

DOI 10.31509/2658-607x-202362-126  
УДК 630\*181.343:582:631:623.4(577.11)

## ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ КАРЕЛИИ

© 2023 г.

С. А. Мошников\*, А. М. Крышень, И. В. Ромашкин

*Институт леса КарНЦ РАН  
Россия, Республика Карелия, 185910,  
Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11*

\* E-mail: moshniks@krc.karelia.ru

Поступила в редакцию 18.04.2023  
После рецензирования: 08.06.2023  
Принята к печати: 18.06.2023

В статье рассматривается история изучения биологической продуктивности лесов Карелии как методической основы современного направления исследований компонентов их углеродного баланса. Особое внимание уделено обзору научных работ сотрудников Института леса КарНЦ РАН с момента его образования и до настоящего времени. Рассмотрены исследования структуры и запасов фитомассы, органического вещества и углерода в различных компонентах лесных экосистем, а также биологических аспектов продуктивности лесов республики. Обсуждаются некоторые результаты и перспективы изучения баланса углерода в лесах Восточной Финляндии на современном этапе деятельности Института. В списке литературы приведены основные работы в этой области

**Ключевые слова:** *углерод, баланс, фитомасса, продуктивность лесов, Карелия, ИЛ КарНЦ РАН*

Одной из глобальных проблем современности является изменение климата планеты. В числе причин этого явления называют увеличение концентрации парниковых газов, включая углекислый, в атмосфере, что во многом вызвано масштабным уничтожением лесов рубками и пожарами. Исследования запасов и баланса углерода в лесах, влияния на них различных природных и антропогенных факторов приобретают в последнее время все большую актуальность, но на самом деле интерес к этим вопросам проявлялся уже задолго

до постановки климатической повестки. Так, наибольшую значимость представляли исследования, связанные главным образом с продуктивностью лесов, которые проводились по различным программам, в том числе международным. Мы считаем, что в ситуации усиления внимания к углеродной проблематике необходимо вспомнить опыт предыдущих поколений и познакомить исследователей с работами, проводившимися в Карелии с момента образования в 1957 г. Института леса Карельского филиала Академии наук СССР.

Углубленные исследования биологической продуктивности лесов в СССР начались в середине 1950-х гг., а начиная с 1965 г., в связи с началом реализации Международной биологической программы, исследования были существенно расширены (Казимиров и др., 1977а). В Карелии это направление было организовано в начале 1960-х гг. под руководством Николая Ивановича Казиминова<sup>1</sup> — тогда кандидата сельскохозяйственных наук, старшего научного сотрудника лаборатории лесоводства Карельского научно-исследовательского института лесной промышленности и лесного хозяйства (КарНИИЛПХ)<sup>2</sup> (рис.1).

Одной из первых монографических публикаций в области биомассы и продуктивности лесных насаждений была книга Н. И. Казиминова и Р. М. Морозовой<sup>3</sup> «Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии» (Казимиров, Морозова, 1973). В ней были обобщены результаты исследований, проведенных сотрудниками двух лабораторий Института леса

Карельского филиала АН СССР — лесоводства и лесного почвоведения и микробиологии за 1964–1969 гг. Основное внимание было уделено изучению структуры органического вещества и определению первичной продукции компонентов лесного биогеоценоза. Кроме того, оценивался элементный состав опада, лесной подстилки, растений и атмосферных осадков. Особое внимание было уделено изучению генезиса почв.

Исследованиями были охвачены возрастной ряд ельника черничного (22–138 лет) и типологический ряд ельников на градиенте увлажнения от лишайниково-каменистого до болотно-травяного.

В этот же период (до 1969 г.) были организованы исследовательские работы в березняках, результатом которых стала книга Н. И. Казиминова, Р. М. Морозовой и В. К. Куликовой «Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги» (Казимиров и др., 1978). Параллельно вопросами биологической продуктивности ельников занимались Н. М. Щербаков, Н. Л. Зайцева (Щербаков, Зайцева, 1971), березняков и осинников — А. А. Кучко с соавторами (Кучко, Матюшкин, 1971; Кучко и др., 1974; Кучко и др., 1972; Кучко, 1977).

В 1969–1975 гг. коллективом под руководством Н. И. Казиминова были продолжены исследования биологической продуктивности насаждений основных лесобразующих пород республики. Результаты легли в основу монографии «Обмен веществ

<sup>1</sup> Николай Иванович Казимиров (1924–1995), д. с.-х. н., член-корреспондент ВАСХНИЛ (Карельский ..., 2021).

<sup>2</sup> В 1963 г. Карельский филиал АН СССР был расформирован и Институт леса был объединен с отраслевым институтом, образовав КарНИИЛПХ. Этот объединенный институт просуществовал до 1967 г., когда, признав ошибкой расформирование академических структур, руководство страны восстановило филиал АН СССР в г. Петрозаводске.

<sup>3</sup> Розалия Михайловна Морозова (1928–2017), к. б. н., почвовед (Ученые ..., 2012).

и энергии в сосновых лесах Европейского Севера» (Казимиров и др., 1977а). Важной особенностью работы можно считать то, что исследованиями были охвачены не только сосновые насаждения разных типов леса и возраста Карелии, но и насаждения Мурманской области — т. е. была заложена основа оценки климатического аспекта

биологической продуктивности таежных лесов. Кроме того, были оценены объемы древесной зелени в лесах республики (Казимиров и др., 1977б). Параллельно с группой Н. И. Казимирова вопросами биологической продуктивности сосняков Карелии и ее возрастной динамики занимались А. А. Иванчиков (Иванчиков, 1971а, б; 1974)



**Рисунок 1.** Во время полевых работ по международной биологической программе. Сидят (слева направо): Г. В. Еруков, Р. М. Морозова, Н. И. Казимиров. Стоит — В. М. Медведева

и С. С. Зябченко<sup>4</sup> с коллегами (Зябченко, Гришин, 1974; Зябченко и др., 1974; Зябченко, Иванчиков, 1975, 1980; Иванчиков, Зябченко, 1977; Зябченко, 1984; Зябченко, Загуральская, 1991). Запасы и структуру фитомассы живого напочвенного покрова в лесах исследовала Т. В. Белоногова (Белоногова, 1973; 1974а, б), в том числе совместно с Н. Л. Зайцевой (Белоногова, Зайцева, 1972).

Важным направлением исследования запасов углерода и их динамики в лесных биогеоценозах является адаптация для этих целей таблиц хода роста (ТХР) насаждений. Благодаря большому количеству таких материалов, а также наличию данных по приросту и отпаду древостоев, ТХР дают возможность уточнить изменение фитомассы и, соответственно, запасов углерода в лесах. Поэтому в данной статье мы рассмотрим результаты работ не только ученых, исследовавших биологические аспекты продуктивности лесов республики, но и «хозяйственников» — работников лесного хозяйства и таксаторов. Здесь также стоит обратить внимание на работы Николая Ивановича Казиминова с соавторами (Ю. В. Преснухиным, В. В. Кабановым, А. Г. Лядинским, Т. М. Горбуновой, И. А. Дмитриевой и другими).

