>	<i>P_a</i>	<i>P_r</i>	<i>P_t</i>	
Северная тайга (данные авторов)											
13,8	16,2	3211	363,4	155,5	22,0	24,5	4,1	183,2	30,9	213,4	
Южная тайга (Гульбе, 1986, 1988, 2008)											
16,7	18,5	2004	403,9	157,1	14,5	16,5	3,7	176,6	18,6	211,9	
Различие показателей между южной и северной тайгой											
2,9	2,3	-1207	40,5	1,6	-7,5	-8,0	-0,4	-6,6	-12,3	-1,5	
Достоверность различия (t) между данными двух подзон											
2,4	2,0	2,3	2,5	1,0	12,2	7,3	1,1	0,4	4,6	0,3	

Согласно табл. 5.14 в возрасте 40 лет сероольшаники южной тайги имеют средние диаметры ствола, средние высоты и запасы большие, а густоты, напротив, меньшие, по сравнению с древостоями северной тайги, и эти различия статистически достоверны. Меньшие значения фитомассы ветвей и листвы в южной тайге

обусловили и меньшие значения надземной фитомассы, а меньшие значения фитомассы корней обусловили и меньшую общую фитомассу древостоев в южной тайге. Единственные пригодные для сравнения полученных результатов с данными фитомассы ольхи серой из других регионов опубликованы для условий южной тайги в возрасте древостоев от 3 до 50 лет в количестве 23 пробных площадей (Гульбе, 1986, 1988, 2008).

Это древостои естественного происхождения, возникшие в основном на залежи, чистые или с примесью (до 10-20%) других пород. Средний возраст 16 лет, т.е. вдвое меньше среднего возраста сероольшаников в северной тайге. Для сопоставления фитомассы сероольшаников двух подзон необходимо привести их к сопоставимому виду и сравнивать при условии равенства средних возрастов. С этой целью применен расчёт модели (59) как для северной, так и для южной тайги с введением в модель (59) бинарной переменной X , равной 0 для древостоев северной тайги и равной 1 для древостоев южной тайги.

Таким образом, можно отметить, что при больших значениях среднего диаметра ствола и средней высоты древостои ольхи серой южной тайги имеют соответственно большие запасы фитомассы по отношению к северной тайге. Но вследствие специфики структуры массы крон и корней сероольшаники южной тайги характеризуются меньшими значениями как надземной, так и общей фитомассы. На статистически значимом уровне это не подтверждается полным породному составу и ступеням толщины на 40 пробных площадях в возрастном диапазоне от 20 до 77 лет с использованием аллометрических моделей подеревной фитомассы.

5.5 Квалиметрические показатели фракций фитомассы ольхи серой

В исследованиях биологической продуктивности лесов и их реакции на изменение климата необходимо знание закономерностей динамики их не только количественных, но и качественных характеристик, варьирующих с возрастом, экологическими и другими факторами. Их исследование относится к области квалиметрии – науки о количественной оценке качества (Азгальдов, Райхман, 1973).

В связи с проблемой изменения климата количественные и квалитетические показатели лесной фитомассы стали необходимы для корректной оценки углеродного цикла в земной биосфере (Усольцев, Цепордей, 2020). Использовали данные пробных площадей, заложенных на территории Приморского муниципального района Архангельской области. Было рассчитано содержание абсолютно сухого вещества фитомассы по фракциям древесины и коры ствола, древесины и коры ветвей, а также листьев и базисная плотность древесины и коры ствола.

Расчёты производили по методам, изложенным в монографии В.А. Усольцева, И.С. Цепордея (2020). Вычислены средние квалитетические показатели фракций надземной фитомассы деревьев ольхи серой в районе исследования Архангельской области, которые представлены в табл. 5.15.

Таблица 5.15

**Средние квалитетические показатели фракций фитомассы
деревьев ольхи серой в районе исследования Архангельской области**

Критерии оценки	Фракции фитомассы				
	Древесина ствола	Кора ствола	Древесина ветвей	Кора ветвей	Листва
Содержание абсолютно сухого вещества, %	51,4±1,2	55,2±1,7	43,4±1,7	48,3±2,1	18,2±1,0
Стандартное отклонение (δ)	8,1	12,3	11,9	14,9	6,9
Коэффициент изменчивости (С)	15,8	22,2	27,4	30,8	38,0
Точность опыта (ρ), %	2,2	3,1	3,9	4,4	5,4
Достоверность среднего значения (t)	44,6	31,9	25,8	22,9	18,6
Базисная плотность, кг/м³	367,3±13,2	632,2±58,6	-	-	-
Стандартное отклонение (δ)	93,5	414,7	-	-	-
Коэффициент изменчивости (С)	25,5	65,6	-	-	-
Точность опыта (ρ), %	3,6	9,3	-	-	-
Достоверность среднего значения (t)	27,8	10,8	-	-	-

Содержание абсолютно сухого вещества фитомассы древесины ольхи серой в районе исследования составляет, примерно, половину относительно фитомассы в свежесрубленном состоянии.

Базисная плотность древесины ольхи серой в Приморском муниципальном районе Архангельской области, примерно, совпадает с нижней границей диапазона условной плотности древесины сосны в сосняках кустарничково-сфагновых на объектах гидролесомелиорации. Плотность древесины сосны изменяется в диапазоне от 0,390 до 0,697 кг/м³ (Тюкавина, 2020). Средние квалиметрические показатели фракций надземной фитомассы деревьев ольхи серой в районе исследования Архангельской области рассчитаны впервые.

5.6 Выводы по Главе 5

1. Предложенные аллометрические модели для фракций надземной фитомассы деревьев ольхи серой, произрастающей в подзоне северной тайги Архангельской области, характеризуются высокими показателями адекватности исходным данным и могут быть полезны при оценке углероддепонирующей способности сероольховых насаждений.

2. Исследована связь абсолютно сухой надземной фитомассы фракций деревьев ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench) с диаметром на высоте 1,3 м на территории северо-таёжного лесного района Архангельской области. На основе собранных данных графическим путём получены аллометрические уравнения связей по фракциям для каждой пробной площади. Аллометрические уравнения выбираются для этой цели, как в российских, так и в зарубежных исследованиях. На основе того, что полученные коэффициенты детерминации в большинстве случаев превышают 0,8 и в двух случаях находятся в интервале от 0,7 до 0,8, получили общие аллометрические уравнения, используя все модельные деревья. Сравнение результатов расчёта фитометрических показателей в т/га по общим уравнениям с уравнениями, полученными отдельно для каждого древостоя, показывает, что общие аллометрические уравнения в основном занижают фитометрические показатели.

Лучшие результаты расчётов получены для фракций древесины и коры ствола. Эти фракции имеют наибольшее значение при заготовке древесины. На основе общих уравнений впервые для Архангельской области создана таблица, характеризующая фракции фитомассы ольхи серой по весу на каждой из 2-сантиметровых ступеней толщины от 4 до 16 см. Уравнения практически применимы для прогнозирования средней абсолютно сухой фитомассы различных фракций при различных рубках.

3. Полученные аллометрические уравнения связей абсолютно сухой фитомассы фракций древостоев ольхи серой с таксационным диаметром показывают высокие достоверные связи этих показателей. Наиболее качественно они характеризуют фракции древесины и коры ствола. Для практического применения ольхи серой и установления объёмов депонирования углерода её деревьями важно установить связь фракций её абсолютно сухой фитомассы с таксационным диаметром древесного ствола. Поэтому в ходе исследования составлена соответствующая таблица, которая может быть полезной по ряду хозяйственных направлений для северо-таёжного лесного района Архангельской области.

4. Впервые в условиях северной тайги Архангельской области на 30 пробных площадях получены данные о структуре надземной фитомассы ольхи серой и рассчитаны аллометрические зависимости каждой фракции от объёма ствола. Путём совмещения аллометрических моделей с ранее составленными таблицами хода роста древостоев получена таблица биологической продуктивности древостоев ольхи серой по классам бонитета. Сравнение полученной таблицы с показателями нормальных древостоев ольхи серой Белоруссии, Литвы и Латвии показало, что в лучших условиях произрастания фитомасса спелых сероольшаников Архангельской области меньше аналогичных показателей Белоруссии и Литвы на 3-9%, но в худших условиях произрастания это различие возрастает до 29-48%. Подобные отличия фитомассы ольхи серой в сравниваемых регионах можно объяснить различиями зональных условий произрастания, а также региональной спецификой естественного изреживания древостоев. В наибольшей степени сероольшаники таёжной зоны отличаются от аналогичных насаждений

Латвии (25-41 %), по-видимому, вследствие суровых условий севера и использования для составления таблиц в Латвии местной бонитетной шкалы.

5. Составлена таблица возрастной динамики таксационных показателей и фракционного состава надземной фитомассы ольхи серой подзоны северной тайги в диапазоне возрастов от 20 до 80 лет. Построенные модели таксационных показателей и фракций фитомассы, связанные между собой по рекурсивному принципу, объясняют от 63,5 до 99,8 % изменчивости соответствующих зависимых переменных. Сравнение полученных результатов с сероольшаниками южной тайги показало, что при больших значениях среднего диаметра ствола и средней высоты древостои южной тайги имеют соответственно и большие запасы фитомассы по отношению к северной тайге. Но вследствие специфики структуры массы крон и корней сероольшаники южной тайги характеризуются меньшими значениями как надземной, так и общей фитомассы.

6. Вычислены средние квалитетрические показатели фракций надземной фитомассы деревьев ольхи серой в районе исследования Архангельской области. Установлено, что базисная плотность древесины ольхи серой в Приморском муниципальном районе Архангельской области, примерно, совпадает с нижней границей диапазона условной плотности древесины сосны в сосняках кустарничково-сфагновых на объектах гидролесомелиорации.

7. Результаты исследования структуры абсолютно сухой надземной фитомассы могут применяться лесоустройством при оценке и планировании заготовки и переработки различных компонентов, составлении проектов организации и использования вторичных лесных материалов. Выявленные закономерности формирования фитомассы могут служить теоретической базой для совершенствования оценки запасов фитомассы насаждений ольхи серой.

ВЫВОДЫ

На основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы.

1. В условиях интенсивного освоения природных ресурсов Арктики и приарктического региона возрастает роль быстрорастущих почвоулучшающих древесных пород, способных в короткие сроки создать на безлесных пространствах сомкнутые насаждения. Анализ проведённых исследований, показывает, что к таким породам относится ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench).

2. Ольха серая имеет важное биологическое и хозяйственное значение. Сероольховые насаждения выполняют почвозащитные, почвоулучшающие, мелиоративные функции, регулируют стоки, предотвращают образование снежных лавин и селевых потоков, способствуют сохранению полноводности рек, играют значительную роль в растительных сукцессиях. Благодаря своим биоэкологическим особенностям ольха серая принимает активное участие в заселении лесной растительностью неиспользуемых сельскохозяйственных земель. Ольха серая является одной из ведущих пород, обладающих способностью к азотфиксации. Высокая производительность сероольшаников в сочетании с относительной устойчивостью этой древесной породы к энтомо- и фитовредителям позволяет использовать эту породу при создании плантаций для получения древесной массы и энергетического сырья. Помимо этого, ольха серая является фармакопейным видом, используется в фармацевтической промышленности и применяется в народной медицине.

3. В результате проведённых исследований разработаны таблицы хода роста чистых одновозрастных насаждений ольхи серой при полноте 1,0. Данные нормативы для условий Архангельской области ранее не разрабатывались, что приводило к некорректной оценке продуктивности древостоев ольхи серой, и к ошибочному назначению лесохозяйственных мероприятий. Использование таблиц хода роста ольхи серой в практике ведения лесного хозяй-

ства позволит более точно устанавливать возраст количественной, технической и естественной спелости, определять относительную полноту древостоев по возрасту и классу бонитета, запас фактического древостоя по классу бонитета, возраста и полноте, планировать рубки ухода в насаждениях, моделировать объёмы выборочного хозяйства, актуализировать материалы лесоустройства при лесном планировании.

