

УДК 913.1:581.55 (470.22)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-126-144

Изменения породного состава лесов Карелии: историко-геоэкологический подход

Вампилова Л.Б., Сикан А.В.

Российский государственный гидрометеорологический университет,
Россия, 195196 Санкт-Петербург, просп. Малоохтинский, 98
E-mail: histgeolbv67@gmail.com; sikan07@yandex.ru

Аннотация. Актуальность изучения динамики породного состава лесов Карельского региона связана с масштабными антропогенными преобразованиями за историческое время. Новизна исследования заключается в создании новой методики историко-геоэкологической направленности с использованием ГИС-технологий посредством ретроспективного анализа. Количественный анализ модификации породного состава лесов Карелии за историческое время с целью идентификации антропогенного и природного (климатического) фактора проведен впервые. Получены количественные оценки масштабов преобразования человеком лесных ландшафтов за прошедшие 1500 лет и последнее столетие. Анализ выполнен посредством наложения схемы историко-географического районирования Карелии на имеющиеся разновременные карты растительности. Современные карты растительности опытных полигонов созданы на основе космических снимков. Для установления причин изменения состава лесов проведены экспедиционные исследования и анализ изменения климатических параметров. Значительные трансформации породного состава лесов установлены для Обонежской провинции, где площадь ельников к концу XX в. сократилась с 66 % до 33 %. Обнаружено, что в пределах Поморской провинции еловые леса были замещены сосняками в процессе многовековой хозяйственной деятельности и под влиянием изменений климата.

Ключевые слова: историко-географическое районирование, изменение породного состава лесов, историко-географические срезы, диахронический метод, ГИС-технологии, интегральная кривая температур воздуха

Для цитирования: Вампилова Л.Б., Сикан А.В. 2023. Изменения породного состава лесов Карелии: историко-геоэкологический подход. Региональные геосистемы, 47(1): 126–144. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-126-144

Changes in the Species Composition of Karelian Forests: A Historical and Geoecological Approach

Lyudmila B. Vampilova, Aleksandr V. Sikan

Russian State Hydrometeorological University,
98 Malookhtinsky Pr., St. Petersburg 195196, Russia
E-mail: histgeolbv67@gmail.com, sikan07@yandex.ru

Abstract. The relevance of studying changes in the species composition of forests in the Karelian region over historical time is associated with large-scale anthropogenic transformations of this component of the landscape: initially logging for the production of charcoal (iron-making), salt making, shipbuilding, logging for sawmills and exports, housing construction, providing the population with firewood, pulp and paper production, etc. The novelty of the research lies in the creation of a new methodology of historical and geoecological orientation using GIS technologies, through retrospective analysis. The quantitative analysis of the modification of the species composition of Karelian forests for the historical time was carried out for

the first time. The research was carried out for a long time, in stages: 1) a scheme of historical and geographical zoning (GAMES) of Karelia has been created for a time slice of the XX–XXI century.; 2) maps of vegetation cover were used: restored vegetation (for a slice of more than 1000 l. n.), a map of vegetation cover 50 years ago; a map of modern vegetation for a part of the Onega Lake basin was compiled using satellite images of 2018 – the scheme of the GAMES is superimposed on the listed vegetation maps. Quantitative data on changes in the areas of forest species composition were obtained by means of a retrospective analysis. Stage II: large-scale surveys were carried out within the two provinces of Pomorskaya and Obonezhskaya, within the latter before the beginning of development there was the largest area of spruce forests (66 %), by the end of the XX century there was a decrease in the area of spruce forests (from 66 to 33 %). For the northern Pomorskaya, the change in the species composition of the forest over the past 100 years was studied, a geobotanical map with an area of 700 sq. km, compiled in 1925, was used as a basis. Vegetation maps for 1954 and 2018 were compiled for the specified area to identify the causes of changes in the composition of forests, the latter according to satellite images. To determine the causes of changes in the composition of forests, expedition studies and analysis of changes in climatic parameters were carried out. There is a high spatial correlation for the series of average annual air temperatures, which have a significant upward trend for all weather stations. It was found that the average annual temperature is 1.3 °C higher than in the last 32 years. The described aspects of the economic use of forest resources indicate the significant role of the anthropogenic factor in changing the species composition of Karelian forests with the unchanged role of the climatic factor

Keywords: historical and geographical zoning, change in the species composition of forests, historical and geographical sections, diachronic method, GIS technologies

For citation: Vampilova L.B., Sikan A.V. 2023. Changing the Species Composition of Karelian Forests: A Historical and Geocological Approach. *Regional Geosystems*, 47(1): 126–144. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-126-144

Введение

Объектом исследования выбран породный состав лесов Карельской цокольной озерно-таежной равнины. В современной Карелии лесами заняты 52 % площади, а 150 лет назад в Олонецкой губернии, примерно на такой же площади, леса занимали 71 % территории. Антропогенные воздействия, повлиявшие на трансформацию лесных ландшафтов восточной части Фенноскандии, получили освещение в многочисленных публикациях отечественных исследователей [Воронцов, 1978; Волков, 2008; Громцев, 2008; 2019; Громцев, Петров, 2016], рассматривающих современное состояние лесов, их автогенную и антропогенную динамику. Часть публикаций посвящены сценариям хозяйственного освоения, общим положениям ландшафтной концепции структурной организации лесного покрова, методическим основам ландшафтно-экологического планирования лесопользования [Раменская, Шубин, 1975; Чендев, 1997; Лисецкий, Голусов, 2011; Соколова, 2011; Леса и их многоцелевое ..., 2015; Громцев, Петров, 2016; Горнов, 2018; Громцев, 2019]. Многовековая систематическая эксплуатация лесов и ее следствия (вырубки, гари, погибшие древостои) приводят к созданию монокультуры ели или сосны, кроме того часто формируются мелколиственные леса с доминированием березы или осины [Гримальский и др., 1981; Чернякова, 1998; Восточноевропейские леса ..., 2004; Коротков, 2016, 2017]. Эти процессы способствуют снижению биоразнообразия, вспышкам размножения патогенных микроорганизмов, уменьшению плодородия лесных почв, понижают водоохранные функции лесов. В публикациях зарубежных авторов наиболее популярной среди изучения геоэкологических проблем лесной растительности является разработка пространственной модели нарушенных лесных ландшафтов, где нечасто учитываются модели временного различия, объясняющие причины изменения уязвимости лесов [Bauhus et al., 2010; Gamfeldt et al., 2013;



Scherer-Lorenzen, 2014; и др.]. Нарушенные лесные экосистемы утрачивают многие из экосистемных функций: производство биомассы и круговорот питательных веществ, что сказывается на снижении потенциала (богатстве) лесных ресурсов для человека.

Антропогенные модификации породного состава лесов с использованием историко-геоэкологических подходов к исследованию проблем лесных ландшафтов невозможно отделить от пространственно-временных состояний лесов, климатического фактора и межгодовой продуктивности ландшафтов [Сикан, 2007; Лисецкий, 2008; Лисецкий, Митряйкина, 2012; Вампилова, 2017; Vampilova, 2020]. Историко-геоэкологические аспекты изменения состава лесов важны для оценки ресурсного потенциала [Соколова, 2011; Громцев, Петров, 2016; Громцев, 2019; Вампилова, Евдокимова, 2021; Vampilova, 2021]. Проблемы лесопользования и лесовосстановления связаны с продуктивностью лесов, сохранением ценных природных территорий, оценкой их репрезентативности, требуют применения историко-геоэкологического подхода с использованием ГИС-технологий [Елина и др., 2000; Вампилова, 2017; Коротков, 2017; Manakov et al., 2021], особенно при изучении нестабильности структуры лесных ландшафтов [Восточноевропейские леса ..., 2004; Чендев, Петин, 2006; Волков, 2008; Горнов, 2018; и др.]. Для оценки актуального состояния лесных сообществ, их первичной продукции, возможности лесов по секвестрации углерода успешно используют многозональные космические снимки, что находит отражение в работах как отечественных, так и зарубежных ученых [Березин, 2020; Мелкий и др., 2020; Терехин, 2020; Illarionova et al., 2022; Шинкаренко и др., 2022; Baldo et al., 2023; Rao et al., 2023].