К примеру, в основу «Лесотаксационных таблиц» (Казимиров, Кабанов, 1976) легли результаты совместных исследо-

ваний Карельского лесоустроительного предприятия и Института леса КФ АН СССР. В ней были обобщены и проанализированы с применением математических и статистических методов обработки данные 411 пробных площадей и более пяти тысяч модельных деревьев. Были разработаны региональные таблицы сумм площадей сечения и запасов нормальных насаждений, предложены таблицы и формулы для определения объемов стволов основных лесобразующих пород Карелии — информация, активно используемая и в настоящее время при таксации насаждений. В более поздних брошюрах «Производительность сосновых насаждений по типам леса» (Казимиров и др., 1990) и «Производительность еловых насаждений по типам леса» (Казимиров и др., 1991) авторами были предложены экологические нормативы производительности, таблицы хода роста насаждений по классам бонитета не только для Карелии, но и для Европейской части РСФСР в целом. Последней работой Николая Ивановича, изданной уже после его смерти, стала монография «Экологическая продуктивность сосновых лесов (математическая модель)» (Казимиров, 1995). В ней были обобщены результаты исследований в насаждениях сосны, проведено математическое моделирование зависимости их продуктивности от почвенно-гидрологических, климатических и других факторов.

Говоря о применении ТХР для определения продуктивности лесов, необходи-

<sup>4</sup>Сергей Степанович Зябченко (1937–1994) д. с.-х. н., лесовод (Карельский..., 2021).



мо обратить внимание на исследования В. Н. Валяева (Валяев, 1967), в т. ч. совместные — с Н. И. Рябининым (Валяев, Рябинин, 1965), а также работу И. Ф. Козлова «Развитие и рост сосновых насаждений Карельской АССР» (Козлов, 1985). В ней Иваном Федоровичем были использованы данные 257 пробных площадей, заложенных Карельской конторой В/О «Леспроект» с 1948 по 1966 гг. Отличительной особенностью данного исследования являлось то, что таблицы хода роста были рассчитаны для насаждений с полнотой 1,0, 0,8 и 0,65.

С середины 1970-х гг. серьезное внимание ученых стало уделяться исследованиям  $\text{CO}_2$ -газообмена растений и влияния

на него внешних факторов. В Институте леса эти работы были организованы Л. К. Кайбияйненом<sup>5</sup> (рис. 2). Под его руководством были изучены особенности углеродного обмена в сосновых лесах, установлены закономерности суточной и сезонной динамики  $\text{CO}_2$ -газообмена побегов сосны и предложена модель потенциального  $\text{CO}_2$ -газообмена побега как функция факторов внешней среды (Кайбияйнен, Болондинский, 1995; Кайбияйнен и др., 1998; Kaibiyainen et al., 1998, 1999; Болондинский, Кайбияйнен, 2003; Кайбияйнен, 2003; Болондинский, 2004; Воронин и др., 2004).

<sup>5</sup> Лев Константинович Кайбияйнен (1937–2004), д. б. н. (Ученые ..., 2012).



Рисунок 2. Л. К. Кайбияйнен за работой

Одним из крупнейших депо органического углерода в таежной зоне является торф. Болотные экосистемы активно исследовались с момента образования Карело-Финской базы АН СССР в 1946 г., но особое внимание им стало уделяться с приходом в Карельский филиал АН СССР Н. И. Пьявченко (рис. 3), организовавшего в 1970 г. лесоболотный стационар «Киндасово», а в 1975 г. в Институте леса Карельского филиала АН СССР — лабораторию лесосушительной мелиорации. Ее сотрудниками исследовалось влияние гидролесомелиоративных мероприятий на структуру торфяной залежи, микробиологическую активность почв, продуктивность насаждений.

Оценкой фитомассы осушаемых биогеоценозов занимались В. М. Медведева

(Медведева, 1974), В. А. Матюшкин (Матюшкин и др., 2012) и др. Большой вклад в исследование изменения баланса углерода болотных систем под влиянием гидролесомелиорации внес В. И. Саковец<sup>6</sup>. Им учитывались динамика фитомассы насаждений, запасы углерода в торфе, эмиссия CO<sub>2</sub> из почвы и вынос углерода с водами через мелиоративную сеть. Было установлено, что облесение болот и повышение продуктивности заболоченных лесов способно в значительной степени компенсировать потери углерода из торфа после осушения. При дополнительном приросте древостоя от осушения 1.25 м<sup>3</sup>/га/год в условиях Карелии годовичное накопление

<sup>6</sup> Владимир Иванович Саковец (1947–2008), д. с.-х. н. (Ученые ..., 2012).

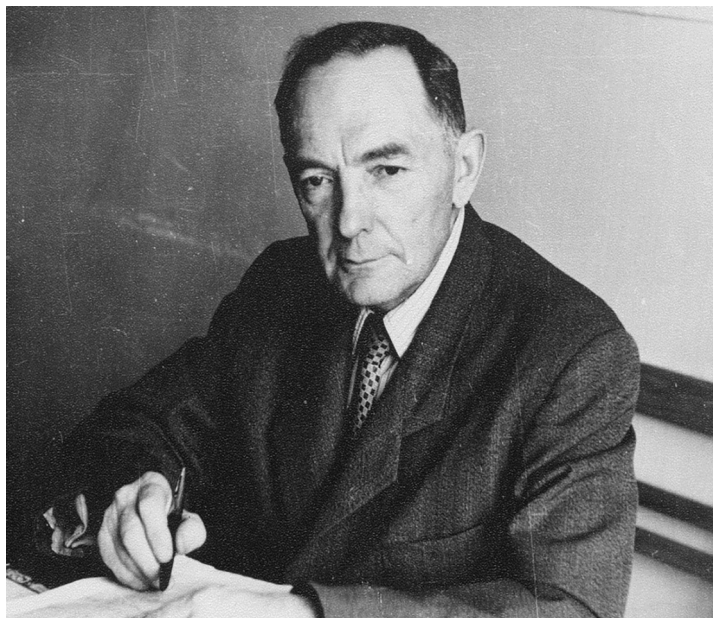


Рисунок 3. Н. И. Пьявченко

углерода равно нулю — баланс нейтрален. При меньшем дополнительном приросте лесоболотный биогеоценоз после осушения превращается в источник углерода в атмосферу, при большем — является его стоком. Результаты исследования легли в основу докторской диссертации Владимира Ивановича (Саковец, 2001).