4. Впервые для древостоев ольхи серой в условиях Архангельской области установлены закономерности формирования, роста и накопления надземной фитомассы. На основе полученных данных исследована связь надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии с диаметром и возрастом ольхи серой по элементам и получены математические модели.

5. Помимо этого, рассчитаны аллометрические зависимости каждой фракции надземной фитомассы ольхи серой от объёма ствола. Путём совмещения аллометрических моделей с ранее составленными таблицами хода роста древостоев получена таблица биологической продуктивности древостоев ольхи серой в условиях таёжной зоны по классам бонитета. Сравнение нашей таблицы с показателями нормальных древостоев ольхи серой Белоруссии, Литвы и Латвии показало, что в лучших условиях произрастания фитомасса спелых сероольшаников Архангельской области меньше аналогичных показателей Белоруссии и Литвы на 3-9%, но в худших условиях произрастания это различие возрастает до 29-48%. Подобные различия фитомассы ольхи серой сравниваемых регионах можно объяснить различиями зональных условий произрастания, а также региональной спецификой естественного изреживания древостоев.

6. Кроме того, составлена таблица возрастной динамики таксационных показателей и фракционного состава надземной фитомассы ольхи серой подзоны северной тайги в диапазоне возрастов от 20 до 80 лет. Построенные модели таксационных показателей и фракций фитомассы, связанные между собой по рекурсивному принципу, объясняют от 63,5 до 99,8 % изменчивости соответствующих зависимых переменных. Сравнение полученных результатов с сероольшаниками южной тайги показало, что при больших зна-

чениях среднего диаметра ствола и средней высоты древостои южной тайги имеют соответственно и большие запасы по отношению к северной тайге. Но вследствие специфики структуры массы крон и корней сероольшаники южной тайги характеризуются меньшими значениями как надземной, так и общей фитомассы.

7. Предложенные модели и таблицы могут быть полезны при оценке углерододепонирующей способности сероольшаников северной и южной тайги. Уравнения и таблицы для оценки фитомассы на уровне древостоя имеют то преимущество, что могут быть применены для характеристики как фитомассы отдельных древостоев и их совокупности, так и – при совмещении с данными государственного учёта лесного фонда – ситуации в лесах всей страны.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЕДЕНИЮ ХОЗЯЙСТВА В НАСАЖДЕНИЯХ С ПРЕОБЛАДАНИЕМ И УЧАСТИЕМ ОЛЬХИ СЕРОЙ

Выполненные исследования позволили подготовить для практического использования в лесохозяйственном производстве и лесоустройстве для европейского северо-востока Российской Федерации следующие нормативы:

- Таблицы хода роста нормальных сероольховых древостоев по классам бонитета;
- Аллометрические модели для фракций надземной фитомассы древостоев ольхи серой;
- Таблица, характеризующая фракции фитомассы ольхи серой по весу на каждой из 2-сантиметровых ступеней толщины от 4 до 16 см на высоте 1,3 м;
- Таблица биологической продуктивности древостоев ольхи серой по классам бонитета.

Полученные результаты необходимы для пополнения базы данных о продуктивности и в перспективе для оценки углерододепонирующей функции и биологического разнообразия лесов, моделировании лесных пожаров, реализации экологических программ.

Система лесохозяйственных мероприятий по сохранению и восстановлению насаждений ольхи серой включает в себя:

1. В пределах лесосеки участки ольхи серой с подростом ели оставлять в качестве неэксплуатационных площадей – ключевых биотопов.
2. В защитных лесах проводить рубки ухода или выборочные санитарные рубки для сохранения их защитных свойств в насаждениях с преобладанием ольхи серой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агроклиматические ресурсы Архангельской области [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат. – 1971. – 136 с.
2. Агроклиматический справочник Архангельской области [Текст]. – Л.: Гидрометеиздат. – 1961. – 219 с.
3. Азгальдов, Г.Г. О квалиметрии [Текст] / Г.Г. Азгальдов, Э.П. Райхман. – М.: Изд-во стандартов. – 1973. – 172 с.
4. Алексеев, А.М. Фармакологическое изучение суммы БАВ из ольхи клейкой [Текст] / А.М. Алексеев, А.И. Березнякова, Е.К. Рядных // Матер. 2-й Респ. конф. по мед. ботан. – Киев: Наукова думка. – 1988. – С. 184.
5. Антанайтис, В.В. Перспективы моделирования производительности древостоев [Текст] / В.В. Антанайтис, В.В. Тябера // Лесное хозяйство. – 1982. – № 4. – С. 38–41.
6. Анучин, Н.П. Сортиментные и товарные таблицы [Текст] / Н.П. Анучин. – 6-е изд. – М. – 1968. – 480 с.
7. Анучин, Н.П. Лесная таксация [Текст]: учебник для лесотехн. и лесохоз. специальностей вузов / Н.П. Анучин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Лесная промышленность. – 1971. – 512 с.
8. Анучин, Н.П. Лесная таксация [Текст]: учебник для вузов / Н.П. Анучин. – М.: Лесная промышленность. – 1982. – 552 с.
9. Анучин, Н.П. Лесная таксация [Текст]: учебник / Н.П. Анучин. – М.: ВНИИЛМ. – 2004. – 552 с.
10. Ареалы деревьев и кустарников СССР. В трех томах. Т.1. [Текст] / С.Я. Соколов, О.А. Связева, В.А. Кубли, при участии А.К. Скворцова, И.А. Грудзинской, Г.Н. Огуревой. – Л.: Наука, Ленингр. отд. – 1977. – 164 с.
11. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР [Текст] / под ред. А.И. Толмачева. – М. – 1983. – 340 с.
12. Атлас Архангельской области [Текст] / отв. ред. Н.А. Моргунова. – М.: Главное управление геодезии и картографии. – 1976. – 72 с.
13. Атлас лекарственных растений СССР [Текст]. – М.: Изд-во мед. лит-ры. – 1962. – 704 с.

14. Атлас почв СССР [Текст] под общей редакцией И.С. Кауричева, И.Д. Громыко. – Москва: Колос. – 1974. – 164 с.

15. Багинский, В.Ф. Экологическая спелость древостоев ольхи серой в Беларуси [Текст] / В.Ф. Багинский, Н.Н. Катков, О.В. Лапицкая // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2014. – № 2. – С. 32–44.

16. Базилевич, Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии [Текст] / Н.И. Базилевич. – М.: Наука. – 1993. – 293 с.

17. Балявичене, Ю. Синтаксономо-фитогеографическая структура растительности Литвы [Текст] / Ю. Балявичене. – Вильнюс: Мокслас. – 1991. – 220 с.

18. Баранчик, В.П. Размерно-качественная характеристика древностараниковой растительности [Текст] / В.П. Баранчик, А.П. Матвейко, О.А. Атрошенко, Л.Ф. Поплавская // Лесоведение и лесное хозяйство. – Минск: Вышэйшая школа. – 1986. – Вып. 21. – С. 82–87.

19. Беляев, В.В. Земельные ресурсы Архангельской области [Текст]: учебное пособие / В.В. Беляев. – Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: ИПЦ САФУ. – 2013. – 138 с.

20. Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера [Текст] / Под ред. К.С. Бобковой, Э.П. Галенко. – СПб.: Наука. – 2001. – 278 с.

21. Бирюков, В.И. Влияние степени изреживания сероольхового древостоя на рост и состояние елового подроста [Текст] / В.И. Бирюков, Н.П. Евстратов // Лесная геоботаника и биология древесных растений. – Вып. 7. – Тула. – 1981. – С. 12–17.

22. Бойцов, А.К. Формирование сероольшаника на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования [Текст] / А.К. Бойцов, С.А. Мерзук // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2021. – № 3. – С. 55–66.

23. Бузыкин, А.И. Густота и продуктивность древесных ценозов [Текст] / А.И. Бузыкин, Л.С. Пшеничникова, В.Г. Суховольский. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. – 2002. – 152 с.

24. Булохов, А.Д. Эколого-флористическая классификация лесов Южного Нечерноземья России [Текст] / А.Д. Булохов, А.И. Соломещ. – Брянск: Изд-во БГУ. – 2003. – 359 с.

-
25. Булыгин, Н.Е. Дендрология [Текст] / Н.Е. Булыгин, В.Т. Ярмишко. – СПб.: Наука. – 2000. – 528 с.
26. Бурак, Ф.Ф. Оляха серая и ее роль в обеспечении энергетической безопасности Республики Беларусь [Текст] / Ф.Ф. Бурак, О.М. Луфферов // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.- практич. конф. / под ред. Е.А. Памфилова. – Выпуск 17. – Брянск: БГИТА. – 2007. – С. 23–26.
27. Варфоломеев, Л.А. Почвенно-земельный фонд Архангельской области как составляющая землепользования [Текст] / Л.А. Варфоломеев, Г.А. Цымбалюк // Почва как природный ресурс Севера. Архангельск: Изд-во АГТУ. – 2005. – С. 35–40.
28. Василевич, В.И. Сероольшатники Европейской России [Текст] / В.И. Василевич // Ботанический журнал. – 1998. – Т. 83. – № 8. – С. 28–42.
29. Верхунов, П.М. Таксация леса [Текст]: учеб. пособие / П.М. Верхунов, В.Л. Черных. – Йошкар-Ола: МарГТУ. – 2007. – 398 с.
30. Воронов, А.Г. Геоботаника [Текст] / А.Г. Воронов. – М.: Высшая школа. – 1973. – 383 с.
31. Вострикова, Г.Г. Медицина народа Дерсу [Текст] / Г.Г. Вострикова, П.А. Востриков. – Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во. – 1971. – 32 с.
32. Ганц, Г.В. Лесоводственное значение серой ольхи, как азотсобиравателя [Текст] / Г.В. Ганц // Тр. Лесотехнич. акад. им. С.М. Кирова. – Л. – 1940. – № 58. – С. 178–189.
33. Гельтман, В.С. Формирование сероольховых фитоценозов и их смена елью [Текст] / В.С. Гельтман, В.И. Парфенов // Сборник ботанич. работ Белорусск. ВБО. – 1961. – Т. 3. – С. 5–14.
34. Голод, Д.С. Типы и ассоциации еловых лесов северо-восточной части Белорусской ССР [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д.С. Голод. – Минск: Институт экспериментальной ботаники. – 1966. – 32 с.
35. Горячкин, С.В. Почвенный покров Севера (структура, генезис, экология, эволюция) [Текст] / С.В. Горячкин. – М.: ГЕОС. – 2010. – 414 с.
36. ГОСТ 2140–81. Видимые пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения [Текст] – М.: Изд-во стандартов. – 1982. – 111 с.

37. Государственный лесной реестр. Форма № 2-ГЛР. Распределение площади лесов и запасов древесины по преобладающим породам и группам возраста на 01.01.2023 года. Архангельская область. – URL: <https://office.dvinaland.ru/docs/pub/a0238523f63dd7cddc6e2f78a2d6fa93/default/?&> (дата обращения 04.02.2025).

38. Грищенко, И.В. Климат Архангельской области [Текст] / И.В. Грищенко. – Архангельск. – 2017. – 203 с.

39. Гроздов, Б.В. Типы леса Брянской, Смоленской и Калужской областей: Краткий очерк [Текст] / Б.В. Гроздов. – М-во высш. образования. Брян. лесохоз. ин-т. – Брянск. – 1950. – 56 с.

40. Гроздов, Б.В. Дендрология [Текст] / Б.Г. Гроздов. – М.; Л.: Гослесбумиздат. – 1960. – 355 с.