Пространственно-временное исследование с использованием историко-географического районирования региона для оценки ретроспективного анализа изменений породного состава лесной растительности впервые было предпринято в работах [Vampilova, Manakov, 2013; Вампилова, Соколова, 2020]. Использование ГИС-технологий в границах историко-географических провинций позволяет выявить последствия исторического природопользования – от прошлого к современности, согласно этапам освоения и специфике формирования современной ландшафтной структуры лесов [Вампилова, 2017; Vampilova, 2020].

Цель исследования – получить количественные данные о масштабах преобразования человеком лесных ландшафтов, в частности, об изменении породного состава лесов, на основании картографических материалов по трем временным срезам – около 1500 лет назад, 50 лет назад и на современном этапе (2018 г.), с использованием геоинформационных технологий.

Объекты и методы исследования

Авторская методика исследования антропогенных изменений лесного покрова за историческое время осуществляется посредством наложения схемы историко-географического районирования на имеющиеся разновременные карты растительности. Важно выявить роль антропогенного фактора в изменении породного состава лесов Карелии и установить роль климатического фактора в процессе преобразования породного состава лесов. Сущность предлагаемой методики сводится к ретроспективному анализу изменения растительного покрова, проявляющемуся в трансформации количественных показателей площадей разного породного состава за время хозяйственного использования лесных ландшафтов. Причина смены породного состава лесов Карельского региона обусловлена следующими обстоятельствами в прошлом: вырубками для производства древесного угля (железодобывающего промысла) [Тарасов, 2017], солеварения [Кликачева, 2016], судостроения, промышленной вырубки лесов для экспорта, работы лесопильных заводов [История Карелии ..., 2001], жилищного строительства, обеспечения населения дровами, целлюлозно-бумажного производства и др.

Наряду с исследованием породного состава лесов, сформировавшегося на протяжении исторического времени, нами также был изучен породный состав лесов в пределах Поморской

провинции, образовавшийся за последние 100 лет. В качестве ключевого участка использован полигон площадью 700 км², на который составлена геоботаническая карта в 1925 году [Маляревский, 1925]. Материалы геоботанического картографирования почти столетней давности послужили основой для составления геоботанических карт, дополнительно к 1925 году, еще и на 1954, а затем 2018 год. [Vampilova, 2021], где на схемах прослеживается изменение породного состава лесов в связи с видами хозяйственной деятельности (вырубкой лесов, осушением болот). Для уточнения современных процессов, происходящих в лесах под влиянием антропогенного фактора, были предприняты геоботанические экспедиционные исследования, которые показали сокращение площади еловых лесов за последние сто лет.

Для выполнения исследования использованы методы: историко-географических срезов, ретроспективный, диахронический, картографический, сравнительный. Количественные данные по изменению породного состава лесов на каждом временном срезе получены с использованием ГИС-технологий. Исследование проведено на уровне провинций, в пределах Карелии их выделено шесть [Вампилова, 2008]. В статье приводится полученная информация по Поморской и Обонежской провинциям. Картограмма историко-географического районирования Карелии составлена на временной срез, приближенный к современности. Схема использована для разработки методики ретроспективной геоэкологической оценки лесов по единицам историко-географического районирования.

Диахронический метод представляет собой сочетание историко-географических срезов и определения общих тенденций развития географического объекта за историческое время. При его выполнении необходимо придерживаться определенных принципов: во-первых, важно обеспечить сопоставимость результатов; во-вторых, правильно выявлять ведущие взаимосвязи (природа–население–хозяйство); в-третьих, необходимо подтверждение преемственности в природопользовании; в-четвертых, устанавливать основные этапы развития объектов, изучать географические циклы освоения.

Методика ретроспективного анализа изучения пространственно-временных изменений растительного покрова региона сводится к получению количественных сведений об изменении площадей лесов, болот, сельскохозяйственных угодий в результате природных процессов и хозяйственного использования ландшафтов Карелии по историко-географическим провинциям с использованием ГИС-технологий. Изменение лесных ландшафтов фиксируется по временным срезам, на которые имеются карты растительности.

Карта современной растительности историко-географической провинции Обонежье на 2013 год составлена с использованием разных материалов: основными источниками информации при создании карты растительных сообществ послужили карты растительности Карелии масштаба 1:2000000, топографические карты масштабов 1:50000–1:200000, космические снимки *Landsat-TM* пространственного разрешения 30 м. На исследуемую территорию были использованы четыре космических снимка (КС) за летний период с июля 2013 года по июль 2018 года. Работы по дешифрированию КС и последующему оформлению карты производились с использованием программных комплексов *Erdas Imagine 8.0* и *ArcGIS 10*. Для облегчения распознавания выделов растительных сообществ создавались две цветовые комбинации каналов снимков [Вампилова, 2017]. В итоге было определено 16 выделов растительных сообществ, достоверность дешифрирования составила 85 %. Анализ изменения растительного покрова во времени целесообразно проводить по историко-географическим единицам районирования, поскольку на примере этих регионов легче объяснить пространственные изменения, произошедшие за историческое время. Применение ГИС-технологий позволило получить количественные данные по изменению породного состава – доминирующего и субдоминирующего типов леса посредством наложения схемы историко-географического районирования на каждую из трех разновременных карт растительности и представить результаты в виде столбчатых диаграмм.



Для анализа изменений климата использовали данные по четырем метеорологическим станциям (МС): Кемь-порт, Паданы, Петрозаводск и Вытегра из базы данных ВНИИГМИ-МЦД [Специализированные массивы ..., 2022]. Анализировали ряды годовых и месячных данных об осадках и температуре воздуха.

Для проверки рядов метеорологических элементов на однородность и стационарность применяли критерии Стьюдента, Фишера и критерий значимости выборочного коэффициента корреляции для хронологических последовательностей [Закс, Лотар, 1976; Сикан, 2007; Методические рекомендации ..., 2010; Guide to Climatological ..., 2018]. Проверку проводили при уровне значимости $2\alpha = 5\%$. Для выявления временных рубежей в изменении климатических условий строили и анализировали графики суммарных и разностных интегральных кривых [Методические рекомендации ..., 2010].

Результаты и их обсуждение

Ретроспективный анализ изменения породного состава лесов, как одного из самых динамичных компонентов ландшафта, осуществлялся посредством научных изысканий, связанных с категорией времени и определением роли хронологических исследований для оценки факторов смены состава древесного яруса за историческое время.

Результатом исследования служит создание новой методики историко-геоэкологической направленности с использованием ГИС-технологий. Осуществленное исследование включает несколько этапов:

1) схема историко-географического районирования Карельского региона используется для оценки породного состава лесов по историко-географическим провинциям;

2) подобраны разновременные карты растительного покрова: восстановленной растительности (на хроносрез около 1500 л. н.) [Елина и др., 2000]; карта растительного покрова 50-летней давности (1970–1980-х гг.) [Атлас Карельской АССР, 1989]; составлена карта современной растительности на часть бассейна Онежского озера посредством дешифрирования космических снимков 2013–2015 гг. [Вампилова, 2017];

3) схема историко-географического районирования наложена на перечисленные карты растительности, что с применением ГИС-технологий позволило определить характер распространения породного состава лесов на определенный хроносрез и представить результаты в виде столбчатых диаграмм для каждой историко-географической провинции и ее составных частей;

4) анализ диаграмм изменения породного состава растительности по провинциям и районам позволил оценить количественно размер утраты площади хвойных лесов за историческое время.