Одним из малоизученных источников углерода лесов являются крупные древесные остатки (КДО), включающие сухостой, валеж, пни и т. п. Первые результаты в этом направлении в Карелии были получены С. С. Зябченко (рис. 4) и А. А. Иванчиковым (Зябченко, Иванчиков, 1975). По их мнению, запас детрита в насаждениях возрастом до 50 лет не превышает 10 м<sup>3</sup>/га, к 70 годам достигает 32 м<sup>3</sup>/га и к 90–100-летнему возрасту — 30–50 м<sup>3</sup>/га, или 10% от запаса древостоя.

В 2010 г. в ИЛ КарНЦ РАН С. А. Мошников возобновил исследования в этом направлении. По его данным, запасы КДО в сосновых насаждениях средней тайги в полтора-два раза превышают значения, полученные С. С. Зябченко и А. А. Иванчиковым. Величина этого показателя увеличивается с 21 м<sup>3</sup>/га в молодняках до 69 м<sup>3</sup>/га в перестойных насаждениях, достигая в отдельных случаях 200 м<sup>3</sup>/га. Выявлено также, что с увеличением возраста древостоя повышается степень деструкции древесины КДО, что связано с постепенным замедлением скорости выбывания органического вещества древесины, обусловленным возрастным увеличением размеров стволов отпада (Мошников и др., 2019; 2021).

В 2015 г. Е. В. Шорохова организовала комплексные исследования, направленные



Рисунок 4. Полевые исследования. В. В. Дьяконов и С. С. Зябченко

ные на оценку роли КДО в лесных экосистемах, в том числе и в углеродном балансе среднетаежных еловых лесов Карелии. В рамках проектов «Процессы фрагментации и разложения древесной коры: биотические и абиотические факторы» и «Роль крупных древесных остатков в круговороте биогенных элементов в старовозрастных таежных лесах» была разработана методика оценки скорости разложения коры и древесины, что позволило выявить и количественно оценить факторы биотической и абиотической регуляции скорости разложения валежа (Shorohova et al., 2016, 2019, 2020; Romashkin et al., 2018, 2021; Капица и др., 2019; Шорохова, 2020).

Проведены исследования пространственно-временной изменчивости интенсивности выделения  $\text{CO}_2$  в процессе микробного дыхания КДО, разработаны и апробированы методические подходы, позволяющие оценить интенсивность эмиссии  $\text{CO}_2$  при разложении валежа с учетом вклада коры и древесины в зависимости от их физико-химических характеристик и факторов внешней среды (Mamai et al., 2018; Shorohova et al., 2020). Разработаны модели динамики углерода и других биогенных элементов в коре и древесине валежа разной степени разложения, а также оценен вклад этих компонентов ствола в общие пулы элементов в масштабах биогеоценоза (Ромашкин, 2021; Romashkin et al., 2021). Совокупность полученных данных позволила глубже охарактеризовать роль КДО в глобальном круговороте угле-

рода, что является необходимым при моделировании сценариев динамики лесов при изменении климата.

Первой попыткой в российской науке оценить баланс углерода не отдельных экосистем и типов биогеоценозов, а территории в целом была работа М. Ф. Макаревского (Макаревский, 1991). Автор в своих расчетах попытался учесть множество различных факторов — интенсивность лесозаготовки, эффективность переработки и использования древесного сырья, изменение баланса  $\text{CO}_2$  болотных экосистем в результате гидротехнической мелиорации и многие другие. Он рассчитал, что по состоянию на 1991 г. в лесных биогеоценозах Карелии сосредоточено около 1.1 млрд т углерода, в болотных — 3.74 млрд т. Углеродный баланс лесов был определен как отрицательный, поскольку выделение на 2.3 млн т превышало поглощение из-за больших объемов рубок в 1960–1980-х гг. Баланс болотных биогеоценозов положительный (+0.8 млн т). М. Ф. Макаревский предположил, что из-за сокращения объемов рубок в конце 1980-х гг. дефицит баланса углерода лесных биогеоценозов в ближайшие годы должен сократиться.

В 2019 г. в рамках международного проекта, организованного Европейским институтом леса «Russian Forests and Climate Change», проводился анализ ситуации в лесном секторе России и разрабатывались рекомендации по его развитию при условии выполнения Парижского соглашения о климате. Институтом леса



выполнена оценка различных сценариев развития лесной отрасли Карелии на основе европейской лесной информационной модели SCENario (EFISCEN) (Sallnäs, 1990; Verkerk et al., 2017). В модели были использованы данные государственного лесного реестра (ГЛР) в качестве основного источника вводных данных. Было показано, что в настоящий момент леса Карелии обеспечивают сток углерода на уровне примерно 15 Мт/год, выполняя климаторегулирующую функцию. На основе этой информации была спрогнозирована динамика лесных ресурсов на 50-летний период в зависимости от особенностей структуры лесов и управления (лесовосстановление, рубки ухода, рубки главного пользования), а также изменения площади лесов. С точки зрения углеродного баланса были рассмотрены четыре сценария развития лесной отрасли: 1) базовый (остаётся все как есть), 2) условно «интенсивный» — лесопользование, основанное на выборочных рубках и глубокой переработке древесины; 3) «климатический» — по сути, как второй, но с акцентом на увеличение запасов углерода в малопродуктивных северотаежных лесах с переносом основной лесопромышленной активности в среднюю тайгу; 4) акцент на расширение площади защитных лесов. При реализации второго и третьего сценариев, при увеличении объёмов лесозаготовок в два раза леса Карелии сохраняют свою климаторегулирующую функцию, хотя сток снизится с 15 до 5 Мт/год. При развитии лесной отрасли по перво-

му и четвертому сценариям леса Карелии станут источником CO<sub>2</sub> через 30 лет. Как и в модели М. Ф. Макаревского, основной проблемой является отсутствие комплексного подхода в исследовании лесных экосистем. Другой момент — защитные леса, которые в реальности дифференцируются по возможности ведения лесного хозяйства, в то время как в модели они были учтены обобщенно. Но самое важное, что модель показала, что возможно вести интенсивное лесопользование и наращивать заготовку древесины, сохраняя климаторегулирующую роль лесов.

Начиная с 2023 г. Институт леса КарНЦ РАН участвует в программе «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ», в рамках которой в среднетаежных сосняках закладывается тестовый полигон с интенсивными исследованиями баланса углерода в лесных экосистемах. На нем, а также на сети постоянных пробных площадей, заложенных в том числе и предыдущими поколениями ученых, будут учтены основные пулы углерода в почве, древостое, напочвенном покрове и КДО, а также исследована эмиссия углекислого газа из почвы и другие показатели углеродного баланса.

## ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследований таежных лесов Карелии, полученных учеными Института леса КарНЦ РАН за 1960–2022 гг., позволил внести важный вклад

в комплексное исследование лесов Восточной Фенноскандии. В итоге были выявлены особенности первичной продуктивности сосняков, ельников, березняков в условиях Карелии. Изучена структура, определены количественные показатели органического вещества компонентов лесных биогеоценозов важнейших лесообразующих пород, их возрастные и типологические особенности. Кроме того:

- разработаны региональные таблицы хода роста и биологической продуктивности основных лесообразующих древесных пород, что может существенно упростить моделирование динамики углерода лесных биогеоценозов;

- исследованы особенности углеродного обмена в сосняках средней тайги, выявлены закономерности суточной и сезонной динамики  $\text{CO}_2$ -газообмена побегов сосны, предложена модель потенциального  $\text{CO}_2$ -газообмена;

- изучено влияние гидролесомелиорации на структуру торфяной залежи, микробиологическую активность почв и продуктивность насаждений; установлено, что повышение продуктивности лесов может в значительной мере компенсировать потери углерода из торфа в результате осушения;

- выявлена возрастная динамика, особенности накопления древесного детрита, разработана методика оценки скорости разложения коры и древесины;

- спрогнозирована динамика лесных ресурсов и региональный баланс углерода Республики Карелия в 50-летней перспективе в зависимости от особенностей структуры лесов и лесоправления;

- разработаны практические рекомендации по ускоренному выращиванию и повышению продуктивности лесов.

В настоящее время в Институте леса КарНЦ РАН сложился коллектив исследователей — лесоводов, фитоценологов, почвоведов, физиологов, биохимиков, генетиков, заинтересованных в совместных исследованиях продуктивности лесов и способных формулировать новые задачи для выявления сложных взаимосвязей процессов в таежных экосистемах на молекулярном, организменном и ценоотическом уровнях.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белоногова Т. В.* Биологическая продуктивность нижних ярусов растительности сосновых фитоценозов южной Карелии: Дисс. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 1973. 190 с.
- Белоногова Т. В.* Продуктивность живого покрова черничных и брусничных сосняков южной Карелии // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск, 1974а. С. 60–70.
- Белоногова Т. В.* Содержание сухого вещества в растениях живого напочвенного покрова сосняков южной Карелии // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск, 1974б. С. 83–85.
- Белоногова Т. В., Зайцева Н. Л.* Фитомасса нижних ярусов растительности ельников черничных Карелии и Мурманской области // Мат. научн. конф., посв. 250-летию Ак. наук СССР. Изд. КФАН СССР. Петрозаводск, 1972. С. 88–89.
- Болондинский В. К.* Динамика CO<sub>2</sub>-газообмена побегов сосны обыкновенной в условиях среднетаежной зоны: Дисс. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2004. 198 с.
- Болондинский В. К., Кайбияйнен Л. К.* Динамика фотосинтеза в сосновых древостоях // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 1. С. 105–114.
- Валяев В. Н.* Ход роста сосново-березовых насаждений Карелии. М.: Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по лесной и деревообрабатывающей промышленности, 1967. С. 3–8.
- Валяев В. Н., Рябинин Н. И.* Ход роста сосново-березовых насаждений III класса бонитета южной Карелии // Лесной журнал. 1965. № 4. С. 39–43.
- Воронин П. Ю., Коновалов П. В., Болондинский В. К., Кайбияйнен Л. К.* Хлорофильный индекс и фотосинтетический сток углерода в леса северной Евразии // Физиология растений. 2004. Т. 51. № 3. С. 390–395.
- Зябченко С. С.* Сосновые леса европейского Севера. Л.: Наука. Ленинградское отделение, 1984. 248 с.
- Зябченко С. С., Гришин А. Б.* Фитомасса подраста в спелых сосняках Карелии // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 71–76.
- Зябченко С. С., Загуральская Л. Н.* Роль таежных экосистем Севера в утилизации и трансформации углерода // Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера. Архангельск, 1991. С. 156–159.
- Зябченко С. С., Иванчиков А. А.* Географические особенности обмена веществ и энергии в сосняках Карелии и Мурманской области // Лесоведение. 1980. № 3. С. 52–60.
- Зябченко С. С., Иванчиков А. А.* Формирование смешанных сосняков черничных южной Карелии и биологические предпосылки рубок ухода в них //

- Вопросы лесоведения и лесоводства в Карелии. Петрозаводск: Тип. им. Анохина, 1975. С. 38–50.
- Зябченко С. С., Иванчиков А. А., Русаков Д. М., Щербаков Н. М.* Определение запасов древесной зелени, сучьев и коры в лесосырьевой базе // Карел. межотрасл. центр науч.-техн. информ. Информ. листок № 102-74. Петрозаводск, 1974. 4 с.
- Иванчиков А. А.* Биологическая и хозяйственная продуктивность сосняков Карелии // Лесные растительные ресурсы южной Карелии. Петрозаводск: Изд. «Карелия», 1971а. С. 78–84.
- Иванчиков А. А.* Вес корней в зависимости от ступеней толщины деревьев в сосняках брусничных. Лесохоз. информ. ЦБНТИлесхоза. Реф. Вып. 1971б. № 14. С. 12–13.
- Иванчиков А. А.* Фитомасса сосняков и ее изменение с возрастом древостоев // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 37–50.
- Иванчиков А. А., Зябченко С. С.* Биологическая и хозяйственная продуктивность спелых сосняков Карельской АССР и Мурманской области // Биологическая и хозяйственная продуктивность лесных фитоценозов Карелии. Петрозаводск: Изд. КФАН СССР, 1977. С. 21–43.
- Казимиров Н. И.* Экологическая продуктивность сосновых лесов: Математическая модель. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1995. 132 с.
- Казимиров Н. И., Волков А. Д., Зябченко С. С.* Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера. Л.: Наука, 1977а. 304 с.
- Казимиров Н. И., Кабанов В. В.* Лесотаксационные таблицы. Карельское лесохозяйственное предприятие. Институт леса Карельского филиала АН СССР. Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1976. 32 с.
- Казимиров Н. И., Лядинский А. Г., Преснухин Ю. В., Горбунова Т. М., Дмитриева И. А.* Производительность сосновых насаждений по типам леса (экологические нормативы). Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1990. 44 с.
- Казимиров Н. И., Морозова Р. М.* Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 175 с.
- Казимиров Н. И., Морозова Р. М., Куликова В. Н.* Органическая масса и потоки веществ в березняках средней тайги. Л.: Наука, 1978. 216 с.
- Казимиров Н. И., Преснухин Ю. В., Ерофеевская С. Л., Животовский В. В., Горбунова Т. М., Костин Н. В.* Производительность еловых насаждений по типам леса (экологические нормативы). Петрозаводск: КарНЦ АН СССР, 1991. 43 с.
- Казимиров Н. И., Преснухин Ю. В., Смелягина З. И.* Таблицы по учету древесной зелени. Лесохоз. информ. Реферат, выпуск. 1977б. Р22. С. 17–18.
- Кайбияйнен Л. К.* Эколого-физиологические исследования сосны и сосновых древостоев // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2003. № 5. С. 65–73.