41. Громадин, А.В. Дендрология: учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования [Текст] / А.В. Громадин, Д.Л. Матюхин. – 5-е изд., стер. – Москва: Академия. – 2012. – 358 с.

42. Губанов, И.А. Дикорастущие полезные растения СССР [Текст] / И.А. Губанов, И.Л. Крылова, В.Л. Тихонова. – Москва: Мысль. – 1976. – 360 с.

43. Губанов, И.А. Дикорастущие полезные растения [Текст] / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков. – М: Изд-во Моск. ун-та. – 1987. – 160 с.

44. Гузова, Т.А. Зарастание луга ольхой серой (*Alnus incana* L.) [Текст] / Т.А. Гузова, И.В. Варганова, М.Ю. Тиходеева // Биологическое разнообразие, озеленение, лесопользование: сб. материалов Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых. – СПб. – 2009. – С. 85–90.

45. Гузова, Т.А. Преобразования биогеоценозов суходольных лугов в процессе зарастания ольхой серой (*Alnus incana* (L.) Moench) [Текст] / Т.А. Гузова, М.Ю. Тиходеева // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3: Биология. – № 1. – 2016. – С. 4–21.

46. Гульбе, А.Я. Надземная фитомасса и годовичная продукция древостоев ольхи серой на брошенной пашне в подзоне южной тайги (Ярославская область) [Текст] / А.Я. Гульбе, Я.И. Гульбе, Т.А. Гульбе // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под. ред. Е.А. Памфи-

лова. Сборник научных трудов по итогам междунар. научно-технич. конф. – Вып. 21. – Брянск: БГИТА. – 2008. – С. 25–29.

47. Гульбе, А.Я. Процесс формирования молодняков древесных пород на залежи [Текст]: дис. ... канд. биол. наук / А.Я. Гульбе. – Институт лесоведения РАН. – М. – 2009. – 167 с.

48. Гульбе, Я.И. Биологическая продуктивность и вертикально-фракционная структура сероольшаников неморально-кисличной группы типов [Текст] / Я.И. Гульбе // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. – М.: Наука. – 1986. – С. 51–76.

49. Гульбе, Я.И. Фракционная структура фитомассы и годичной продукции древостоев и деревьев серой ольхи [Текст] / Я.И. Гульбе // Анализ продукционной структуры древостоев. – М.: Наука. – 1988. – С. 85–103.

50. Гульбе, Я.И. Динамика биологической продуктивности южно-таежных древостоев ольхи серой (на примере Ярославской области) [Текст]: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Я.И. Гульбе. – М. – 2012. – 20 с.

51. Гульбе, Я.И. Биологическая продуктивность сероольшаника на залежи [Текст] / Я.И. Гульбе, А.Я. Гульбе, Т.А. Гульбе, Л.С. Ермолова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2018. – № 51. – С. 25–28.

52. Гульбе, Я.И. Исследования по биологической продуктивности лесов в Институте лесоведения РАН [Текст] / Я.И. Гульбе, А.Я. Гульбе, Л.С. Ермолова, Т.А. Гульбе // Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. – 2019. – № 4. – С. 7–22. – URL: <http://ilan.ras.ru/issledovaniya-po-biologicheskoy-produktivnosti-lesov-v-institute-lesovedeniya-ran-gulbe-ya-i-gulbe-a-ya-ermolova-l-s-gulbe-t-a-2019/> (дата обращения: 04.02.2025).

53. Гульбе, Я.И. Биологическая продуктивность гидрофильных сероольшаников Ярославской области [Текст] / Я.И. Гульбе, Т.А. Гульбе, А.Я. Гульбе, Л.С. Ермолова // Лесоведение. – 2020. – № 1. – С. 64–75.

54. Гульбе, Я.И. Оценка распределения деревьев в древостоях ольхи серой по продукционным показателям [Текст] / Я.И. Гульбе, А.Я. Гульбе, Т.А. Гульбе // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2021. – № 60. – С. 20–22.

55. Гульбе, Я.И. Связь продукционных показателей деревьев ольхи серой с их таксационными характеристиками [Текст] / Я.И. Гульбе, А.Я. Гульбе, Т.А. Гульбе // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов. – Выпуск 64. – Брянск: БГИТУ. – 2023. – С. 40–43.

56. Гусев, И.И. Методика построения шкалы разрядов высот [Текст] / И.И. Гусев // Известия вузов. Лесной журнал. – 1971. – № 6. – С. 137–138.

57. Гусев, И.И. Лесная таксация [Текст]: учебное пособие к проведению полевой практики / И.И. Гусев, В.И. Калинин. – Л.: ЛТА. – 1988. – 61 с.

58. Гусев, И.И. Моделирование экосистем [Текст]: уч. пособие / И.И. Гусев. – Архангельск: изд-во АГТУ. – 2002. – 112 с.

59. Давидов, М.В. Оляха [Текст] / М.В. Давидов. – М: Лесная промышленность. – 1979. – 78 с.

60. Давидов, М.В. Особенности роста черноольховых насаждений [Текст] / М.В. Давидов // Лесное хозяйство. – 1976. – № 8. – С. 43–45.

61. Данилов, Ю.И. Повышение продуктивности мягколиственных молодняков южной тайги лесокультурными методами [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Ю.И. Данилов. – ЛТА. – Л. – 1976. – 18 с.

62. Данько, В.Н. Использование ольхи черной и серой при рекультивации [Текст] / В.Н. Данько // Лесохозяйственная информация. – 1975. – Реф. вып. – С. 8–9.

63. Дегтева, С.В. Типология сероольшаников в работах советских геоботаников [Текст] / С.В. Дегтева. – Л. – 1984, деп. ВИНТИ №2592–84. – 27 с.

64. Дегтева, С.В. Типы сероольшаников Северо-Запада европейской части СССР [Текст] // С.В. Дегтева, В.С. Ипатов // Вестник ЛГУ. Сер. Биол. – 1985. – № 10. – С. 42–50.

65. Дегтева, С.В. Особенности сукцессионного ряда луг-сероольшаник [Текст] / С.В. Дегтева, Л.Б. Головнева // Эколого-ценотическое и флористическое изучение фитоценозов Европейского Севера СССР. Труды Коми филиала АН СССР. – № 82. – Сыктывкар. – 1987. – С. 67–76.

66. Дегтева, С.В. Сероольшаники Северо-Запада РСФСР [Текст] / С.В. Дегтева, В.С. Ипатов. – Л. – 1987. – 252 с.

-
67. Дегтева, С.В. Ценолитическое и флористическое разнообразие сероольшаников Республики Коми [Текст] / С.В. Дегтева // Научные доклады. Российская акад. наук. Уральское отделение. Коми науч. центр. – Сыктывкар: Изд-во Коми науч. центра УрО Российской АН. – 1999. – Вып. 417. – 32 с.
68. Дегтева, С.В. Сероольшаники республики Коми [Текст] / С.В. Дегтева // Ботанический журнал. – 2002. – Т. 87. – № 1. – С. 107–121.
69. Дерюгина, Т.Ф. Отношение семян некоторых видов ольхи к влажности почвы [Текст] / Т.Ф. Дерюгина // Ботаника. Исследования. – Минск: Наука и техника. – 1966. – Вып. 8. – С. 205–209.
70. Дерюгина, Т.Ф. Древесные растения и влага [Текст] / Т.Ф. Дерюгина // В помощь лесоводу и озеленителю. – 1969. – С. 20–27.
71. Дерюгина, Т.Ф. Рост некоторых древесных растений при разной влажности почвы [Текст] / Т.Ф. Дерюгина // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по изучению взаимоотношений растений в фитоценозах. – 1969. – С. 63.
72. Добровольский, Г.В. География почв [Текст]: учебник / Г.В. Добровольский, И.С. Урушевская. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС. – 2004. – 460 с.
73. Добровольский, Г.В. Карта почвенно-географического районирования России масштаба 1:15 000 000 [Текст] / Г.В. Добровольский, И.С. Урушевская, И.О. Алябина // Электронный научный журнал. Доклады по экологическому почвоведению. – 2008. – Вып. 2. – № 2. – С. 1–18.
74. Доклад. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2022 год [Текст] / отв. ред. О.В. Перхурова; ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». – Архангельск: САФУ. – 2023. – 529 с.
75. Долгова, Л.Н. Почвоулучшающая роль и семеноводство ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.) и ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench.) в Республике Марий Эл [Текст]: автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук / Л.Н. Долгова: 06.03.01. – С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. им. С. М. Кирова. – Санкт-Петербург. – 2003. – 21 с.
76. Евстратов, Н.П. Влияние интенсивности изреживания полога ольхи серой на состояние и рост елового подроста [Текст] / Н.П. Ев-

стратов // Роль науки в создании лесов будущего: тез. Докл. Всесоюз. конф., – Пушкино. – 1981. – С. 19.

77. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография [Текст] – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. – 2014. – 768 с.

78. Ермакова, В.А. Изучение антимикробной активности соплодий ольхи [Текст] / В.А. Ермакова, О.Н. Перешивкина, Т.Г. Козлова // Научн. тр. НИИ фармации Мин. здравоохран. Российской Федерации. – 1995. – Вып. 34. – С. 228–230.

79. Ермолова, Л.С. Возрастные изменения травяного покрова сеероошшаников, формирующихся на бывших сельскохозяйственных угодьях / Л.С. Ермолова, А.Я. Гульбе, Я.И. Гульбе // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2008. – № 21 – 3. – С. 72–75.

80. Ермолова, Л.С. Морфологические особенности и сезонное развитие ольхи серой в молодняках на залежах Ярославской области [Текст] / Л.С. Ермолова, Я.И. Гульбе, Т.А. Гульбе, А.Я. Гульбе // Лесоведение. – 2016. – № 4. – С. 279–293.

81. Ефремова, Н.А. Лекарственные растения Камчатки и Командорских островов [Текст] / Н.А. Ефремова – Петропавловск-Камчатский: Дальневосточное кн. изд-во. – 1967. – 123 с.

82. Заборовский, Е.П. Плоды и семена древесных и кустарниковых пород [Текст] / Е.П. Заборовский. – М.: Гослесбумиздат. – 1962. – 303 с.

83. Залесов, С.В. Формирование насаждений на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, в условиях, средней подзоны тайги Пермской области / С.В. Залесов, Н.Н. Новоселова, Л.П. Абрамова // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Вып. 25. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2004. – С. 30–41.

84. Залесов, С.В. Заращение бывших сельскохозяйственных угодий в Слободо-Туринском районе Свердловской области / С.В. Залесов, А.Г. Магасумова, Е.В. Юровских // Леса России и хозяйство в них. – 2009. – № 3(34). – С. 15–23.

85. Зориков, П.С. Изучение возможности применения дальневосточных растений в современной терапии [Текст] / П.С. Зориков, Г.Н. Бездетко // Биол. исслед. на Горно-таежн. ст. ДВО РАН. – 1995. – № 2. – С. 149–158.

86. Иванова, А.В. Ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench) в Самарской области [Текст] / А.В. Иванова // Репродуктивная биология, география и экология растений и сообществ Среднего Поволжья: Материалы Всероссийской научной конференции (Ульяновск, 27–29 ноября 2012 г.) / под ред. С.Н. Опариной. – Ульяновск: УлГПУ им. И.Н. Ульянова. – 2012. – С. 175–179.

87. Иллюстрированная энциклопедия растительного мира Сибири [Текст] / И.А. Артемов и др. Ред. В.П. Седельников. – Новосибирск: Арта. – 2009. – 392 с.

88. Ипатов, В.С. Бонитировочные шкалы для лиственных древостоев Северо-Запада и некоторые примеры использования шкал в геоботанике [Текст] / В.С. Ипатов, Г.Г. Герасименко // Вестник ЛГУ. Сер. 3 (Биология). – 1989. – Вып. 3. – № 17. – С.24–30.