Результаты указанных исследований и картографические материалы представлены в публикациях [Вампилова, 2017; Vampilova, 2020]. Историко-геоэкологический срез – анализ объекта по определенным временным периодам. При его выполнении необходимо придерживаться определенных принципов, а именно: должна иметь место синхронность анализа всего исходного материала, выявление взаимосвязей между природой, населением и хозяйством, присущих данному временному периоду; территориальная целостность единиц, в которых выполняется срез и установление четких временных границ. Анализ изменения растительного покрова по историко-географическим единицам Карелии за три временных среза показал, что в каждой историко-географической провинции в зависимости от давности освоения, длительности, специфики и интенсивности хозяйственного использования изменения растительных сообществ имеют свои особенности. Например, в Обонежской провинции расчет площадей, кроме двух срезов, произведен дополнительно и на хроносрез, приближенный к современности (рис. 1).

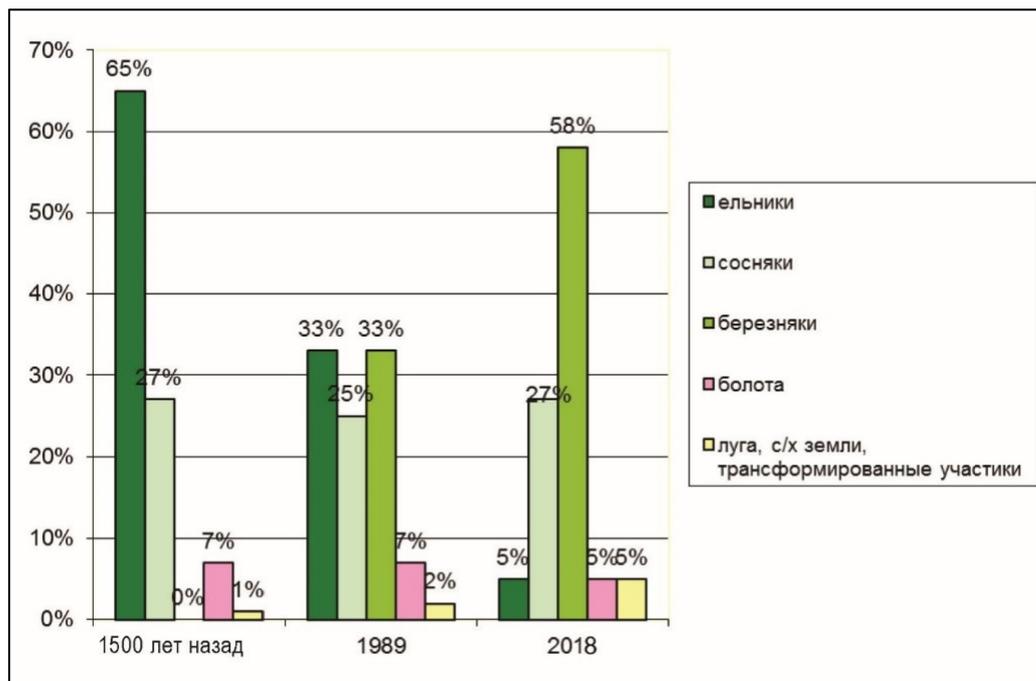


Рис. 1. Динамика растительного покрова
Обонежской историко-географической провинции Карелии
Fig. 1. Dynamics of vegetation cover
of the Obonezhskaya historical and geographical province of Karelia

В Обонежской провинции нами выделены три историко-географических района и девять подрайонов. Максимальному преобразованию подверглись все лесные ландшафты историко-географических подрайонов Обонежья, в которых велись неоднократные лесозаготовки, начиная с XVII в., а наиболее интенсивные с 1950-х годов XX в. В большинстве подрайонов западной, наиболее освоенной части Обонежья, площади хвойных лесов, в частности, коренных сообществ – ельников, сократились до 1–2 % – в Великогубском, Петрозаводском, Вепском, Челмужском; полностью истреблены – Кондопожском, Шуйском. В восточной части Обонежской провинции ельники сохранились на больших площадях (7–15 %) в Шальском, Водлозерском, Колодозерском подрайонах.

Итогом второго этапа исследования по изменению растительного покрова стали результаты изысканий, проведенных на ключевом участке площадью около 700 км² (между долинами рек Кемь и Выг), в пределах Поморской провинции. Исходным картографическим материалом для проведения исследований послужили схемы растительности, составленные за шесть лет до начала строительства Беломоро-Балтийского канала (ББК) – схематическая геоботаническая карта Шуерецко-Сорокской лесной дачи Кемского уезда АКССР. Промежуток времени от оценки растительности 1925 года до современности составил почти 100 лет. На этот участок одним из авторов составлены карты растительности на два среза – 1954 и 2018 гг. и опубликованы с легендами [Вампилова, 2017; Vampilova, 2021]. Цель исследования состояла в том, чтобы определить различия во влиянии природного и антропогенного факторов на изменение растительного покрова исследуемого участка современности, расположенного в непосредственной близости к ББК (табл. 1).

Результаты геоботанического исследования показали, что в пределах ключевого участка коренными являлись еловые леса. На временной срез 1925 года лесопокрытая площадь составляла 35 % территории ключевого участка. Среди лесных комплексов преобладали хвойные – 90,28 % лесопокрытой площади: ельниками было занято – 47,99 %, а сосняками – 42,29 %. В структуре еловых лесов доминирующими были заболоченные ельники – 44,85 %, в том числе с примесью березы и сосны – 15,25 %; субдоминантами служили приручейные ельники – 28,8 %.

Таблица 1
 Table 1

Антропогенизация растительного покрова Поморской провинции за столетие (1925–2018)
 [Вампилова, 2017; Vampilova, 2020; 2021]
 Anthropogenization of the vegetation cover of the Pomeranian Province over a century (1925–2018)
 [Vampilova, 2017; Vampilova, 2020; 2021]

Растительность	Изменение площадей типов растительности по временным срезам, %		
	1925 г.	1954 г.	2018 г.
Сосняки	14,8	6,5	17,2
Ельники	16,8	32,7	15,3
Мелколиственные	3,4	11,0	4,7
Морские луга	1,2	2,2	1,3
Луга из под леса (тереба)	0,7	0,2	1,0
Болота	63,1	47,4	60,5

Все леса практически не имели следов хозяйственной деятельности, за исключением расположенных поблизости пунктов – г. Беломорска и деревни Шуерецкой, упоминаемой в исторических документах с XVII в. В окрестностях села к 1925 году сформировались вторичные лесные комплексы с мелколиственными лесами, с участками гарей (0,43 %) и вырубок (0,25 %), среди которых встречались луговые участки на месте лесов – тереба (2,08 % в отношении к лесопокрытой площади). В пределах ключевого участка вдоль побережья Белого моря распространены морские засоленные луга – 1,1 % площади ключевого участка. Данные табл. 1 послужили основой для построения диаграмм (рис. 2).



Рис. 2. Диаграммы изменения типов растительности полигона исследования по трем временным срезам – 1925, 1954, 2018 гг. [Вампилова, 2017; Vampilova, 2020; 2021]

Fig. 2. Diagrams of changes in vegetation types of the study site by three time slices – 1925, 1954, 2018 [Vampilova, 2017; Vampilova, 2020; 2021]

Во время строительства ББК (1931–1933 гг.) создавались водохранилища, которые, еще не будучи соединенными в общую систему каналов, образовывали условия для переувлажнения, подтопления и последующего заболачивания окружающих территорий [Третий год ..., 1927]. Значительную роль в заболачивании западной части ключевого участка сыграло строительство железной дороги (участок от Беломорска до долины реки Шуи), что

фактически перекрыло естественный сток в Белое море. Для борьбы с процессами заболачивания в 30–40 гг. прошлого столетия было проведено масштабное осушение территории, двух участков: юго-западного (водораздел рек Хонгая и Шуя) и центральной части Беломорского побережья к западу от линии железной дороги.