- Кайбияйнен Л. К., Болондинский В. К.* Фотосинтетическая фиксация CO<sub>2</sub> и биомасса лесных ценозов. К методике оценки стока CO<sub>2</sub> // Физиология растений. 1995. Т. 42. № 1. С. 138–143.
- Кайбияйнен Л. К., Болондинский В. К., Софронова Г. И.* Фотосинтетический сток углерода в сосновых древостоях вблизи крупных источников промышленной эмиссии поллютантов // Экология. 1998. № 2. С. 83–88.
- Капица Е. А., Шорохова Е. В., Ромашкин И. В., Галибина Н. А., Никерова К. М., Казарцев И. А.* Разложение коры в составе порубочных остатков после сплошных рубок в среднетаежных лесах // Лесоведение. 2019. № 1. С. 38–48.
- Карельский научный центр РАН: история в лицах / Отв. ред. А. Ф. Титов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2021. 365 с.
- Козлов И. Ф.* Развитие и рост сосновых насаждений Карельской АССР. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1985. 161 с.
- Кучко А. А.* Изменение запасов и структуры органического вещества в средневозрастных березняках в зависимости от географической широты // Биологическая и хозяйственная продуктивность лесных фитоценозов Карелии. Петрозаводск: Изд. КФАН СССР, 1977. С. 64–71.
- Кучко А. А., Матюшкин В. А.* Запасы и состав органического вещества в различных типах березняков южной Карелии // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 24–36.
- Кучко А. А., Матюшкин В. А.* Надземная фитомасса березняков южной Карелии и ее изменение с возрастом древостоев // Лесные растительные ресурсы южной Карелии. Петрозаводск: Изд. «Карелия», 1971. С. 41–56.
- Кучко А. А., Матюшкин В. А., Серова Е. А.* Продуктивность надземной фитомассы в осинниках злаково-разнотравных // Мат. научн. конф., посв. 250-летию АН СССР. Петрозаводск: Изд. КФАН СССР, 1972. С. 123–125.
- Макаревский М. Ф.* Запасы и баланс органического углерода в лесных и болотных биогеоценозах Карелии // Экология. 1991. № 3. С. 3–10.
- Матюшкин В. А., Мошников С. А., Бердников И. А.* Влияние внесения минеральных удобрений на продуктивность и накопление фитомассы культур сосны на осушенном переходном болоте // Ученые записки ПетрГУ. 2012. № 2 (123). Серия: Естественные и технические науки. С. 62–66.
- Медведева В. М.* Изменение фитомассы заболоченных заболоченных сосняков под влиянием осушения // Лесные растительные ресурсы Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 52–60.
- Мошников С. А., Ананьев В. А., Матюшкин В. А.* Особенности аккумуляции порубочных остатков в спелых сосняках средней тайги (на примере Республики Ка-

- релия) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 1 (367). С. 40–51.
- Мошников С. А., Ананьев В. А., Ромашкин И. В. Структура и динамика запасов крупных древесных остатков в сосняках черничных средней тайги // Экология. 2021. № 2. С. 123–133.
- Ромашкин И. В. Динамика биогенных элементов в процессе разложения валежа в среднетаежных ельниках: Дисс. ... канд. биол. наук (спец. 03.02.08). Санкт-Петербург: БИН РАН, 2021. 167 с.
- Саковец В. И. Лесоводственно-экологическая оценка гидролесомелиорации в условиях Северо-Запада таежной зоны России (на примере Карелии): Дисс. ... доктора сельскохозяйственных наук: (спец. 06.03.03). СПб., 2001. 321 с.
- Ученые Карельского научного центра Российской академии наук: библиографический словарь / Отв. ред. А. Ф. Титов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2012. 420 с.
- Шорохова Е. В. Запасы и экосистемные функции крупных древесных остатков в таежных лесах: Дисс. ... док. биол. наук (спец. 03.02.08). Санкт-Петербург: БИН РАН, 2020. 299 с.
- Щербаков Н. М., Зайцева Н. Л. Биометрическая характеристика спелых ельников юга Карелии // Лесные растительные ресурсы южной Карелии. Петрозаводск, 1971. С. 22–40.
- Kaibiyainen L. K., Bolondinskii V. K., Sofronova G. I. Photosynthetic flow of carbon in pine stands near major sources of industrial pollution // Russian Journal of Ecology. 1998. Vol. 29. No. 2. P. 67–71.
- Kaibiyainen L. K., Yalynskaya E. E., Sofronova G. I. Carbon dioxide balance in a medium-age bilberry pine forest // Russian Journal of Ecology. 1999. T. 30. No. 4. P. 243–247.
- Mamai A. V., Moshkina E. V., Kurganova I. N., Shorohova E. V., Romashkin I. V., Lopes de Gerenyu V. O. Partitioning of CO<sub>2</sub> fluxes from coarse woody debris: adaptation of “component integration method” // Baltic Forestry. 2018. Vol. 24. No. 2. P. 249–260.
- Romashkin I. V., Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Galibina N. A., Nikerova K. M. Carbon and nitrogen dynamics along the log bark decomposition continuum in a mesic old-growth boreal forest // European Journal of Forest Research. 2018. Vol. 137. No. 5. P. 1–15.
- Romashkin I. V., Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Galibina N. A., Nikerova K. M. Substrate quality regulates density loss, cellulose degradation and nitrogen dynamics in downed woody debris in a boreal forest // Forest Ecology and Management. 2021. Vol. 491. Article ID 119143.
- Sallnäs O. A matrix model of the Swedish forest. *Studia forestalia Suecica*. 1990. Vol. 183. P. 1–23.
- Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Kazartsev I. A., Romashkin I. V., Polevoi A. V., Kushnevs-kaya H. V. Tree species traits are the pre-

dominant control on the decomposition rate of tree log bark in a mesic old-growth boreal forest // *Forest Ecology and Management*. 2016. Vol. 377. P. 36–45.

Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Ruokolainen A. V., Romashkin I. V., Kazartsev I. A. Types and rates of decomposition of *Larix sibirica* trees and logs in a mixed European boreal old-growth forest // *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 439. P. 173–180.

Shorohova E. V., Mamai A. V., Moshkina E. V., Romashkin I. V., Lopes de Gerenyu V. O., Kurganova I. N. Comparing Measurement Approaches for Quantifying CO<sub>2</sub> Flux from Downed Woody Debris with a Dynamic Chamber Method // *Russian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 51. No. 4. P. 351–362.