89. Исаков, В.Н. Онтогенетическая изменчивость морфологии листа ольхи серой на территории Латвийской ССР [Текст] / В.Н. Исаков // Изв. АН Латв. ССР. – 1988. – № 1 (486). – С. 81–94.

90. Казимиров, Н.И. Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги [Текст] / Н.И. Казимиров, Р.М. Морозова, В.К. Куликова. – Ленинград: Наука, Ленингр. отд-ние. – 1978. – 216 с.

91. Каплина, Н.Ф. Биопродуктивность и вертикально-фракционная структура березняков на легких почвах [Текст] / Н.Ф. Каплина // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. – М.: Наука. – 1986. – С. 76–110.

92. Каплина, Н.Ф. Фракционная структура фитомассы и годичной продукции древостоев и деревьев берёзы [Текст] / Н.Ф. Каплина // Анализ продукционной структуры древостоев. – М.: Наука. – 1988. – С.103–117.

93. Каппер, О.Г. Лесоводственное значение белой или серой ольхи [Текст] / О.Г. Каппер // Лесное хозяйство. – 1939. – № 6. – С. 27–29.

94. Капустинская, Т.К. Культура черной ольхи в Литовской ССР [Текст] / Т.К. Капустинская // Лесное хозяйство. – 1958. – № 10. – С. 36–37.

95. Каргин, Л.П. Особенности организации хозяйства в насаждениях серой ольхи в колхозных лесах [Текст] / Л.П. Каргин // Лесное хозяйство. – 1961. – № 10. – С.31–33.

96. Карта районов Архангельской области. – URL: <https://cf2.ppt-online.org/files2/slide/x/XSnLMWtHPbxdeJ8OFsyE2ND5kQhcTZuw3a4I91/slide-6.jpg> (дата обращения: 04.02.2025).

97. Карташова, Н.М. Анатомическая структура побегов облепихи крушиновой и ольхи серой, культивируемых на промышленных отвалах Курской магнитной аномалии [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / Н.М. Карташова. – Воронеж. – 1981. – 17 с.

98. Кашлев, В.Ф. Ольха серая и ее значение [Текст] / В.Ф. Кашлев // Доклады ТСХА. – 1957. – Вып. 31. – С. 343–348.

99. Кашлев, В.Ф. Текущий и средний приросты ольхи серой в зависимости от развития дерева [Текст] / В.Ф. Кашлев // Докл. ТСХА. – 1959. – Вып. 40. – С. 194–197.

100. Кашлев, В.Ф. Ход роста стволов ольхи серой (*Alnus incana* Moench) [Текст] / В.Ф. Кашлев // Докл. ТСХА. – 1960. – Вып. 52. – С. 413–419.

101. Кашлев, В.Ф. Сероольшаники Ново-Петровского лесхоза Московской области и их использование [Текст] / В.Ф. Кашлев // Докл. ТСХА. – 1963. – Т. 89. – С. 530–535.

102. Кобранов, Н.П. Обследование и исследование лесных культур [Текст]: учеб. пособие для студентов лесохозяйственных факультетов / Н.П. Кобранов. – Л.: ЛТА. – 1973. – 75 с.

103. Комендар, В.И. Распространение и эколого-биологические особенности ольхи зеленой в Украинских Карпатах [Текст] / В.И. Комендар // Растительность высокогорий и вопросы ее хозяйственного использования. – М.; Л.: Наука. – 1966. – Т. VIII. – С. 189–195.

104. Коротков, К.О. Леса Валдая [Текст] / К.О. Коротков. – М.: Наука. – 1991. – 157 с.

105. Кофман, Г.Б. Рост и форма деревьев [Текст] / Г.Б. Кофман; Отв. ред. В.В. Кузьмичев; АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т леса и древесины им. В.Н. Сукачева. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние. – 1986. – 209 с.

106. Кравчинский, Д.М. Жестокий конкурент сосны – белая ольха [Текст] / Д.М. Кравчинский // Из области научного лесоводства: сб. статей 1876–1915. – Петроград: Типография Петроград, градонач. – 1916. – С. 175–177.

107. Крапивко, Н.М. Основы технологии и реконструкции сероольховых насаждений в БССР [Текст] / Н.М. Крапивко // Повышение продуктивности лесов методами лесных культур и основы организации хозяйства в лесах искусственного происхождения: тез. докл. респуб. науч.-техн. конф. – Минск. – 1973. – С.33–35.

108. Крапивко, Н.М. Разработка и научное обоснование методов реконструкции сероольховых лесов Белоруссии [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.М. Крапивко. – Минск. – 1974. – 24 с.

109. Крачковский, А.В. Древесная продуктивность сероольшаников в подзоне дубово-темнохвойных лесов [Текст] / А.В. Крачковский // Проблемы лесоведения и лесоводства. – Гомель. – 2011. – Вып. 71. – С. 70–77.

110. Кудряшев, Л.В. Биология и формирование стланиковой структуры *Alnus viridis* DC в Восточных Карпатах [Текст] / Л.В. Кудряшев, Р.П. Барыкина // Бюлл. МОИП. – 1966. – Т. 71. – Вып. 2. – С. 39–53.

111. Кулагин, Ю.З. Типы болотных лесов Ильменского заповедника и их динамика [Текст] / Ю.З. Кулагин // Труды Института биологии УФ АН СССР. – 1961. – Вып. 28. – С. 45–56.

112. Кулагин, Ю.З. Адаптация по защите онтогенеза древесных растений [Текст] / Ю.З. Кулагин // Адаптация древесных растений к экстремальным условиям среды. – Петрозаводск. – 1984. – С. 4–20.

113. Кундзиньш, А.В. Разведение быстрорастущих гибридов ольхи (*Alnus hybrida* A.Br.) [Текст] / А.В. Кундзиньш // Биологическая наука сельскому и лесному хозяйству. – Рига: Изд-во АН Латв. ССР. – 1960. – С. 97–99.

114. Кундзиньш, А.В. Опыты вегетативного размножения рода ольхи (*Alnus* Gaertn.) [Текст] / А.В. Кундзиньш, Д.М. Пирагс // Повышение продуктивности леса. – Рига: Изд-во АН Латв. ССР. – 1963. – С. 29–38.

115. Кундзиньш, А.В. Исследования рода ольхи (*Alnus* Gaertn.) в Латвийской ССР [Текст]: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А.В. Кундзиньш. – Латвийская сельскохозяйственная академия. – Елгава. – 1969. – 50 с.

116. Купцов, Н.С. Энергоплантации. Справочное пособие по использованию энергетических растений [Текст] / Н.С. Купцов, Е.Г. Попов. – Мн.: Тэхналогія. – 2015. – 128 с.

117. Куркин, В.А. Фармакогнозия [Текст]: учебник для студентов фармацевтических вузов / В.А. Куркин. – Самара: ООО «Офорт», ГОУВПО Сам ГМУ. – 2004. – С. 888–890.

118. Курнаев, С.Ф. Серая ольха – ценная вспомогательная порода для культуры широколиственных в зоне дерново-подзолистых почв [Текст] / С.Ф. Курнаев // Опыт лесоразведения в Московской области. – М.; Л. – 1956. – С. 45–50.

119. Кутявин, И.Н. Продуктивность коренных сосняков бассейна верхней Печоры / И.Н. Кутявин // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы докладов XXI Всероссийской молодежной научной конференции, посвященной 70-летию А.И. Таскаева, Сыктывкар, 07–11 апреля 2014 года. – Сыктывкар: Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук. – 2014. – С. 199–203.

120. Кутявин, И.Н. Биологическая продуктивность сосновых фитоценозов северного Приуралья (Республика Коми) / И.Н. Кутявин, К.С. Бобкова // Лесоведение. – 2017. – № 1. – С. 3–16.

121. Кшисик, Ф. Ольха серая и применение ее древесины. Распространение и продуктивность сероольховых насаждений в Польской Народной Республике [Текст] / Ф. Кшисик // Ботаника. Исследования: сб. ВБО. – 1965. – Вып. 7. – С. 234–243.

122. Лабоха, К.В. Особенности естественного возобновления в сероольшаниках Беларуси [Текст] / К.В. Лабоха // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции, ВГЛУ. – 2015. – Том 3. – № 4 (15–2) – С. 71–74.

123. Лебедев, А.В. Таксационные показатели сосновых древостоев по данным долговременных наблюдений [Текст] / А.В. Лебедев, В.В. Кузьмичев // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 2. – С. 3–16.

124. Лесная энциклопедия [Текст]: в 2-х томах / редкол.: Г.И. Воробьев (гл. ред.) [и др.]. – Москва: Советская энциклопедия, 1985–1986. – Т. 2: Лимонник – Ящерицы. – 1986. – 631 с.

125. Лесной план Архангельской области Российской Федерации на 2019 – 2028 годы. Утв. указом Губернатора Архангельской области от 14 декабря 2018 г. № 116–у. [Текст] – Архангельск. – 2018. – 239 с. – URL: https://portal.dvinaland.ru/upload/iblock/ecf/LesPlan_Ukaz_116y_ot_%2014_12_2018.pdf (дата обращения: 04.02.2025).

126. Лесотаксационный справочник [Текст] / Б.И. Грошев, П.И. Мороз, И.П. Сеперович, С.Г. Сеницын – Всесоюз. аэрофотолесоустроит. объединение «Леспроект». – Москва: Лесная промышленность. – 1973. – 208 с.

127. Лесотаксационный справочник [Текст] / Б.И. Грошев, С.Г. Сеницын, П.И. Мороз, И.П. Сеперович. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность. – 1980. – 287 с.

128. Лесотаксационный справочник по северо-востоку европейской части Российской Федерации: (нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской областей и Республики Коми) [Текст] / Федер. агентство лесного хоз-ва, Федер. бюджет. учреждение «Сев. науч.-исслед. ин-т лесного хоз-ва»; сост.: канд. с.-х. наук Г.С. Войнов и др. – Архангельск: ОАО ИПП «Правда Севера». – 2012. – 672 с.

129. Ликсакова, Н.С. Мелколиственные леса Чудовского района Новгородской области [Текст] / Н.С. Ликсакова // Ботанический журнал. – 2004. – Т. 89. – № 8. – С. 1319–1342.

130. Лир, Х. Физиология древесных растений [Текст] / Х. Лир, Г. Польстер, Г.И. Фидлер. – М.: Лесная промышленность. – 1974. – 423 с.

131. Макаров, А.А. Лекарственные растения Якутии [Текст] / А.А. Макаров. – Якутск: Кн. изд-во. – 1989. – 190 с.

132. Маланкина, Е.Л. Лекарственные и эфирномасличные растения: учебник [Текст] / Е.Л. Маланкина, А.Н. Цицилин // Москва: ИНФРА-М. – 2022. – 368 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1856979> (дата обращения: 04.02.2025).

133. Манаков, К.Н. Элементы биологического круговорота на Полярном Севере [Текст] / К.Н. Манаков. – Л.: Наука. – 1970. – 160 с.

134. Маргайлик, Г.И. Древесные растения и свет [Текст] / Г.И. Маргайлик // В помощь лесоводу и озеленителю. – 1969. – С. 5–19.

135. Мартыненко, В.Б. Леса Башкирского государственного заповедника: синтаксономия и природоохранная значимость [Текст] / В.Б. Мартыненко, А.И. Соломещ, Т.В. Жирнова. – Уфа: Гилем. – 2003. – 203 с.

136. Мартыненко, В.Б. Синтаксономия лесов Южного Урала как теоретическая основа развития системы их охраны [Текст]: дис. ... д-ра биол. наук / В.Б. Мартыненко. – Уфа. – 2009. – 495 с.

137. Мильто, Н.И. Влияние корневых систем сероольховых древостоев на водно-физические свойства почв [Текст] / Н.И. Мильто // Ботаника. Исследования. – 1964. – Вып. 6. – С. 155–164.