Описание растительности того же ключевого участка было повторено в 1954 году (спустя 29 лет после первого обследования и по прошествии 21 года после строительства ББК). По результатам дешифрирования материалов аэрофотосъемки и анализа топографических карт М 1:100 000 выявлено, что на 1954 год болотами было занято 47,4 % территории, что на 15,7 % меньше, чем в 1925 году из-за масштабного осушения после строительства ББК как меры борьбы с интенсивным заболачиванием. В связи с осушением в структуре болот также произошли изменения: уменьшилась доля верховых сфагновых на 32 % и увеличилась доля переходных и низинных суммарно почти на 6 %. Распространены преимущественно сфагновые, грядово-мочажинные – 65,94 %, и травяно-сфагновые, переходные, местами с сосной и березой – 27,26 %, низинные травяные и мохово-травяные болота – 6,8 %. Как следствие мелиоративных мероприятий изменения произошли и в структуре лесов. В целом лесопокрытая площадь увеличилась на 15 %: на 1954 год лесами занято 50,16 % территории ключевого участка, в том числе хвойными 39,1 % и 11,06 % мелколиственными. Главную роль в увеличении лесопокрытой площади сыграли еловые леса: их площадь увеличилась на 15,9 % относительно 1925 года.

Карты двух последующих срезов (1954 и 2018 гг.) составлены по материалам аэро- и космоснимков. Результаты картографирования показали три уровня заболоченности, связанные с событиями хозяйственной деятельности: до строительства ББК заболоченность составляла 63,3 %. Создание мелиоративных систем для защиты железнодорожного полотна способствовало сокращению площади болот до 47,4 %. После окончания срока действия мелиоративных систем заболоченность ключевого участка составила 60,5 %, т. е. вернулась к первоначальному состоянию. Увеличение площади заболачивания обусловлено влиянием антропогенного фактора. Это позволило проследить влияние длительности антропогенного воздействия на процессы дифференциации и динамические тенденции болотных и лесных геосистем [Соколова, 2011].

Сравнительный анализ полученных сведений с ситуацией на карте 1925 года позволил выявить модификации растительного покрова спустя 29 лет после строительства ББК (схема 1954 года), когда были проведены мелиоративные системы с целью осушения. Реакция древесного яруса и болотных ландшафтов на антропогенное воздействие проявилась незамедлительно. Третий срез с оценкой породного состава лесов проведен по космическим снимкам 2018 года. Результаты показали, что если первоначально наметилась тенденция восстановления хвойных лесов и сокращение болот, то, судя по схеме 2018 года, площади заболачивания увеличивались и ландшафт возвратился к первоначальным условиям переувлажнения по причине прекращения действия процесса осушения.

Третий этап включает натурные полевые исследования в пределах среднего течения р. Шуи, которые проводили в Поморской провинции летом 2021 года, и базируется на предварительном анализе современных лесотаксационных материалов и геоинформационных данных. Выявление современной структуры растительного покрова на ключевых участках дает возможность выявления основных закономерностей современного состояния лесных экосистем Карельского Поморья, обусловленных как природными, так и антропогенными факторами.

Степень детализации при ретроспективном анализе задается детализированной картой 1925 года. Мы имеем возможность оценить пространственно-временную динамику растительного покрова и соответствующих природно-хозяйственных экосистем тестового полигона почти за сто лет. Для исследования нами были выбраны три ключевых участка: один из них (третий) – остров Шуйостров, который в настоящее время практически не используется в хозяйственной деятельности и значительных следов современного антропогенного воздействия здесь не зафиксировано (рис. 3).

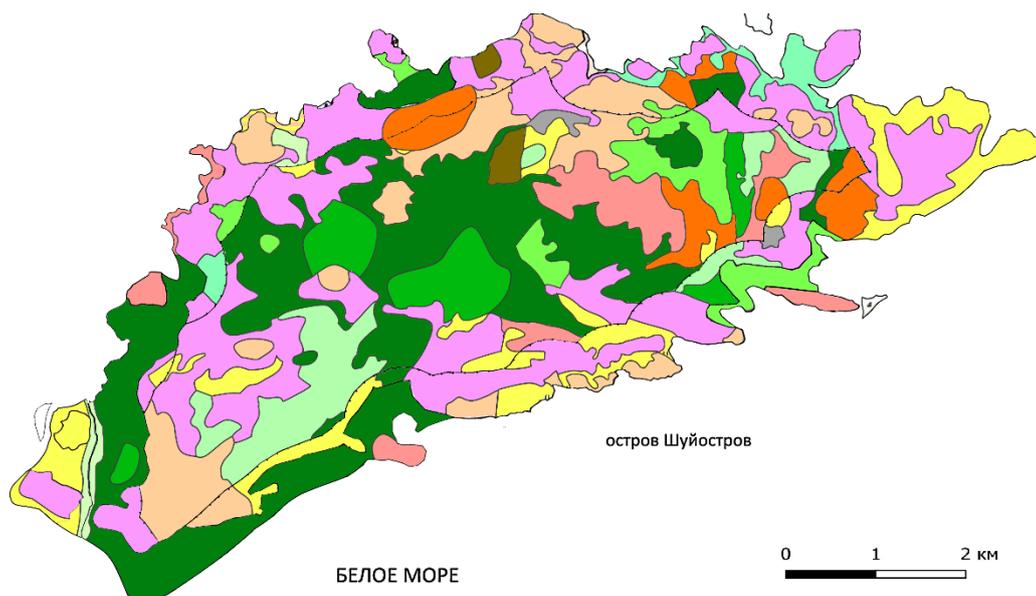
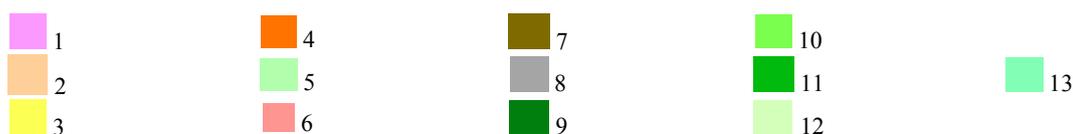


Рис. 3. Карта растительности ключевого участка о. Шуйостров
 Fig. 3. Vegetation map of the key area of Shuiostrov Island

Условные обозначения:



Легенда к ключевому участку:

1. Ельник черничник, ельник приречевой, ельник сфагновый; 2. Сосняк черничник, сосняк брусничник; 3. Сосняк лишайниковый; 4. Сосняк сфагновый; 5. Мелколиственные леса травяные и мелколиственные заболоченные; 6. Хвойные с примесью мелколиственных травяно-кустарничковые; 7. Вырубки на месте хвойных лесов; 8. Гари на месте хвойных лесов; 9. Болото сфагновое; 10. Болото переходное с мочажинами и сосной; 11. Болото грядово-мочажинное; 12. Послесельные луга (тереба), осушенные; 13. Приморские (приливно-отливные) луга засоленные.

Следы прошлого природопользования – осушенные луга-тереба получили фрагментарное отражение. Сенокосы, некогда используемые местным населением, в настоящее время заброшены и частично заросли древесно-кустарниковой растительностью, прослеживаются следы осушения. Дешифрируются места выборочной рубки хвойных, активно заросшие мелколистственным лесом. Карта растительности острова Шуйостров (третий ключевой участок) использована как эталон малонарушенного островного ландшафта, где отсутствуют негативные последствия хозяйственной деятельности. Для небольшой территории наличие 13 растительных формаций (5–6 шт. на км²) свидетельствует о разнообразии ландшафтных условий.