Verkerk P. J., Schelhaas M. J., Immonen V., Kiljunen J., Lindner M., Nabuurs G. J., Suominen T., Zudin S. Manual for the European Forest Information Scenario model (EFISCEN 4.1). EFI Technical Report 99. European Forest Institute. 2017. 49 p.

## REFERENCES

Belonogova T. V., *Biologicheskaja produktivnost' nizhnih jarusov rastitel'nosti osnovnyh fitocenzov juzhnoj Karelii: Diss. ... kand. biol. nauk.* (Biological productivity of the lower tiers of vegetation in pine phytocenoses of Southern Karelia, Candidate's bio. sci. abstract thesis), Petrozavodsk, 1973, 190 p.

Belonogova T. V., Produktivnost' zhivogo pokrova chernichnyh i brusnichnyh sosnja-

kov juzhnoj Karelii (Productivity of the living cover of bilberry and lingonberry pine forests in South Karelia) *Lesnye rastitel'nye resursy Karelii*, Petrozavodsk, 1974, pp. 60–70.

Belonogova T. V., Soderzhanie suhogo veshhestva v rastenijah zhivogo napochvennogo pokrova sosnjakov juzhnoj Karelii (The content of dry matter in the plants of the living ground cover of the pine forests of Southern Karelia), *Lesnye rastitel'nye resursy Karelii*, Petrozavodsk, 1974, pp. 83–85.

Belonogova T. V., Zajceva N. L., *Fitomassa nizhnih jarusov rastitel'nosti el'nikov chernichnyh Karelii i Murmanskoy oblasti* (Phytomass of the lower layers of blueberry spruce forests in Karelia and the Murmansk region), *Mat. Nauchn. konf. posv. 250-letiju AN SSSR* (Mat. Scientific conf. dedicated 250th anniversary of AS of the USSR), KFAN SSSR, Petrozavodsk, 1972, pp. 88–89.

Bolondinskij V. K., *Dinamika CO<sub>2</sub>-gazoobmena pobegov sosny obyknovennoj v uslovijah srednetaezhnoj zony: Diss. ... kand. biol. nauk.* (Dynamics of CO<sub>2</sub>-gas exchange in Scots pine shoots in the conditions of the middle taiga zone. Candidate's bio. sci. abstract thesis), Petrozavodsk, 2004, 198 p.

Bolondinskij V. K., Kajbijajnen L. K., *Dinamika fotosinteza v osnovnyh drevostojah* (Dynamics of photosynthesis in pine stands), *Fiziologija rastenij*, 2003, Vol. 50, No 1, pp. 105–114.

- Ivanchikov A. A., Biologicheskaja i hozjajstvennaja produktivnost' sosnjakov Karelii (Biological and economic productivity of pine forests in Karelia), *Lesnye rastitel'nye resursy juzhnoj Karelii*, Izd. "Karelija", Petrozavodsk, 1971, pp. 78–84.
- Ivanchikov A. A., Fitomassa sosnjakov i ee izmenenie s vozrastom drevostoev (Phytomass of pine forests and its change with the age of forest stands), *Lesnye rastitel'nye resursy Karelii*, Petrozavodsk, 1974, pp. 37–50.
- Ivanchikov A. A., Ves kornej v zavisimosti ot stupeney tolshhiny derev'ev v sosnjakah brusnichnyh (The weight of the roots depending on the thickness steps of the trees in lingonberry pine forests), *Lesohoz. inform. CBNTIleshoza*, Ref. Vyp, 1971, No 14, pp. 12–13.
- Ivanchikov A. A., Zjabchenko S. S., Biologicheskaja i hozjajstvennaja produktivnost' spelyh sosnjakov Karel'skoj ASSR i Murmanskoy oblasti (Biological and economic productivity of mature pine forests of the Karelian Autonomous Soviet Socialist Republic and the Murmansk region), *Biologicheskaja i hozjajstvennaja produktivnost' lesnyh fitocenozov Karelii*, Izd. KFAN SSSR, Petrozavodsk, 1977, pp. 21–43.
- Kaibiyainen L. K., Bolondinskii V. K., Sofronova G. I., Photosynthetic flow of carbon in pine stands near major sources of industrial pollution, *Russian Journal of Ecology*, 1998, Vol. 29, No 2, pp. 67–71.
- Kaibiyainen L. K., Yalynskaya E. E., Sofronova G. I., Carbon dioxide balance in a medium-age bilberry pine forest, *Russian Journal of Ecology*, 1999, Vol. 30, No 4, pp. 243–247.
- Kajbijajnen L. K., Bolondinskij V. K., Fotosinteticheskaja fiksacija CO<sub>2</sub> i biomassa lesnyh cenozov. K metodike ocenki stoka CO<sub>2</sub> (Photosynthetic fixation of CO<sub>2</sub> and biomass of forest cenoses. On the method for assessing the sink of CO<sub>2</sub>), *Fiziologija rastenij*, 1995, Vol. 42, No 1, pp. 138–143.
- Kajbijajnen L. K., Bolondinskij V. K., Sofronova G. I., Fotosinteticheskij stok ugleroda v sosnovykh drevostojah vblizi krupnyh istochnikov promyshlennoj jemissii polljutantov (Photosynthetic carbon sink in pine stands near large sources of industrial pollutant emission), *Jekologija*, 1998, No 2, p. 83.
- Kajbijajnen L. K., Jekologo-fiziologicheskie issledovanija sosny i sosnovykh drevostoev (Ecological and physiological studies of pine and pine stands), *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2003, No 5, pp. 65–73.
- Kapica E. A., Shorohova E. V., Romashkin I. V., Galibina N. A., Nikerova K. M., Kazarcev I. A., Razlozhenie kory v sostave porubochnyh ostatkov posle sploshnyh rubok v srednetaezhnyh lesah (Decomposition of the bark in the composition of logging residues after clear-cutting in the middle taiga forests), *Lesovedenie*, 2019, No 1, pp. 38–48.
- Kazimirov N. I., *Jekologicheskaja produktivnost' sosnovykh lesov: Matematicheskaja model* (Ecological productivity of pine forests: A mathematical model), Petro-