138. Мильто, Н.И. Биологический круговорот азота и зольных элементов в сероольховых лесах [Текст] / Н.И. Мильто // Пути повышения продуктивности лесов. – Минск: Высшая школа. – 1966. – С. 148–156.

139. Мильто, Н.И. Влияние серой ольхи на почву и продуктивность ели [Текст] / Н.И. Мильто // Ботаника. Исследования. – Минск: Наука и техника. – 1966. – Вып. 8. – С. 134–141.

140. Мильто, Н.И. Динамика свойств почв в сероольховых лесах [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.И. Мильто. – БТИ им. С.М. Кирова. – Минск. – 1967. – 24 с.

141. Мильто, Н.И. Влияние сероольховых фитоценозов на режим влажности дерново-подзолистых заболачиваемых почв [Текст] / Н.И. Мильто // Ботаника. Исследования. – 1969. – Вып. 11. – С. 104–112.

142. Мильто, Н.И. Агронакопительная способность *Alnus incana* [Текст] / Н.И. Мильто // Докл. АН БССР. – 1970. – Т. 14. – № 3. – С. 270–272.

143. Мильто, Н.И. Использование почвоулучшающих свойств ольхи серой [Текст] / Н.И. Мильто // Лесоведение и лесное хозяйство. – Минск: Выш. Школа. – 1970. – Вып. 3. – С. 37–42.

144. Мильто, Н.И. Продуктивность и круговорот азота и зольных элементов в сероольховых лесах Белоруссии [Текст] / Н.И. Мильто // Тез. докл. IV Всесоюз. делегат, съезда почвоведов – Алма-Ата. – 1970. – кн. 1. – С. 19–20.

145. Мурниец, П. Ход роста ольхи в Латвийской ССР [Текст] / П. Мурниец // Труды Ин-та лесохозяйственных проблем. – Рига. – 1950. – Вып. 2. – С. 251–252.

146. Нестерович, Н.Д. О качестве семян ольхи черной и туи западной, выпадающих осенью и весной [Текст] / Н.Д. Нестерович // Сборн. научн. трудов ин-та Биол. АН БССР. – Вып. 2. – 1951. – С. 189–194.

147. Никитин, С.А. Типы леса Серебряноборского опытного лесничества. Природные условия [Текст] / С.А. Никитин // Труды Лаборатории лесоведения АН СССР. – 1961. – Т. 2. – Вып. 1. – С. 11–176.

-
148. Ниценко, А.А. Типология мелколиственных лесов европейской части СССР [Текст] / А.А. Ниценко. – Л.: Изд-во ЛГУ. – 1972 – 139 с.
149. Носаль, М.А. Лекарственные растения и способы их применения в народе [Текст] / М.А. Носаль, И.М. Носаль; Под ред. акад. АН УССР В.Г. Дроботько. – Киев: Госмедиздат УССР, 1960. – 256 с.
150. Орлов, М.М. Лесная вспомогательная книжка для лесничих, таксаторов и лесовладельцев [Текст] / М.М. Орлов. – Санкт-Петербург: А.Ф. Маркс. – 1910. – 193 с.
151. Орлов, М.М. Лесная вспомогательная книжка для таксации и технических расчетов [Текст]: таблицы / М.М. Орлов. – 6-е изд., перераб. – М.: ГОСТЕХИЗДАТ. – 1926. – 764 с.
152. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки [Текст] / ЦБНТИлесхоз. – М. – 1984. – 60 с.
153. Парамонов, А.А. Возрастная динамика биомассы ивняков Архангельской области [Текст] / А.А. Парамонов, В.А. Усольцев, С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.А. Карабан, И.В. Цветков, А.В. Давыдов, И.С. Цепордей // Леса России и хозяйство в них. – 2023. – № 1 (84). – С. 19–29.
154. Паршевников, А.Л. Бонитировочная шкала для оценки лесных почв северной и средней подзон тайги Европейской части СССР [Текст] / А.Л. Паршевников, В.С. Серый. – Архангельск: АИЛиЛХ. – 1976. – 16 с.
155. Паулюкявичюс, Г.Б. Опыт количественной оценки экологических функций лесов Литвы [Текст] / Г.Б. Паулюкявичюс // Лесоведение. – 1977. – № 1. – С.3–8.
156. Петров, В.В. К биологии размножения серой ольхи корневыми отпрысками [Текст] / В.В. Петров // Бюлл. МОИП. Т. 73. – Вып. 3. – 1968. – С. 86–90.
157. Петров-Спиридонов, А.А. Использование ольхи для улучшения лесорастительных свойств почвы [Текст] / А.А. Петров-Спиридонов, С.В. Егорова // Лесоведение. – 1992. – № 1. – С. 67–73.
158. Полевой справочник таксатора (Для таежных лесов Европейского Севера) [Текст] / И.И. Гусев, В.И. Калинин, О.А. Неволин и др. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во. – 1971. – 196 с.
159. Полевой лесотаксационный справочник [Текст] / под общ. ред. С.В. Третьякова, С.В. Ярославцева, С.В. Коптева; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ. – 2016. – 252 с.

160. Поляков, В.С. Строение, рост и продуктивность насаждений ольхи серой Псковской области [Текст] / В.С. Поляков, В.С. Петропавловский // ИВУЗ Лесной журнал. – 1981. – № 1. – С.17–19.

161. Полянская, О.С. Почвенно-геоботанические исследования на территории колхозов Крестецкого района Ленинградской области [Текст] / О.С. Полянская, М.Ф. Корнилов, А.Г. Трутнев // Геоботаника. Труды Ботанического института Академии Наук СССР. – Серия III. – Выпуск 2. – 1935. – М., Л.: Изд-во Академии Наук СССР. – 1937. – С. 491–608.

162. Поморская энциклопедия. Т. II. Природа Архангельского Севера [Текст] / гл. ред. Н.М. Бызова; редкол.: Н.И. Асоскова, Е.Г. Аушева, Н.А. Бабич и др.... – Поморский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Ломоносовский фонд. – Архангельск. Поморский университет. – 2007. – 603 с.

163. Почвоведение [Текст]: учеб. для вузов по спец. «Агрохимия и почвоведение» / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розов, М.В. Стратонович, А.Д. Фокин; под ред. И.С. Кауричева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат. – 1989. – 719 с.

164. Пшеничнова, Н.Р. Антибактериальная активность новых вяжущих препаратов [Текст] / Н.Р. Пшеничнова, Г.Я. Губина // Научные труды. Пермский фармацевтический институт. – 1967. – Вып. 2. – С. 63–73.

165. Работнов, Т.А. О влиянии серой ольхи *Alnus incana* (L.) Moench на урожайность травянистых растений [Текст] / Т.А. Работнов // Природа. – 1939. – № 6. – С. 72–73.

166. Работнов, Т.А. Типы сероольховых насаждений северо-западной части Московской области [Текст] / Т.А. Работнов // Ботанический журнал. – 1939. – Т. 24. – № 1. – С. 15–29.

167. Работнов, Т.А. Азот в надземных биогеоценозах [Текст] / Т.А. Работнов // Структурно-функциональная организация биогеоценозов. – М.: Наука. – 1980. – С.69–90.

168. Работнов, Т.А. Фитоценология [Текст] / Т.А. Работнов. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1983. – 2-е изд. – 296 с.

169. Радько, Е.В. Иммуномодулирующая активность полисахаридов ольхи клейкой [Текст] / Е.В. Радько, Т.П. Осолодченко, Ю.Л. Волянский, А.Г. Сербии // Матер. Междунар. конф. – Киев. – 1997. – С. 482–483.

170. Разгулин, С.М. Азотфиксирующая активность серой ольхи [Текст] / С.М. Разгулин, Ю.Г. Богатырев // Почвоведение. – 2004. – № 7. – С. 882–888.

171. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование, семейства *Magnoliaceae-Limoniaceae* [Текст] – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние. – 1984. – 460 с.

172. Родин, А.Р. Создание лесных энергетических плантаций [Текст] / А.Р. Родин, С.А. Родин // Лесной вестник. – 2008. – №1 (58). – С. 178–182.

173. Рождественский, С.Г. Масса и годичная продукция надземной части осинового фитоценоза Большесельского района Ярославской области [Текст] / С.Г. Рождественский // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. – М.: Наука. – 1982. – С.99–109.

174. Рождественский, С.Г. Вертикально-фракционная структура биопродуктивности осинников [Текст] / С.Г. Рождественский // Вертикально-фракционное распределение фитомассы в лесах. – М.: Наука. – 1986. – С. 30–51.

175. Рождественский, С.Г. Древостои мелколиственных пород как инвариантные продукционные системы [Текст] / С.Г. Рождественский, А.И. Уткин, Я.И. Гульбе, Н.Ф. Каплина // Анализ продукционной структуры древостоев. – М.: Наука. – 1988. – С.214–224.

176. Рождественский, С.Г. Фракционная структура фитомассы и годичной продукции древостоев и деревьев осины [Текст] / С.Г. Рождественский // Анализ продукционной структуры древостоев. – М.: Наука. – 1988. – С. 57–85.

177. Рокьянис, Б.Ф. Возможность искусственного выращивания и ход роста серой ольхи в некоторых типах лесорастительных условий Латвийской ССР [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Б.Ф. Рокьянис. – Рига. – 1957. – 32 с.

178. Романов, Г.Г. Симбиотическая азотфиксация ольхи серой в условиях средней подзоны тайги [Текст] / Г.Г. Романов // Лесной журнал. – 2011. – № 3. – С. 39–44.

179. Российская Федерация. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18 авг. 2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» [Текст] (с измене-

ниями на 2 августа 2023 г.): зарегистрировано в Мин-ве юстиции РФ 29 сент. 2014 г., № 34186.

180. Российская Федерация. Распоряжение главы администрации Архангельской области от 9 июня 2007 г. № 506р «О переводе земель сельскохозяйственного назначения в земли лесного фонда» [Текст] (с изменениями на 19 июня 2007 г.): текст распоряжения официально опубликован не был.

181. Рубцов, В.И. Особенности роста ольхи черной и серой в молодняках [Текст] / В.И. Рубцов // Лесная геоботаника и биология древесных растений: сб. науч. тр. – Брянск. – 1982. – Вып. 8. – С. 108–111.

182. Рубцов, В.И. Опыт культур ольхи черной и серой в Брянском лесном массиве [Текст] / В.И. Рубцов // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: межвуз. сб. науч. тр. – Л. – 1987. – С. 108–111.

183. Свалов, Н.Н. Прогнозирование роста древостоев [Текст] / Н.Н. Свалов // Лесоведение и лесоводство: итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ. – 1978. – Т. 2. – С. 110–197.

184. Скляров, Г.А. Почвы лесов Европейского Севера [Текст] / Г.А. Скляров, А.С. Шарова. – М.: Наука. – 1970. – 270 с.

185. Скрыпников, В.С. О посеве ольхи серой в питомнике [Текст] / В.С. Скрыпников // Научн. записки Воронежского лесохоз. ин-та. – 1953. – Т. 12. – С. 123–125.

186. Смирнова, В.А. Влияние ольхи серой на травяной покров [Текст] / В.А. Смирнова, П.Е. Сороговец // Бюлл. ин-та биол. АН БССР. – 1960. – № 5. – С. 50–62.

187. Смирнов, В.В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР [Текст] / В.В. Смирнов. – М.: Наука. – 1971. – 362 с.

188. Смирнов, К.А. Роль лося в биоценозах южной тайги [Текст] / К.А. Смирнов. – М.: Наука. – 1987. – 113 с.

189. Соколов, Н.Н. Рост и продуктивность сосновых древостоев по старым пашням [Текст] / Н.Н. Соколов // Лесной журнал. – № 4. – 1978. – С. 22–25.