Наряду с островной территорией нами была выбрана часть долины реки Уды в качестве первого ключевого участка Удинского, пространственная структура которого имеет очень ограниченный набор лесных формаций. Второй ключевой участок Придорожный. Удобство транспортной сети обеспечило наличие здесь таких хозяйственных объектов, как песчаный и каменный карьеры. Структура современной растительности ключевых участков Удинского, Придорожного и Шуйострова показана на рис. 4.

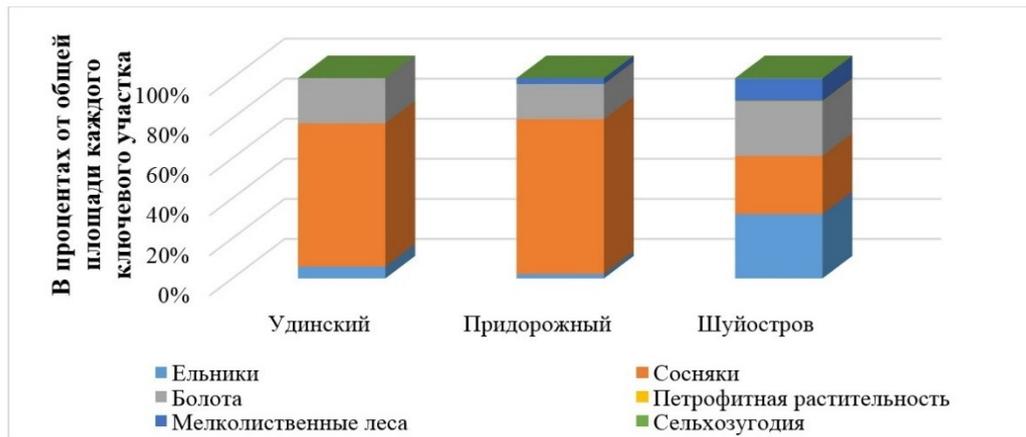


Рис. 4. Пространственная структура современной растительности ключевых участков Прибеломорской низменности

Fig. 4. Spatial structure of modern vegetation of key sites of the White Sea lowland

На Удинском и Придорожном участках соотношение основных типов растительности очень близкое и отличается от такового на участке Шуйостров. Первые два участка полностью вовлечены в лесохозяйственную сферу деятельности, тогда как Шуйостров в настоящее время практически исключен из хозяйственной деятельности. Причина различия пространственной структуры растительности между фрагментами на материке и острове связана с антропогенным воздействием. В настоящее время площади ключевых участков (за исключением Шуйострова) используются в лесном хозяйстве, частично сдаются в аренду различным пользователям под надзором специалистов лесного хозяйства. Все пригодные для выращивания леса территории используются под культуру сосны (*Pinus sylvestris*). Лишь небольшая часть площади занята карьерами по добыче песка, гравия и камня, а также разреженной петрофитной растительностью скал.

Минимальное антропогенное воздействие на современный растительный покров на участке Шуйостров можно принять с определенной условностью за исходное соотношение ельников, сосняков и болот (см. рис. 3). В пределах ключевых участков, расположенных на материке, подавляющее большинство лесных массивов представлено сосновыми лесами 70–80-летнего возраста, но встречаются и немногочисленные сосны возрастом до 150 лет. Есть молодые посадки сосны от 5- до 30-летней давности на месте гарей и вырубок. Среди молодых посадок сосны отмечается значительный подрост ели в результате самосева, который в дальнейшем при уходе за лесопосадками подлежит уничтожению. Несмотря на то, что природные условия ключевых участков потенциально дают возможность возобновлению еловых лесов, антропогенное воздействие (посадка сосны, выборочные рубки иных древесных пород) обуславливает поддержание монодоминантных сосновых лесов. Наибольшие площади занимают сосновые леса зеленомошной группы. Наиболее высокого (2) бонитета сосна достигает здесь только в брусничных сосняках, а в сосняках-черничниках преобладает древостой 3 и 4 бонитетов. Осушенные болотные массивы в настоящее время заросли и представлены сфагновыми сосновыми и отчасти березовыми (из *Betula pubescens*) лесами с древостоем 5 бонитета.

Установлено, что в пределах рассматриваемого района наблюдается высокая пространственная корреляция для рядов среднегодовых температур воздуха. Коэффициенты парной корреляции изменяются от 0,92 до 0,99. Учитывая сказанное, для анализа многолетних колебаний среднегодовой температуры воздуха использовался наиболее продолжительный ряд наблюдений по МС Кемь-порт. Этот ряд содержит значимый тренд на повышение – интенсивность тренда +0,13 °C/10 лет. На рис. 5 и 6 представлены хронологический график и разностная интегральная кривая среднегодовых температур воздуха по метеостанции Кемь-порт за период 1866–2020 гг.

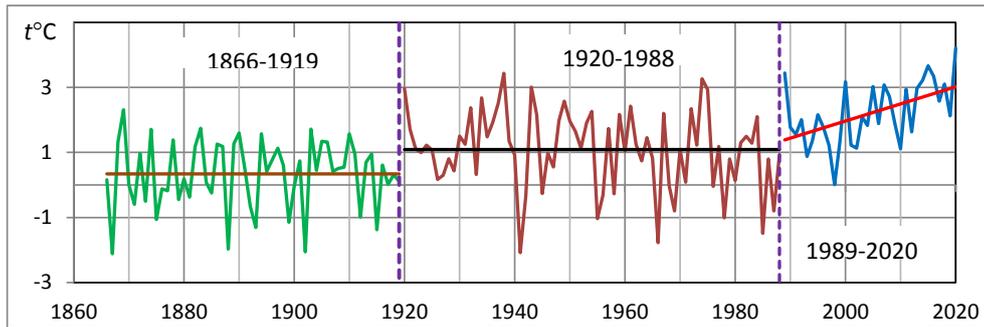


Рис.5. Хронологический график среднегодовых температур воздуха на метеостанции Кемь
 Fig.5. Chronological graph of average annual air temperatures at the Kem weather station

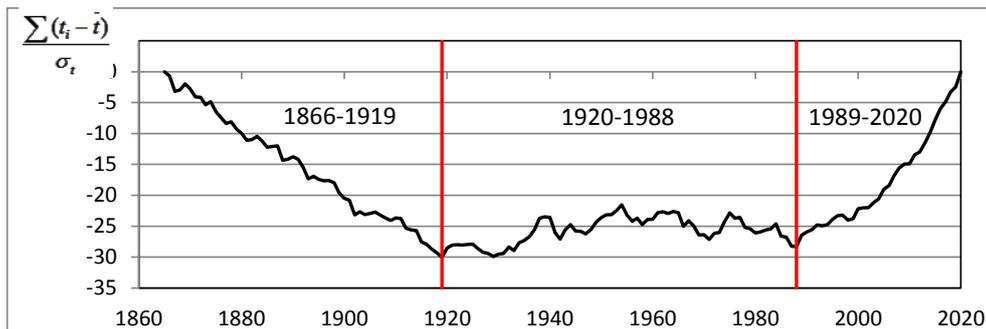


Рис.6. Разностная интегральная кривая среднегодовых температур воздуха на метеостанции Кемь
 Fig.6. The difference integral curve of average annual air temperatures at the Kem weather station

Как видно на рис. 5 и 6, в интервале 1866–2020 гг. можно выделить два квазистационарных периода: с 1866 по 1919 г. и с 1920 по 1988 г. На интервале с 1989 по 2020 г. ряд имеет значимый тренд на повышение. При этом наблюдается существенное увеличение средней многолетней температуры при переходе от одного периода к другому.