- zavodsk, Karel'skij nauchnyj center RAN, 1995, 132 p.
- Kazimirov N. I., Kabanov V. V., *Lesotaksacionnye tablicy* (Forest inventory tables), Karel'skoe lesoustroitel'noe predpriyatje. Institut lesa Karel'skogo filiala AN SSSR, Petrozavodsk: KarNC AN SSSR, 1976, 32 p.
- Kazimirov N. I., Ljadinskij A. G., Presnuhin Ju. V., Gorbunova T. M., Dmitrieva I. A., *Proizvoditel'nost' sosnovyh nasazhdenij po tipam lesa* (jekologicheskie normativy) (Productivity of pine stands by forest types (environmental standards)), Petrozavodsk, KarNC AN SSSR, 1990, 44 p.
- Kazimirov N. I., Morozova R. M., *Biologicheskij krugovorot veshhestv v el'nikah Karelii* (Biological cycling of substances in the spruce forests of Karelia), Leningrad, Nauka, 1973, 175 p.
- Kazimirov N. I., Morozova R. M., Kulikova V. N., *Organicheskaja massa i potoki veshhestv v bereznjakah srednej tajgi* (Organic mass and fluxes of substances in birch forests of the middle taiga), Leningrad, Nauka, 1978, 216 p.
- Kazimirov N. I., Presnuhin Ju. V., Erofeevskaja S. L., Zhivotovskij V. V., Gorbunova T. M., Kostin N. V., *Proizvoditel'nost' elovyh nasazhdenij po tipam lesa* (jekologicheskie normativy) (Productivity of spruce stands by forest types (environmental standards)), Petrozavodsk, KarNC AN SSSR, 1991, 43 p.
- Kazimirov N. I., Presnuhin Ju. V., Smeljagina Z. I., *Tablicy po uchetu drevesnoj zeleni* (Tables for the accounting of woody greens), *Lesohozjajstven. inform., Referat, vypusk*, 1977, No 22, pp. 17–18.
- Kazimirov N. I., Volkov A. D., Zjabchenko S. S., *Obmen veshhestv i jenergii v sosnovyh lesah Evropejskogo Severa* (Nutrients and energy cycling in the pine forests of the European North), Leningrad, Nauka, 1977, 304 p.
- Kozlov I. F., *Razvitie i rost sosnovyh nasazhdenij Karel'skoj ASSR* (Development and growth of pine stands of the Karelian ASSR), Petrozavodsk, KF AN SSSR, 1985, 161 p.
- Kuchko A. A., *Izmenenie zapasov i struktury organicheskogo veshhestva v srednevozrastnyh bereznjakah v zavisimosti ot geograficheskoj shirotы* (Changes in the stocks and structure of organic matter in middle-aged birch forests depending on the geographical latitude), *Biologicheskaja i hozjajstvennaja produktivnost' lesnyh fitocenozov Karelii*, Izd. KFAN SSSR, Petrozavodsk, 1977, pp. 64–71.
- Kuchko A. A., Matjushkin V. A., *Nadzemnaja fitomassa bereznjakov juzhnoj Karelii i ee izmenenie s vozrastom drevostoev* (Aboveground phytomass of birch forests in southern Karelia and its change with the age of forest stands), *Lesnye rastitel'nye resursy juzhnoj Karelii*, Izd. "Karelija", Petrozavodsk, 1971, pp. 41–56.
- Kuchko A. A., Matjushkin V. A., Serova E. A., *Produktivnost' nadzemnoj fitomassy v osinnikah zlakovo-raznotravnyh* (Productivity of above-ground phytomass in

- grass-forb aspen forests), *Mat. nauchn. konf. posv. 250-letiju Ak. nauk SSSR* (Mat. scientific conf. dedicated 250th anniversary of AS USSR. Ed. KFAN USSR), Izd. KFAN SSSR, Petrozavodsk, 1972, pp. 123–125.
- Kuchko A. A., Matjushkin V. A., Zapasy i sostav organicheskogo veshhestva v razlichnyh tipah bereznejakov juzhnoj Karelii (Reserves and composition of organic matter in different types of birch forests in southern Karelia), *Lesnye rastitel'nye resursy Karelii*, Petrozavodsk, 1974, pp. 24–36.
- Makarevskij M. F., Zapasy i balans organicheskogo ugleroda v lesnyh i bolotnyh biogeocenozah Karelii (Stocks and balance of organic carbon in forest and bog biogeocenoses of Karelia), *Jekologija*, 1991, No 3, pp. 3–10.
- Mamai A. V., Moshkina E. V., Kurganova I. N., Shorohova E. V., Romashkin I. V., Lopes de Gerenyu V. O., Partitioning of CO<sub>2</sub> fluxes from coarse woody debris: adaptation of “component integration method”, *Baltic Forestry*, 2019, Vol. 24, No 2, pp. 249–260.
- Matjushkin V. A., Moshnikov S. A., Berdnikov I. A., Vlijanie vnesenija mineral'nyh udobrenij na produktivnost' i nakoplenie fitomassy kul'tur sosny na osushennom perehodnom bolote (Influence of application of mineral fertilizers on the productivity and accumulation of phytomass of pine plantations in a drained transitional peatland), *Uchenye zapiski PetrGU. Serija: Estestvennye i tehicheskie nauki*, 2012, No 2 (123), pp. 62–66.
- Medvedeva V. M., Izmenenie fitomassy zabolochennyh zabolochennyh sosnjakov pod vlijaniem osushenija (Changes in the phytomass of marshy boggy pine forests under the influence of drainage), *Lesnye rastitel'nye resursy Karelii*, Petrozavodsk, 1974, pp. 52–60.
- Moshnikov S. A., Anan'ev V. A., Matyushkin V. A., Osobennosti akkumulyacii porubochnyh ostatkov v spelyh sosnyakah srednej tajgi (na primere Respubliki Kareliya) (Accumulation features of debris in mature pine forests of middle taiga in the Republic of Karelia), *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2019, No 1 (367), pp. 40–51.
- Moshnikov S. A., Anan'ev V. A., Romashkin I. V., Struktura i dinamika zapasov krupnyh drevesnyh ostatkov v sosnyakah chernichnyh srednej tajgi (Structure and dynamics of coarse woody debris stocks in middle-taiga bilberry pine forests) *Ekologiya*, 2021, No 2, pp. 123–133.
- Romashkin I. V., *Dinamika biogenykh jelementov v processe razlozhenija valezha v srednetaezhnyh el'nikah: Diss. ... kand. biol. nauk* (Dynamics of biogenic elements in the process of deadwood decomposition in middle taiga spruce forests. Candidate's bio. sci. abstract thesis), Sankt-Peterburg, BIN RAN, 2021, 167 p.
- Romashkin I. V., Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Galibina N. A., Nikerova K. M., Carbon and nitrogen dynamics along the log bark decomposition continuum in a mesic old-growth boreal forest, *European Journal*