190. Соколов, С.Я. *Alnus Gaertn.* Ольха [Текст] / С.Я. Соколов, А.И. Стратонович // Деревья и кустарники СССР. – М.; Л.: Наука. – 1951. – Т. II. – С. 334–353.

191. Соколов, С.Я. Рост и развитие разветвленного годичного побега у серой ольхи [Текст] / С.Я. Соколов // Бот. журн. – 1963. – Т. 48. – № 12. – С. 1776–1787.

192. Соколов, С.Я. Рост и развитие разветвленного годичного побега у серой ольхи (по наблюдениям 1958 г.) [Текст] / С.Я. Соколов // Бот. журн. – 1964. – Т. 49. – № 6. – С. 799–812.

193. Сортиментные таблицы для таксации сосны, ели, пихты, дуба, бука, ясеня, клена, граба, осины, березы, ольхи, липы и акации белой: (Справочник) [Текст] / Сост. Д.П. Логутов. – Киев: Будівельник. – 1973. – 443 с.

194. Соколов, С.Я. Ареалы деревьев и кустарников СССР. В трех томах. Т. 1. [Текст] / С.Я. Соколов, О.А. Связева, В.А. Кубли и др. – Л.: Наука, Ленингр. отд. – 1977. – 164 с.

195. Столяров, Д.П. Методические рекомендации. Использование ядер древесины в лесоводственных исследованиях [Текст] / Д.П. Столяров, О.И. Полубояринов, Н.Н. Декатов, А.А. Кнize, В.Н. Минаев, Н.Д. Молоткова, Г.Н. Некрасова, В.А. Ананьев. – Л.: ЛенНИИЛХ. – 1988. – 43 с.

196. Судницына, Т.Н. Влияние ольхи серой на азотное питание, освещенность и рост ели европейской в культурах [Текст] / Т.Н. Судницына // Лесоведение. – 2009. – № 1. – С. 18–24.

197. Сукачев, В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники [Текст] / В.Н. Сукачев. – 2-е изд., испр. и доп. – Л.: Гослестехиздат. – 1938. – 576 с.

198. Тимофеева, А.В. Распространение ольхи серой на территории Архангельской области [Текст] / А.В. Тимофеева // Состояние лесов и актуальные проблемы лесоуправления: материалы всероссийской конференции с международным участием. – Хабаровск. – 2013. – С. 79–82.

199. Тимофеева, А.В. Перспективы изучения и сохранения ольхи черной в Архангельской области [Текст] / А.В. Тимофеева // I Форум научной молодежи федеральных университетов. Аммосов-2014: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Якутск. – 2014. – С. 878–883.

200. Тимофеева, А.В. Разработка нормативно-таксационной базы для насаждений ольхи серой и черной на Европейском Севере России

[Текст] / А.В. Тимофеева, С.В. Третьяков // Инновации и технологии в лесном хозяйстве ITF – 2014: материалы IV международной научно-практической конференции. – С-Пб: СПбНИИЛХ. – 2014. – С. 115.

201. Тимофеева, А.В. Таксационная характеристика сероолишаников Каргопольского лесничества Архангельской области [Текст] / А.В. Тимофеева, С.В. Третьяков, Е.П. Верховцева // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. – Архангельск. – Вып. 17 – 2014. – С. 136–140.

202. Тимофеева, А.В. Изучение сезонного роста ольхи серой (*Alnus incana* (L.) Moench.) в Архангельской области [Текст] / А.В. Тимофеева // Лесохозяйственная информация. Сборник научно-технической информации по лесному хозяйству. – Москва. – 2015. – № 4. – С. 17–22.

203. Тимофеева, А.В. Рост насаждений ольхи серой по диаметру и высоте в Каргопольском секторе Кенозерского национального парка [Текст] / А.В. Тимофеева, С.В. Третьяков, С.В. Коптев, Ю.С. Быков // Экологические проблемы Арктики и северных территорий: Межвузовский сборник научных трудов / отв. редактор П.А. Феклистов. – Архангельск: САФУ. – 2015. – Вып. 18. – С. 150–152.

204. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство [Текст] / М.Е.Ткаченко – М., Л.: Гослесбуиздат. – 1952. – 600 с.

205. Третьяков, С.В. Особенности таксации насаждений ольхи серой на Европейском Севере [Текст] / С.В. Третьяков, А.П. Богданов, С.А. Демиденко, С.В. Коптев, А.С. Ильинцев, А.В. Тимофеева // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. – Архангельск. – Вып. 17. – 2014. – С. 195–197.

206. Третьяков, С.В. Лесотаксационные нормативы для определения объема стволов ольхи серой *Alnus incana* L. по разрядам высот [Текст] / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.П. Богданов, А.С. Ильинцев, С.А. Демиденко, А.В. Тимофеева // Сибирский лесной журнал. – 2017. – № 3. – С. – 81–86.

207. Трубин, Д.В. Динамика и перспективы лесопользования в Архангельской области [Текст] / Д.В. Трубин, С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.В. Любимов, Р. Пяйвинен, А. Пуссинен. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та. – 2000. – 96 с.

-
208. Тюкавина, О.Н. Биологическая продуктивность культур сосны обыкновенной северо-таежного лесного района [Текст] / О.Н. Тюкавина, Д.Н. Клевцов, И.Н. Болотов, Б.Ю. Филиппов, Д.М. Адаи // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2018. – № 6. – С. 101–108.
209. Тюкавина, О.Н. Плотность древесины сосны в осушаемых сосняках кустарничково-сфагновых [Текст] / О.Н. Тюкавина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2020. – № 2 (374). – С. 73–80.
210. Усольцев, В.А. Принципы и методика составления таблиц биопродуктивности древостоев [Текст] / В.А. Усольцев // Лесоведение. – 1988. – № 2. – С. 24–33.
211. Усольцев, В.А. Рост и структура фитомассы древостоев [Текст] / В.А. Усольцев; отв. ред. Л.К. Поздняков; Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт леса и древесины им. В.Н. Сукачева. – Новосибирск: Наука, Сибирское отделение. – 1988. – 256 с.
212. Усольцев, В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов [Текст] / В.А. Усольцев – Екатеринбург: УрО РАН. – 1998. – 541 с. – URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3224> (дата обращения 04.02.2025).
213. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география [Текст] / В.А. Усольцев – Екатеринбург: УрО РАН. – 2001. – 706 с.
214. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии [Текст] / В.А. Усольцев – Екатеринбург: УрО РАН. – 2002. – 762 с. – URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3302> (дата обращения 04.02.2025).
215. Усольцев, В.А. Методы определения биологической продуктивности насаждений [Текст] / В.А. Усольцев, С.В. Залесов – УГЛТУ. – Екатеринбург. – 2005. – 147 с.
216. Усольцев, В.А. Фитомасса и первичная продуктивность лесов Евразии [Текст] / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2010. – 569 с.
217. Усольцев, В.А. Лесные арабески, или Этюды из жизни наших деревьев [Электронный ресурс]: CD-версия. Изд. 3-е, дополненное. – Екатеринбург: УГЛТУ. – 2016. – 185 с.

218. Усольцев, В.А. Квалиметрия фитомассы лесных деревьев: плотность и содержание сухого вещества: монография / В.А. Усольцев, И.С. Цепордей. – Екатеринбург: УГЛТУ. – 2020. – 178 с. – URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/10022> (дата обращения 04.02.2025).

219. Усольцев, В.А. Аллометрические модели биомассы деревьев лесобразующих пород Урала [Текст] / В.А. Усольцев, И.С. Цепордей, Д.В. Норицин // Леса России и хозяйство в них. – 2022. – № 1. – С. 4–14.

220. Уткин, А.И. Биологическая продуктивность лесов (методы изучения и результаты) [Текст] / А.И. Уткин // Лесоведение и лесоводство: итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ. – 1975. – Т. 1 – С. 9–189.

221. Уткин, А.И. Первичная продуктивность сероольшаников в Ярославской области [Текст] / А.И. Уткин, Я.И. Гульбе, Л.С. Ермолова // Лесоведение. – 1980. – № 3. – С. 69–80.

222. Уткин, А.И. Методика исследований первичной продуктивности лесов [Текст] / А.И. Уткин // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. – М.: Наука. – 1982. – С. 59–71.

223. Уткин, А.И. Сероольшаники Большесельского района Ярославской области и их первичная биологическая продуктивность [Текст] / А.И. Уткин, Я.И. Гульбе, Л.С. Ермолова // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. – М.: Наука. – 1982. – С. 110–142.

224. Уткин, А.И. Березняки и сероольшаники центра Русской равнины – экотон между экосистемами хвойных пород и сельскохозяйственными угодьями [Текст] / А.И. Уткин, Я.И. Гульбе, Т.А. Гульбе, А.Я. Гульбе, Л.С. Ермолова // Лесоведение. – 2005. – № 4. – С. 49–66.

225. Хворост, О.П. Химический состав, лекарственное и хозяйственное значение видов *Alnus Mill.* s. 1. [Текст] / О.П. Хворост, А.Г. Сербии, Н.Ф. Комисаренко // Раст. ресурсы. – 1984. – Т. 20. – Вып. 3. – С. 430–442.

226. Хворост, О.П. Альнитанины новые эллаготанины из соплодий *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn и *A. incana* (L.) Moench [Текст] / О.П. Хворост, А.Г. Сербии, Н.Ф. Комисаренко // Раст. ресурсы. – 1992. – Т. 28. – Вып. 4. – С. 55–59.

227. Царёв, А.П. Селекция и репродукция лесных древесных пород [Текст]: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению «Лес. и ландшафт. хоз-во» / А.П. Царев, С.П. Погиба, В.В. Тренин. – М.: Логос. – 2001. – 503 с.

228. Цвелев, Н.Н. *Betulaceae* [Текст] / Н.Н. Цвелев // Флора Восточной Европы, том XI. Коллектив авторов. Отв. ред. и ред. тома Н.Н. Цвелев. – М.: СПб.: Товарищество научных изданий КМК. – 2004. – С. 63–98.

229. Черепанов, И.В. Возобновление *Alnus incana* (Betulaceae) и *Ulmus glabra* (Ulmaceae) – доминантов пойменных лесов в долине реки Рагуши (Ленинградская область) [Текст] / И.В. Черепанов // Бот. журн. – 2004. – Т. 89. – № 11. – С. 1787–1795.

230. Черствин, В.А. Зависимость выхода и качества семян черной ольхи от срока сбора шишек [Текст] / В.А. Черствин // Изв. Высш. учеб. заведений. Лесн. журнал. – 1963. – № 1. – С. 163–164.

231. Чмыр, А.Ф. Рост и биологическая устойчивость культур ели при реконструкции малоценных лиственных молодняков в Ленинградской области [Текст]: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / А.Ф. Чмыр.: 06.560 – ЛТА. – Л. – 1970. – 31 с.

232. Чмыр, А.Ф. Влияние экологической среды лиственных древостоев на естественное возобновление ели [Текст] / А.Ф. Чмыр, Ю.И. Данилов // Лесное хозяйство. Лесоинженерное дело. Машины и механизмы лесной промышленности. – 1974. – Вып. 2. – С. 46–48.

233. Чмыр, А.Ф. Биологические основы восстановления еловых лесов южной тайги [Текст] / А.Ф. Чмыр. – Л.: Изд-во ЛГУ. – 1977. – 160 с.

234. Чмыр, А.Ф. Эколого-биологические основы восстановления еловых лесов южной тайги (Северо-запад Европейской части РСФСР) [Текст]: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.Ф. Чмыр.: 03.00.05. – Минск. – 1980. – 40 с.

235. Чмыр, А.Ф. Структура и экология вторичных лиственных лесов на вырубках и их реконструкция [Текст] / А.Ф. Чмыр. – СПб.: СПбНИИЛХ. – 2002. – 234 с.