Аналогичная тенденция наблюдается и на других метеорологических станциях (рис. 7). В табл. 2 представлены средние температуры воздуха за два 32-летних периода по четырем метеостанциям Карелии.

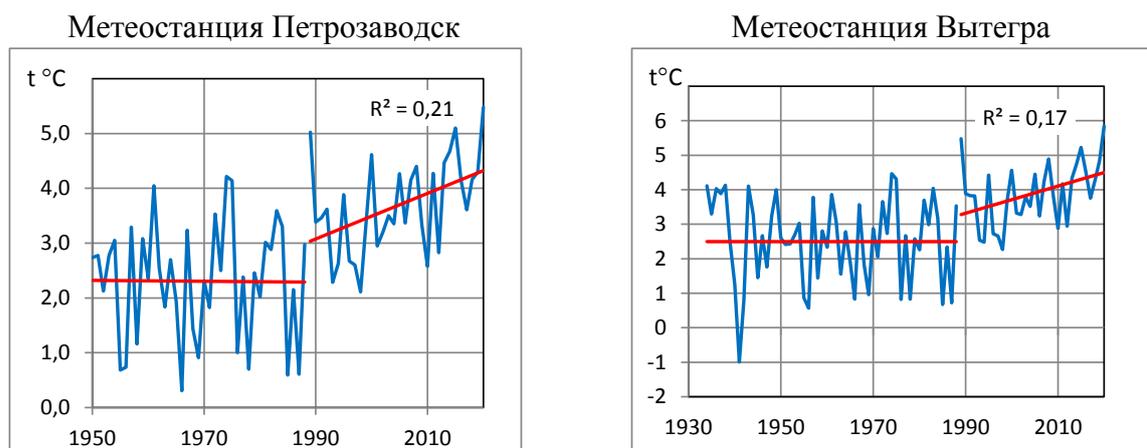


Рис. 7. Хронологические графики среднегодовых температур воздуха на метеорологических станциях Петрозаводск и Вытегра

Fig. 7. Chronological graphs of average annual air temperatures at the Petrozavodsk and Vytegra meteorological stations

Таблица 2
Table 2

Средняя многолетняя температура воздуха за год, холодный и теплый периоды,
°С для двух интервалов осреднения (1957–1988 и 1989–2020 гг.)
Average long-term air temperature per year, cold and warm periods,
°С for two averaging intervals (1957–1988 and 1989–2020)

Период	Интервал осреднения	Метеорологическая станция				Среднее
		Кемь	Паданы	Петрозаводск	Вытегра	
Год	1957–1988	0,89	1,46	2,35	2,54	
	1989–2020	2,20	2,85	3,66	3,89	
	приращение	1,31	1,39	1,31	1,35	1,3
Холодный период (XI–IV)	1957–1988	–6,96	–6,99	–5,83	–6,0	
	1989–2020	–5,28	–5,16	–4,19	–4,3	
	приращение	1,68	1,83	1,65	1,72	1,7
Теплый период (V–X)	1957–1988	8,82	9,88	10,6	11,2	
	1989–2020	9,55	10,7	11,4	11,9	
	приращение	0,74	0,86	0,81	0,77	0,8

Как видно из табл. 2, за последние 32 года среднегодовая температура на 1,3 °С выше, чем за предшествующий период. При этом рост годовой температуры произошел главным образом за счет потепления зим. Температура за холодный период повысилась в среднем на 1,7 °С, а за теплый период только на 0,8 °С.

Для анализа многолетней изменчивости осадков использовали ряды годовых сумм осадков за период с 1936 по 2010 г. Установлено, в рядах годовых сумм осадков по МС Вытегра и Петрозаводск значимые тренды отсутствуют, а в рядах по МС Паданы и Кемь, которые находятся севернее, выявлены значимые тренды на повышение. По МС Паданы интенсивность тренда составляет +14 мм/10 лет, а для МС Кемь +16 мм/10 лет.

Для оценки климатически обусловленной способности растений к росту использовался *CVP*-индекс, введенный С.С. Патэрсоном [Paterson, 1956; Rahman, Akter, 2015]:

$$CVP = \frac{T_v \cdot P \cdot G \cdot E}{T_a \cdot 12 \cdot 100}, \quad (1)$$

где T_v – среднемесячная температура наиболее жаркого месяца, °С; T_a – разница между среднемесячными температурами наиболее жаркого и наиболее холодного месяца; P – среднегодовое количество осадков, мм; G – продолжительность вегетационного периода, мес.; E – радиационный коэффициент (%), определяется по формуле:

$$E = R_p / R_c, \quad (2)$$

где R_p – суммарная солнечная радиация на полюсе; R_c – суммарная солнечная радиация в данном месте.

Для всех метеостанций были построены хронологические графики *CVP*-индекса (рис. 8) и выполнена оценка значимости трендов. Все тренды являются значимыми и показывают рост биологической продуктивности. Таким образом, изменение климата оказывает разнонаправленное влияние на условия произрастания леса на территории Южной Карелии. Позитивным фактором является рост биологической продуктивности лесов. К негативным последствиям относится то, что в результате роста температуры воздуха возрастает угроза лесных пожаров [Министерство природных ресурсов ..., 2019; Республика Карелия в цифрах ..., 2021]. Потепление также способствует распространению вспышек массового размножения стволовых вредителей леса [Обзор санитарного ..., 2003].

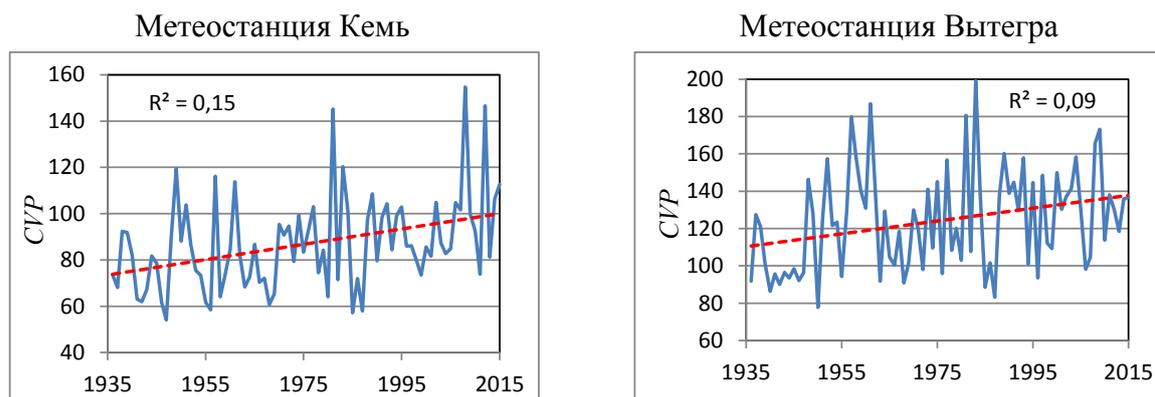


Рис. 8. Хронологические графики *CVP*-индекса на метеостанциях Карелии
Fig. 8. Chronological charts of the *CVP* index at Weather Stations in Karelia

Хотя общая площадь лесов в Карелии не уменьшается, но изменения баланса тепла и влаги приводят к изменению видового состава лесов. Площади ельников сокращаются, так как они наиболее чувствительны к этим переменам и их постепенно вытесняют лиственные породы деревьев.