- of Forest Research*, 2018, Vol. 137, No 5, pp. 1–15.
- Romashkin I. V., Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Galibina N. A., Nikerova K. M., Substrate quality regulates density loss, cellulose degradation and nitrogen dynamics in downed woody debris in a boreal forest, *Forest Ecology and Management*, 2021, Vol. 491, Article ID 119143.
- Sakovec V. I., *Lesovodstvenno-jekologiches-kaja ocenka gidrolesomelioracii v uslovijah Severo-Zapada taezhnoj zony Rossii (na primere Karelii): Diss. ... dok. sel'skohozejstvennyh nauk* (Silvicultural and ecological assessment of forest hydromelioration in the conditions of the North-West of the taiga zone of Russia (on the example of Karelia), Doctor's agricultural. sci. abstract thesis), Sankt-Peterburg, 2001, 321 p.
- Sallnas O., A matrix model of the Swedish forest, *Studia forestalia Suecica*, 1990, Vol. 183, P. 1–23.
- Shherbakov N. M., Zajceva N. L., Biometricheskaja karakteristika spelyh el'nikov juga Karelii (Biometric characteristics of mature spruce forests in the south of Karelia), *Lesnye rastitel'nye resursy juzhnoj Karelii*, Petrozavodsk, 1971, pp. 22–40.
- Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Kazartsev I. A., Romashkin I. V., Polevoi A. V., Kushnevs-kaya H. V., Tree species traits are the predominant control on the decomposition rate of tree log bark in a mesic old-growth boreal forest, *Forest Ecology and Management*, 2016, Vol. 377, pp. 36–45.
- Shorohova E. V., Kapitsa E. A., Ruokolainen A. V., Romashkin I. V., Kazartsev I. A., Types and rates of decomposition of *Larix sibirica* trees and logs in a mixed European boreal old-growth forest, *Forest Ecology and Management*, 2019, Vol. 439, pp. 173–180.
- Shorohova E. V., Mamai A. V., Moshkina E. V., Romashkin I. V., Lopes de Gerenyu V. O., Kurganova I. N., Comparing Measurement Approaches for Quantifying CO<sub>2</sub> Flux from Downed Woody Debris with a Dynamic Chamber Method, *Russian Journal of Ecology*, 2020, Vol. 51, No 4. pp. 351–362.
- Shorohova E. V., *Zapasy i jekosistemnye funkicii krupnyh drevesnyh ostatkov v taezhnyh le-sah: Avtoref. dis. ... dok. bio. nauk* (Stocks and ecosystem functions of coarse woody debris in taiga forests: Diss. ... doc. biol. Sciences), Sankt-Peterburg, BIN RAN, 2020, 299 p.
- Titov A. F., *Karel'skij nauchnyj centr RAN: istorija v licah* (Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences: history in faces), Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2021, 365 p.
- Titov A. F., *Uchenye Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* (Scientists of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences), Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2012, 420 p.
- Valjaev V. N., *Hod rosta sosново-berezovyh nasazhdenij Karelii* (Growth course of pine-birch plantations in Karelia), Central'nyj nauchno-issledovatel'skij institut infor-

- macii i tehniko-jekonomicheskikh issledovanij po lesnoj i derevoobrabatyvajushhej promyshlennosti, Moscow, 1967, pp. 3–8.
- Valjaev V. N., Rjabinin N. I., Hod rosta osnovoberezovyh nasazhdenij III klassa boniteta juzhnoj Karelii (The course of growth of pine-birch plantations of III class of bonitet in South Karelia), *Lesnoj zhurnal*, 1965, No 4, pp. 39–43.
- Verkerk P. J., Schelhaas M. J., Immonen V., Kiljunen J., Lindner M., Nabuurs G. J., Suominen T., Zudin S., *Manual for the European Forest Information Scenario model (EFISCEN 4.1)*, EFI Technical Report 99, European Forest Institute, 2017, 49 p.
- Voronin P. Ju., Konovalov P. V., Bolondinskij V. K., Kajbijajnen L. K., Hlorofill'nyj indeks i fotosinteticheskij stok ugleroda v lesa severnoj Evrazii (Chlorophyll index and photosynthetic carbon sink in the forests of Northern Eurasia), *Fiziologija rastenij*, 2004, Vol. 51, No 3, pp. 390–395.
- Zjabchenko S. S., Grishin A. B., Fitomassa podrosta v spelyh sosnjakah Karelii (Undergrowth phytomass in mature pine forests of Karelia), *Lesnye rastitel'nye resursy Karelii*, Petrozavodsk, 1974, pp. 71–76.
- Zjabchenko S. S., Ivanchikov A. A., Formirovanie smeshannyh sosnjakov chernichnyh juzhnoj Karelii i biologicheskie predposylki rubok uhoda v nih (Formation of mixed blueberry pine forests in southern Karelia and biological prerequisites for thinnings), *Voprosy lesovedenija i lesovodstva v Karelii*, Petrozavodsk, Anokhin Printing house, 1975, pp. 38–50.
- Zjabchenko S. S., Ivanchikov A. A., Geograficheskie osobennosti obmena veshhestv i jenergii v sosnjakah Karelii i Murmanskoy oblasti (Geographical features of nutrient and energy cycle in the pine forests of Karelia and the Murmansk region), *Lesovedenie*, 1980, No 3, pp. 52–60.
- Zjabchenko S. S., Ivanchikov A. A., Rusaikov D. M., Shherbakov N. M., Opredelenie zapasov drevesnoj zeleni, such'ev i kory v lesosyr'evoj baze (Determination of stocks of tree foliage, branches and bark in the forest tract), *Karel. mezhotrasl. centr nauch.-tehn. inform., Inform. Listok*, No 102-74, Petrozavodsk, 1974, 4 p.
- Zjabchenko S. S., *Sosnovye lesa evropejskogo Severa* (Pine forests of the European North), Leningrad, Nauka, Leningradskoe otdelenie, 1984, 248 p.
- Zjabchenko S. S., Zagural'skaja L. N., Rol' taezhnyh jekosistem Severa v utilizacii i transformacii ugleroda (The role of the taiga ecosystems of the North in the utilization and transformation of carbon) *Jekologo-geograficheskie problemy sohraneniya i vosstanovleniya lesov Severa*, Arhangel'sk, 1991, pp. 156–159.



## HISTORY OF RESEARCH ON FOREST PRODUCTIVITY IN KARELIA

S. A. Moshnikov \*, A. M. Kryshen, I. V. Romashkin

*Forest Research Institute of KarRC RAS  
Pushkinskaya st. 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910, Russia*

\* E-mail: moshniks@krc.karelia.ru

Received: 18.04.2023

Revised: 08.06.2023

Accepted: 18.06.2023

The article deals with the history of research on the biological productivity of forests in Republic of Karelia as a methodological basis for the modern field of research into the components of carbon balance in forests. Particular attention is paid to the review of the studies of the researchers of the Forest Institute of the Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences from the moment of its formation to the present. The studies of the structure and stocks of phytomass, organic matter and carbon in different components of forest ecosystems, as well as biological aspects of the productivity of the republic's forests are considered. Some results and prospects of studying the carbon balance in the forests of Eastern Fennoscandia at the current stage of the Institute's activities are discussed. The references list the main studies in this research field.

**Key words:** *carbon, balance, phytomass, forest productivity, Karelia, Forest Research Institute*

**Рецензент:** д. б. н., с. н. с., доцент Москалюк Т. А.