236. Чхубианишвили, З. Хозяйственное значение ольхи [Текст] / З. Чхубианишвили. – Тбилиси: Сабчота сакартвело. – 1961. – 69 с.

237. Шевелева, Н.Е. К специфической активности препаратов из ольхи клейкой [Текст] / Н.Е. Шевелева, А.Г. Сербии, И.Л. Дикий, О.П. Хворост // Вторая респ. конф. по мед. ботан. – Киев: Наукова думка. – 1988. – С. 325–326.

238. Шретер, А.И. Лекарственная флора Советского Дальнего Востока [Текст] / А.И. Шретер. – М.: Медицина. – 1975. – 328 с.

239. Шуйцев, Ю.К. Накопление и распределение органического вещества и энергии в основных фитоценозах южной тайги: дис. ... канд. геогр. наук [Текст] / Ю.К. Шуйцев. – М. – 1979. – 242 с.

240. Щепотьев, Ф.Л. Быстрорастущие древесные породы [Текст] / Ф.Л. Щепотьев, Ф.А. Павленко. – М.: Изд-во с.-х. лит-ры, журн. и плакатов. – 1962. – 373 с.

241. Юркевич, И.Д. Лесохозяйственные мероприятия в сероольшаниках [Текст] / И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман, В.И. Парфенов // Лесное хозяйство. – 1961. – № 1. – С. 13–17.

242. Юркевич, И.Д. Сероольховые леса и их хозяйственное использование [Текст] / И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман, В.И. Парфенов. – Минск. – 1963. – 142 с.

243. Юркевич, И.Д. Типы и ассоциации черноольховых лесов (по исследованиям в БССР) [Текст] / И.Д. Юркевич, В.С. Гельтман, Н.Ф. Ловчий. – Минск: Наука и техника. – 1968. – 376 с.

244. Ярмишко, В.Т. Конкурентные взаимовлияния ели и лиственных пород в зоне корневых систем [Текст] / В.Т. Ярмишко // Лесное хозяйство, лесная, деревообрабатывающая и цел.-бумажная промышленность. – Л. – 1976. – Вып. 3. – С.51–53.

245. Aosaar, J. Biomass production potential of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) in Scandinavia and Eastern Europe: A review [Text] / J. Aosaar, M. Varik, V. Uri // Biomass and Bioenergy. – 2012. – V. 45. – P. 11–26.

246. Arhipova, N. Decay, yield loss and associated fungi in stands of grey alder (*Alnus incana*) in Latvia [Text] / N. Arhipova, T. Gaitnieks, J. Donis, J. Stenlid, R. Vasaitis // Forestry. – 2011. – P. 337–348.

247. Backman, G. Drei Wachstumsfunktionen (Verhulst's, Gompertz', Backman's) [Text] / G. Backman // Wilhelm Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen. – 1938. – No. 138. – S. 37–58.

248. Bārdulis, A. Above ground and below ground biomass in grey alder *Alnus incana* (L.) Moench. Young stands on agricultural land in central part of Latvia [Text] / A. Bārdulis, D. Lazdina, M. Daugaviete, A. Bardule, U. Daugavietis, G. Rozītis // Agronomy Research. – 2015. – 13 (2). – P. 277–286. – URL: https://www.researchgate.net/publication/276950084_Above_ground_and_below_ground_biomass_in_grey_alder_Alnus_incana_L_Moench_young_stands_on_agricultural_land_in_central_part_of_Latvia (date of treatment 04.02.2025).

249. Baskerville, G.L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass [Text] / G.L. Baskerville // Canadian Journal of Forest Research. – 1972. – Vol. 2. – P. 49–53.

250. Biology of alder [Text]: proceedings of a symposium held at Northwest Scientific Association fortieth annual meeting, Pullman, Washington, Apr. 14-15. 1967. – Portland (Ore.): USDA, Forest Serv. Pacif. Northwest Forest and Range Exp. Sta. – 1968. – 292 p.

251. Bjorklund, T. Pienikokoisen koivun ja harmaalepan biomassa ja tekniset ominaisuudet. Abstract: Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder [Text] / T. Bjorklund, A. Ferm // Folia Forestalia. – 1982. – № 500. – P. 1–37.

252. Bormann, B.T. Stand Density Effects in Young Red Alder Plantations: Productivity, Photosynthate Partitioning, and Nitrogen Fixation [Text] / B.T. Bormann, J.C. Gordon // Ecology. – 1984. – V. 65. – № 2. – P. 394–402.

253. Borset, A. Wachstum und Ertrag in Weiserledestanden Vecst og produksjon i bestand af graor (*Alnus incana*) Summary: Growth and yield in stands of grey alder (*Alnus incana*) [Text] / A. Borset, A. Langhammer // Meldiger fra Norges Landbruksh0gskole, Vollebekk. – 1966. – 45 (24) – P. 1–34.

254. Cleve, K.V. Accumulation of nitrogen in alder (*Alnus*) ecosystems near Fairbanks, Alaska [Text] / K.V. Cleve, L.A. Virech, R.L. Schlentner // Arct. and Alpine. – 1971. – V. 3. – № 2. – P. 101–114.

255. Daugavietis, M. Management of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) stands in Latvia [Text] / M. Daugavietis, M. Daugaviete, J. Bisenieks // Proceedings of 8th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development. Jelgava, Latvia, May 28–29, 2009. L. Malinovska et al. (eds.). Latvian University of Agriculture, Jelgava, Latvia. – 2009. – P. 229–234.

256. Durrant, T.H. *Alnus incana* in Europe: distribution, habitat, usage and threats [Text] / ed. by J. San-Miguel Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T. Houston Durrant, A. Mauri // In European Atlas of Forest Tree Species. – EU. – Luxembourg: Publ. Off. – 2016. – Volume 2. – P. 66–67. – URL: https://forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Alnus_incana.pdf (date of treatment 04.02.2025).

257. Fu, L.Y. Using linear mixed model and dummy variable model approaches to construct compatible single-tree biomass equations at different scales: A case study for Masson pine in Southern China [Text] / L.Y. Fu, W.S. Zeng, S.Z. Tang et al // Journal of Forest Science. – 2012. – Vol. 58. – Iss. 3. – P. 101–115.

258. Giardina, C.P. Alders increase soil phosphorus availability in a Douglas fir plantation [Text] / C.P. Giardina, S. Huffman, D. Binkley, B.A. Caldwell // Can. J. Forest Res. – 1995. – V. 25. – P. 1652–1657.

259. Hakkila, P. Basic density, bark percentage and dry matter content of grey alder (*Alnus incana*) [Text] / P. Hakkila // Commun. Inst. Forest. Fenn. – 1971. – V. 71. – № 5. – P. 1–33.

260. Huss-Danell, K. Nitrogen fixation and biomass production in clones of *Alnus incana* [Text] / K. Huss-Danell // New Phytol. – 1980. – V. 85. – № 4. – P. 503–511.

261. Huss-Danell, K. Nitrogenase activity in response to darkening and defoliation of *Alnus incana* [Text] / K. Huss-Danell, A. Sellstedt // Journal of Experimental Botany. – 1985. – V. 36. – P. 1352–1358.

262. Huss-Danell, K. Nitrogen in shoot litter, root litter and root exudates from nitrogen-fixing *Alnus incana* [Text] / K. Huss-Danell // Plant and Soil. – 1986. – V. 91. – № 1. – P. 43–49.

263. Huxley, J. Problems of relative growth [Text] / J. Huxley // Methuen & Co. – London. – 1932. – 296 p.

264. Hylander, N. On cut-leaved and small-leaved forms of *Alnus glutinosa* and *A. incana*. [Text] / N. Hylander // Svensk Bot. Tidskr. – 51. – 1957. – P. 437–453.

265. Hytönen, J. Biomass production of coppiced grey alder and the effect of fertilization [Text] / J. Hytönen, A. Saarsalmi // Silva Fennica. – 2015. – 49 (1).

266. Johnsrud, S.C. Nitrogen fixation by root nodules of *Alnus incana* in a Norwegian forest ecosystem [Text] / S.C. Johnsrud // Oikos. – 1978. – № 30. – P. 475–479.

267. Jucker, T. Tallo: A global tree allometry and crown architecture database [Text] / T. Jucker, F.J. Fischer, J. Chave et al // Global Change Biology. – 2022. – Vol. 28. – P. 5254–5268.

268. Kato, R. Growth and primary productivity of Kobanoyamahanno-ri (*Alnus inokumai* Murai et Kusaki stands at Mfmurogawa experimental

plots [Текст] / R. Kato, K. Segawa // Bull. Govt Forest Exp. Stat. Me-guro. – Tokyo. – 1973. – № 252. – P. 135–147.

269. Kielland-Lund, J. Die Waldgesellschaften SO-Norwegens [Text] / J. Kielland-Lund // Phytocoenologia. – 1981. – Bd. 9. – S. 53–250.

270. Korsun, F. Zivot normalniho porosru ve vzorcich [Text] / F. Korsun // Lesnická práce. – 1935. – Vol.14. – P. 289–300.

271. Krapfenbauer, A. Erfolgreiche Haldenaufforstung mit Grauerle als dienende Baumart [Text] / A. Krapfenbauer // Allg. Forstztg. – 1963. – Bd. 74. – H. 19/20. – S. 217–220.

272. Krzysik, F. Problem przemyskowego wykorzystania drewna olchi szarej [Text] / F. Krzysik, W. Nadowski // Sylwan. – 1975. – T. 99. – № 11. – S. 5–30.

273. Krzysik, F. Drewno olchi szarej (*Alnus incana* Moench) jako surowiek przemyslowy. Analisa ilasciowa i kierunki stosowania [Text] / F. Krzysik // Sylwan. – 1977. – T. 121. – № 11. – S. 19–22.

274. Leikola, M. Verhopuuston tiheyden vaikutus metsikon sateilyo-loihin. Summary: Effect of the density of nurse crop on solar radiation inside the stand [Text] / M. Leikola // Metsantutkimuslaitoksen Julkaisuja. – 90.1 – Helsinki. – 1977. – 33 p.

275. Liepiņš, J. Equations for estimating the above and belowground biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench.) and common alder (*Alnus glutinosa* L.) in Latvia [Text] / J. Liepiņš, K. Liepiņš & A. Lazdiņš // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2021. – 36 (5). – P. 389–400.

276. Lohmus, K. Productivity, buffering capacity and resources of grey alder forests in Estonia [Text] / K. Lohmus, U. Mander, H. Tullus & K. Kee-dus. In: Perttu, K. & Koppel, A. (ed.) // Short rotation willow coppice for renewable energy and improved environment. – Uppsala. – 1996. – P. 95–105.

277. Lowry, G.L. Alder for reforestation of coal spoils in Ohio [Text] / G.L. Lowry, F.C. Brokaw, C. H.J. Breeding // J. Forestry. – 1962. – Vol. 60. – № 3. – P. 196–199.

278. Mander, U. Nutrient dynamics of riparian ecotones: a case study from the Põijõgi River catchment, Estonia [Text] / U. Mander, V. Kuuse-mets, M. Ivask // Landscape Urban Plan. – 1995. – V. 31. – P. 333–348.

279. Mander, U. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments [Text] / U. Mander, V. Kuusemets, K. Lohmus, T. Mauring // Ecol. Eng. – 1997. – V. 8. – P. 299–324.

280. Mander, U. The potential role of wet meadows and grey alder forests as buffer zones [Text] / U. Mander, K. Lohmus, V. Kuusemets, M. Ivask, In: N.E. Haycock, T.P. Burt, K.W.T. Goulding, G. Pinay (eds.) // Buffer zones: their processes and potential in water protection, Quest Environmental, Foundation for Water Research, Oxford. – UK. – 1997. – P. 35–46.