Заклучение

В качестве главной исследовательской задачи нами выбрано проведение научных исследований, связанных с категорией времени и определением роли хронологических исследований для оценки факторов смены породного состава лесов Карелии за историческое время. Для выявления причин изменения породного состава лесов были рассмотрены различные хронологические рамки хозяйственной деятельности и анализ климатических факторов. Одним из важных факторов, оказывающих влияние на трансформацию породного состава лесов, является климатический, когда в течение даже непродолжительного времени отмечается рост среднегодовой температуры воздуха, снижается количество выпадающих осадков, в результате идет процесс замены еловых лесов на сосновые. Проведенный анализ изменения климатических параметров показал, что наблюдается высокая пространственная корреляция для рядов среднегодовых температур воздуха, которые по всем метеостанциям имеют значимый тренд на повышение. Обнаружилось, что в настоящее время среднегодовая температура на $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше, чем за последние 32 года. Установленные особенности хозяйственного использования лесных ресурсов свидетельствуют о значительной роли антропогенного фактора в изменении породного состава лесов Карелии наряду с непосредственным изменением климатических параметров.

В разных пространственно-временных масштабах активного природопользования прослеживается пространственно-временная дифференциация растительного покрова, что свидетельствует о слабой степени устойчивости функционирования природных геосистем различного генезиса при различной длительности и интенсивности освоения. Результаты исследования показали быструю реакцию геосистем на вмешательство человека и быструю модификационную изменчивость.

Леса в процессе многократного длительного использования утрачивают многие свои качества, частично происходит замена хвойных пород мелколиственными. Смена многих «поколений» (сукцессий) лесов приводит к потере или утрате восстановительной способности. Оригинальность проведенного исследования (использование старых карт, сопряженное с ГИС-технологиями) указывает на дальнейшие перспективы развития историко-геоэкологического направления в географической науке. Поиск и анализ старых картографических материалов по разновременному состоянию растительности позволяет представить ситуацию с распространением растительных формаций на территории в отдаленном прошлом.

Список источников

- Атлас Карельской АССР. 1989. Пред. ред. А.Н. Трофимова. М., ГУГК, 40 с.
- Маляревский К.Ф. 1925. Схематическая геоботаническая карта Шуерецко-Сорокской лесной дачи Кемского уезда АКССР, составленная исследовательской партией Колонизационного отдела Правления Мурманской железной дороги под руководством К.Ф. Маляревского (фонды РНБ). Ленинград, издано Чиро Мурманской ж. д., 5 с.
- Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. 2010. СПб, Нестор-История, 162 с.
- Министерство природных ресурсов и экологии Республики Карелия. Лесной план республики Карелия на 2019–2028 годы. Электронный ресурс. URL: https://ecology.gov.karelia.ru/upload/iblock/cf4/Proekt-izmeneniy-v-Lesnoy-plan-Respubliki-Kareliya-na-2019_2028-gody.pdf (дата обращения 06.02.2022).
- Обзор санитарного и лесопатологического состояния лесов России. 2003. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Федеральное государственное учреждение «Российский центр защиты леса». Пушкино, Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, 29 с.
- Республика Карелия в цифрах: краткий статистический сборник. 2021. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). Петрозаводск, 129 с.
- Специализированные массивы для климатических исследований. Электронный ресурс. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения 01.02.2022).
- Тарасов А.Ю. 2017. Отчет об археологических раскопках группы углежогных ям Ихаланйоки I в Лахденпохском районе Республики Карелия в 2017 г. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, Институт языка, литературы и истории, 89 с.
- Третий год колонизационной работы Мурманской железной дороги. 1927. Отчетный сборник. Л., 211 с.
- Guide to Climatological Practices. 2018. World Meteorological Organization, 182 p.

Список литературы

- Березин Л.В. 2020. Усовершенствованная методология анализа космической информации о солнечной энергии поглощаемой наземными экосистемами. *Biogeosystem Technique*, 7(1): 3–37. DOI: 10.13187/bgt.2020.1.3
- Вампилова Л.Б. 2008. Региональный историко-географический анализ. Система методов исследований в исторической географии. Книга 2. СПб, ЛГУ им. А.С. Пушкина, 148 с.
- Вампилова Л.Б. 2017. Ретроспективный анализ изменения растительного покрова как компонента ландшафтов Обонежья за историческое время. *CARELICA*, 1(17): 24–45. DOI: 10.15393/j14.art.2017.91
- Вампилова Л.Б., Евдокимова Т.О. 2021. Ретроспективный анализ смены систем природопользования в ландшафтах Карелии. *CARELICA*, 2(26): 1–27. DOI: 10.15393/j14.art.2021.161
- Вампилова Л.Б., Соколова А.А. 2020. Основные этапы формирования физико-географического направления исторической географии. *Псковский регионологический журнал*, 2(42): 71–86. DOI: 10.37490/S221979310008581-2
- Волков А.Д. 2008. Типы леса Карелии. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 180 с.
- Воронцов А.И. 1978. Патология леса. М., Лесная промышленность, 270 с.
- Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. 2004. Отв. ред. О.В. Смирнова. М., Наука, 479 с.
- Горнов А.Н. 2018. Классификация лесов с использованием определителя типов лесов Европейской России (на примере Карелии и Карельского перешейка). *Вопросы лесной науки*, 1(1): 1–53. DOI: 10.31509/2658-607x-2018-1-1-1-53
- Гримальский В.И., Энтин Л.И., Марченко Я.И. 1981. Комплексные профилактические мероприятия в хронических и потенциальных очагах вредителей сосны. *Экспресс информация*. М., ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 16 с.



- Громцев А.Н. 2008. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России. Петрозаводск. Карельский научный центр РАН, 238 с.
- Громцев А.Н. 2019. Производные леса на западе таежной зоны России: понятия, происхождение, идентификация. Труды Карельского научного центра РАН, 5: 5–16. DOI: 10.17076/eco900
- Громцев А.Н., Петров Н.В. 2016. Наиболее уязвимые леса северо-запада таежной зоны России: ландшафтные особенности, современное состояние, сохранение. Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2: 4–16.
- Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. 2000. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии (палеорастительность и палеогеография). Петрозаводск, Карельский научный центр Российской академии наук, 242 с.
- Закс Л. 1976. Статистическое оценивание. М., Статистика, 598 с.
- История Карелии с древнейших времен до наших дней. 2001. Отв. ред. Н.А. Кораблев, В.Г. Макуров, Ю.А. Савватеев, М.И. Шумилов. Петрозаводск, Периодика, 944 с.
- Кликачева А.А. 2016. Производство соли на территории Олонецкого наместничества в конце XVIII века и его влияние на окружающую среду. Вестник Сургутского государственного педагогического университета, 6(45): 9–15.
- Коротков В.Н. 2016. Концепция восстановления разновозрастных полидоминантных хвойно-широколиственных лесов Восточной Европы. Устойчивое лесопользование, 3(47): 2–7.
- Коротков В.Н. 2017. Основные концепции и методы восстановления природных лесов Восточной Европы. Russian Journal of Ecosystem Ecology, 2(1): 1–18. DOI: 10.21685/2500-0578-2017-1-1
- Леса и их многоцелевое использование на Северо-Западе европейской части таежной зоны России. 2015. Отв. редактор А.Н. Громцев. Петрозаводск, Карельский научный центр РАН, 190 с.
- Лисецкий Ф.Н. 2008. Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 4: 13–20.
- Лисецкий Ф.Н., Голёусов П.В. 2011. Восстановление почв на антропогенно-нарушенных поверхностях в подзоне южной тайги. География и природные ресурсы, 1: 46–52.
- Лисецкий Ф.Н., Митряйкина А.М. 2012. Анализ дендрохронологических и климатических данных для выявления периодичности природных процессов в зоне лесостепи. В мире научных открытий, 2-3(26): 115–136.
- Мелкий В.А., Верхотуров А.А., Братков В.В. 2020. Влияние климата на состояние северной части елово-пихтовой подзоны темнохвойных бореальных лесов острова Сахалин. Региональные геосистемы, 44(4): 415–431. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431
- Раменская М.Л., Шубин В.И. 1975. Природное районирование в связи с вопросами лесовосстановления. В кн.: Лесовосстановление в Карельской АССР и Мурманской области. Петрозаводск, Карельский филиал АН СССР, 180–198.
- Сикан А.В. 2007. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. СПб., РГГМУ, 279 с.
- Соколова А.А. 2011. Лесные ресурсы Нерчинского горного округа: изучение, оценка и использование в XVIII–XIX вв. Вестник Читинского государственного университета, 11: 104–111.
- Терехин Э.А. 2020. Пространственный анализ особенностей формирования древесной растительности на залежах лесостепи Центрального Черноземья с использованием их спектральных признаков. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 17(5): 142–156. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-142-156
- Чендев Ю.Г. 1997. Изменение во времени компонентов географической среды Белгородской области. Белгород, Издательство БелГУ, 84 с.
- Чендев Ю.Г., Петин А.Н. 2006. Естественные изменения и техногенная трансформация компонентов окружающей среды староосвоенных регионов (на примере Белгородской области). М., Издательство Московского университета, 124 с.
- Чернякова И.А. 1998. Карелия на переломе эпох: Очерки социальной и аграрной истории XVII в. Петрозаводск, Издательство Петрозаводского государственного университета, 295 с.
- Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Васильченко А.А. 2022. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 19(4): 207–222. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222