281. Matuszkiewicz, J. Przegląd fitosocjologiczny zbiorowisk lesnych Polski. Cz. 3. Lasy i zarosła legowe [Text] / J. Matuszkiewicz // Phytocenosis. – 1976. – N 5 (1). – S. 3–66.

282. Matuszkiewicz, W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Vademecum Geobotanicum [Text] / W. Matuszkiewicz. – Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN. – 2008. – 536 s.

283. Melzer, E.W. Die Wurzelbildung der Holzarten auf den meliorierten Standorten der Oberforsterei Adorf (Vogtland) [Text] / E.W. Melzer // Arch. F.Forstwes. – 1964. – V. 15. – P. 407–438.

284. Melzer, E.W. Różnice w rozwoju systemu korzeniowego ważniejszych drzew iglastych na meliorowanych i nie meliorowanych glebach tworzących się z łupków fylitowych [Text] / E.W. Melzer. – Sylwan. – 1964. – V. 108. – № 6. – S. 1–18.

285. Miettinen, L. Tutkimuksia harmaalepikoiden kasvusta. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände [Text] / L. Miettinen // Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. – 1932. – V. 18.1. – 100 p.

286. Miezīte, O. Carbon accumulation in overground and root biomass of grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) in *Aegopodiosa* [Text] / O. Miezīte, I. Liepa, A. Lazdiņš // Annual 17th International Scientific Conference Proceedings «Research for Rural Development». – 2011. – Vol. 2. – Jelgava: Latvia University of Agriculture. – P. 46–51.

287. Daugaviete, M. Plantation Forests: A Guarantee of Sustainable Management of Abandoned and Marginal Farmlands [Text] / M. Daugaviete, D. Lazdina, B. Bambe, A. Lazdins, K. Makovskis and U. Daugavietis // Energy Efficiency and Sustainable Lighting. – 2020. – 274 p.

288. Onyshchenko, V.A. Forests of order *Fagetalia sylvaticae* in Ukraine [Text] / V.A. Onyshchenko, ed. S.L. Mosyakin. – Kyiv: Alterpress. – 2009. – 212 p.

-
289. Ovington, J.D. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept [Text] / J.D. Ovington // Adv. Ecol. Res. – 1962. – V. 1. – P. 103–192.
290. Ozols, J. Baltalksna audzu izplatiba Latvija, augšanas gaita un nosime mezaimnieciba. Referat: Ueber Verbreitung, Wachstumsverhältnisse und wirtschaftliche Bedeutung der Weisserle [Text] / J. Ozols, E. Hibners // Mezsaimniecibas rakstu krajums. V Sejums. – Riga. – 1927. – S. 43–52.
291. Palmgren, K. Nitrogen fixation and biomass production in some alder clones [Text] / K. Palmgren, A. Saarsalmi, A. Weber // Silva Fennica. – 1985. – V. 19. – № 4. – P. 407–420.
292. Pignatti, S. I boschi d'Italia. Sinecologia e biodiversità [Text] / S. Pignatti. – Torino: UTET. – 1998. – 677 p.
293. Pott, R. Die Pflanzengesellschaften Deutschlands [Text] / R. Pott. – Stuttgart: Verlag Ulmer – 1992. – 427 s.
294. Raulo, J Harmaa-Ja tervalepa karikesato. Summery: Litter fall of *Alnus incana* and *Alnus glutinosa* [Text] / J. Raulo, I. Hkkanen // Folia Forestalia. – 1988. – № 738. – P. 125.
295. Raukas, A Parnumaa talumetsad. Referat: Die Gesindewalder des Pemauschen Kreises [Text] / A. Raukas // Tartu Ulikooli Metsaosakonna toimetused 19, – 1930. – S. 115–127.
296. Rose, D.W. Economic assesement of intensive culture of short-rotation hardwood crops [Text] / D.W. Rose, D.S. DeBell // J. Forestry. – 1978. – V. 76. – № 11. – P. 706–711.
297. Rygel, Z. Przebudowa zbiorowisk olszy szarej w Bieszczadach [Text] // Z. Rygel // Sylwan. – 1980. – № 1. – P 45–55.
298. Rytter, L. Woody Biomass and Litter Production of Fertilized Grey Alder Plantations on a Low-Humified Peat Bog [Text] / L. Rytter, T. Slapokas, U. Granhall // For. Ecol. Manage. – 1989. – V. 28. – № 3–4. – P. 161–176.
299. Saarsalmi, A. Biomass production and nutrient requirements of a young grey alder plantation [Text] / A. Saarsalmi, K. Palmgren // Bioenergy 84, Proc. Int. Conf., Goteborg, 15-21 june 1984. – Vol. 2. – 1985. – London. – P. 110–113.
300. Saarsalmi, A. Leppaviljelman biomassan tuotos seka ravinteiden ja veden kaytto. Summary: Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation [Text] / A. Saarsalmi, K. Palmgren, T. Levula // Folia Forestalia. – 1985. – № 628. – P. 1–24.

-
301. Saarsalmi, A. Harmaalepikon biomassan tuotos ja ravinteiden kaytto. Summary: Biomass production and nutrient consumption in *Alnus incana* stands [Text] / A. Saarsalmi, E. Malkonen // Folia Forestalia. – 1989. – № 728. – P. 1–16.
302. Satoo, T. Forest biomass [Text] / T. Satoo, H.A.I. Madgwick – London: Kluwer Acad. Publ. – 1982. – 160 p.
303. Schrotter, H. Waldbaulich-ertragskundliche Untersuchungen an WeiBerle (*Alnus incana* (L.) Moench) im Jungpleistozan der DDR [Text] / H. Schrotter // Beitrage fur die Forstwirtschaft. – 1983. – V. 17. – № 2. – P. 49–108.
304. Schwabe, A. *Alnus incana*-reicher Waldgesellschaften in Europa Variabilitat und Ahnlichkeiten einer azonally verbreiteten Gesellschaftsgruppe [Text] / A. Schwabe // Phytocoenologia. – 1985. – Vol. 13. – № 2. – S. 197–302.
305. Simola, P. The biomass of small-sized hardwood trees [Text] / P. Simola // Folia forestalia. – 1977. – № 302. – 16 p.
306. Smith, N.J. Red alder as a potential source of energi [Text] / N.J. Smith // Utilization and management of alder. – Portland (Ore.). – 1978. – P. 139–156.
307. Spazzi, J. Developing new hardwood markets for Irish timber [Text] / J. Spazzi, S. Garvey, I. Short // *Irish Forestry*. – 2019. – No. 76 (1, 2). – P. 60–72. – URL: <https://www.teagasc.ie/crops/forestry/research/exploitation-of-small-diameter-alder> (date of treatment 04.02.2025).
308. Spazzi, J. The Hardwood Focus Group: Exploring utilisation potential of Irish broadleaf forests. [Text] / J. Spazzi, J. O’Connell, J. Sykes, I. Short, S. Garvey // *Forestry & Energy Review*. – 2020. – No. 10 (1). P. – 24–29. – URL: <https://www.teagasc.ie/crops/forestry/research/exploitation-of-small-diameter-alder> (date of treatment 04.02.2025).
309. Statgraphics-19, 2023. – URL: <https://www.statgraphics.com> (date of treatment 04.02.2025).
310. Tarrant, R.F. The role of *Alnus* in improving the forest environment [Text] / R.F. Tarrant, J.M. Trappe // Plant and Soil. – 1971. – Special Volume. – P. 335–348.
311. Uri, V. Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned ag-

ricultural land [Text] / V. Uri, H. Tullus, K. Lohmus // Forest Ecology and Management. – 2002. – V. 161 (1–3). – P. 169–179.

312. Uri, V. Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land [Text] / V. Uri, K. Lohmus, H. Tullus // Forest Ecology and Management. – 2003. – V. 184. – P. 167–176.

313. Uri, V. Nutrient allocation, allocation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantation [Text] / V. Uri, H. Tullus, K. Lohmus // Silva Fennica. – 2003. – V. 37. – P. 301–311.

314. Uri, V. The dynamics of biomass production, carbon and nitrogen accumulation in grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) chronosequence stands in Estonia [Text] / V. Uri, J. Aosaar, M. Varik, H. Becker, K. Ligi, A. Padari, A. Kanal, K. Lõhmus // Forest Ecology and Management. – 2014. – 327. – P. 106–117.

315. Usoltsev, V.A., Stand Biomass Dynamics of Pine Plantations and Natural Forests on Dry Steppe in Kazakhstan. [Text] / V.A. Usoltsev, J.K. Vanclay // Scandinavian Journal of Forest Research – 1995. – Vol. 10. – P. 305–312.

316. Utilization and management of alder [Text] // Proc. Symp. USDA Forest service General Techn. Rept PNW-70. – Portland (Ore.). – 1978. – 379 p.

317. Zandersons, J. Pyrolysis and smoke formation of grey alder wood depending on the storage time and the content of extractives [Text] / J. Zandersons, G. Dobeles, V. Jurkajane, A. Tardenaka, B. Spince, J. Rizhikovs, A. Zhurinsh // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – Vol. 85. – Issues 1–2. – May 2009. – P. 163–170.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Карабан Алексей Александрович

Младший научный сотрудник Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Окончил в 2009 году Северный государственный медицинский университет, в 2023 году аспирантуру Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова. Кандидат сельскохозяйственных наук. Область научных интересов – лесоведение, лесная таксация, биологическая продуктивность лесных экосистем. Автор и соавтор 40 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2934-0303>.

Третьяков Сергей Васильевич

Профессор кафедры лесоводства и лесоустройства Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, руководитель центра исследования лесов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Окончил в 1978 году Архангельский лесотехнический институт, в 1990 году – аспирантуру при Архангельском лесотехническом институте. Область научных интересов – лесоведение, лесная таксация, лесная экономика, лесоправление. Автор 300 научных публикаций, в том числе 4 монографий. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5982-3114>.

Коптев Сергей Викторович

Заведующий кафедрой лесоводства и лесоустройства Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, доктор сельскохозяйственных наук. Окончил в 1985 году Архангельский лесотехнический институт, в 1993 году – аспирантуру при Архангельском лесотехническом институте. Область научных интересов – лесная таксация, лесоводство. Автор 250 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5402-1953>.

Усольцев Владимир Андреевич

Профессор кафедры лесной таксации и лесоустройства Уральского государственного лесотехнического университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный лесовод России. Окончил в 1963 году Уральский лесотехнический институт, в 1970 году – аспирантуру при Казахском НИИ лесного хозяйства. Область научных интересов – лесоведение, лесная таксация, фитогеография. Автор 950 научных публикаций, в том числе 44 монографий. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4587-8952>.

Парамонов Андрей Алексеевич

Научный сотрудник Северного научно-исследовательского института лесного хозяйства. Окончил в 2015 году бакалавриат, в 2017 году магистратуру, в 2021 году аспирантуру Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова. Кандидат сельскохозяйственных наук. Область научных интересов – лесоведение, лесная таксация. Автор и соавтор 60 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0961-221X>.

Учебное издание

Карабан Алексей Александрович,
Третьяков Сергей Васильевич,
Коптев Сергей Викторович,
Усольцев Владимир Андреевич,
Парамонов Андрей Алексеевич

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА,
ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДИНАМИКА
ФИТОМАССЫ НАСАЖДЕНИЙ
ОЛЬХИ СЕРОЙ (ALNUS INCANA (L) MOENCH)
НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Монография



Технический редактор Доронкина Е.Н.

Подписано в печать 22.04.2025.

Бумага офсетная.

Гарнитура Times New Roman.

Формат 60×84 1/16.

Печать трафаретная. Печ. л. 8,25.

Тираж 500 экз. Заказ № 09-25.

Отпечатано в типографии ИД «Академия Естествознания»,
440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