- Baldo M., Buldrini F., Chiarucci A., Rocchini D., Zannini P., Ayushi K., Ayyappan N. 2023. Remote Sensing Analysis on Primary Productivity and Forest Cover Dynamics: A Western Ghats India Case Study. *Ecological Informatics*, 73: 101922. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101922
- Bauhus J., Pokorny B., van der Meer P.J., Kanowski P.J., Kanninen M. 2010. Ecosystem Goods and Services – the Key for Sustainable Plantations. In: *Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests*. New York, Earthscan, 205–227.
- Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R., Jonsson M., Gustafsson L., Kjellander P., Ruiz-Jaen M.C., Fröberg M., Stendahl J., Philipson C.D., Mikusiński G., Andersson E., Westerlund B., Andrén H., Moberg F., Moen J., Bengtsson J. 2013. Higher Levels of Multiple Ecosystem Services are Found in Forests with More Tree Species. *Nature Communications*, 4: 1340. DOI: 10.1038/ncomms2328
- Illarionova S., Shadrin D., Tregubova P., Ignatiev V., Efimov A., Oseledets I., Burnaev E. 2022. A Survey of Computer Visio for Forest Characterization and Carbon Monitoring Tasks. *Remote Sensing*, 14(22): 5861. DOI: 10.3390/rs14225861
- Manakov A.G., Vampilova L.B., Sokolova A.A. 2021. Electronic Ethnocultural and Landscape Atlas of the Pskov Region as an Educational Geoinformational Resource. *InterCarto. InterGIS*, 27(4): 461–473. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-461-473
- Paterson S.S. 1956. *The Forest Area of the World and Its Potential Productivity*. Göteborg, Royal University of Göteborg, 201–211.
- Rahman M.S., Akter S. 2015. Climate to Forest Productivity: Implication of Paterson's CVP Index. *Research Journal of Forestry*, 9(2): 27–34.
- Rao G.N., Rao P.J., Duvvuru R., Beulah K., Rathnala P., Lydia L.E., Balakrishna B., Motru V.R. 2023. Geospatial Study on Forest Fire Disasters – A GIS Approach. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(1): 302–311. DOI: 10.12912/27197050/155060
- Scherer-Lorenzen M. 2014. The Functional Role of Biodiversity in the Context of Global Change. In: *Forests and Global Change*. Ed. by D.A. Coomes, D.F.R.P. Burslem, W.D. Simonson. Cambridge, Cambridge University Press, 195–237.
- Vampilova L.B. 2021. Dynamic Trends of 100-Year Anthropogenic Vegetation Cover Under the Influence of the White Sea-Baltic Canal. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia", Orenburg, 7–11 June 2021. Orenburg, Russian Federation, 817: 936–938. DOI 10.1088/1755-1315/817/1/012110
- Vampilova L.B. 2020. Geocological Analysis of Temporary Changes in the Special Composition of Karelia Forest. In: *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Albena, 18–24 August 2020*. Albena, Sofia, 20(3.1): 679–686. DOI: 10.5593/sgem2020/3.1/s14.087
- Vampilova L.B., Manakov A.G. 2013. Experience in Historical-Geographical Zoning of Russia. *Regional research of Russia*, 3(4): 458–464. DOI: 10.1134/S2079970514010092

References

- Berezin L.V. 2020. Improved Methodology for the Analysis of Space Information on the Solar Energy Absorption by Terrestrial Ecosystems. *Biogeosystem Technique*, 7(1): 3–37 (in Russian). DOI: 10.13187/bgt.2020.1.3
- Vampilova L.B. 2008. *Regionalnyy istoriko-geograficheskiy analiz. Sistema metodov issledovaniy v istoricheskoy geografii [Regional Historical and Geographical Analysis. A System of Research Methods in Historical Geography]*. Book 2. St. Petersburg, Publ. LSU named after A.S. Pushkin, 148 p.
- Vampilova L.B. 2017. Development of Historical and Geographical Knowledge and Formation of Regional Historical and Geographical Researches. *CARELICA*, 1(17): 24–45 (in Russian). DOI: 10.15393/j14.art.2017.91
- Vampilova L.B., Evdokimova T.O. 2021. A Retrospective Analysis of the Change of Environmental Management Systems in the Landscapes of Karelia. *CARELICA*, 2(26): 1–27 (in Russian). DOI: 10.15393/j14.art.2021.161
- Vampilova L.B., Sokolova A.A. 2020. Basic Stages of Formation of Physical-Geographic directions of Historical Geography. *Pskov Journal of Regional Studies*, 2(42): 71–86 (in Russian). DOI: 10.37490/S221979310008581-2
- Volkov A.D. 2008. *Tipy lesa Karelii [Types of Karelian Forests]*. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr RAN, 180 p.



- Vorontsov A.I. 1978. *Patologiya lesa* [Pathology of the Forest]. Moscow, Publ. Lesnaya promyshlennost, 270 p.
Book Review: "Forests of Eastern Europe: Holocene History and Modern Times". 2004. Ed. by O.V. Smirnov. Moscow, Publ. Nauka, 479 p. (in Russian).
- Gornov A.N. 2019. Classification of Forests Using a Field Guide of Forest Types of the European Russia (Evidence from Karelia and the Karelian Isthmus). *Forest Science Issues*, 2(2S): 1–49
DOI: 10.31509/2658-607x-2019-2-2-1-49
- Grimalsky V.I., Entin L.I., Marchenko Ya.I. 1981. *Kompleksnyye profilakticheskiye meropriyatiya v khronicheskikh i potentsialnykh ochagakh vreditel'ey sosny*. Ekspress informatsiya [Comprehensive Preventive Measures in Chronic and Potential Foci of Pine Pests. Express Information]. Moscow, Publ. TsBNTI Gosleskhoza SSSR, 16 p.
- Gromtsev A.N. 2008. *Osnovy landshaftnoy ekologii evropeyskikh tayezhnykh lesov Rossii* [Fundamentals of Landscape Ecology of European Taiga Forests of Russia]. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr RAN, 238 p.
- Gromtsev A.N. 2019. Secondary Forests in the West of the Russian Boreal Zone: Concepts, Genesis, Identification. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*, 5: 5–16 (in Russian). DOI: 10.17076/eco900
- Gromtsev A.N., Petrov N.V. 2016. Most Vulnerable Forests of Russia's North-Western Boreal Zone: Landscape Characteristics, Present-Day Condition, Conservation. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*, 2: 4–16 (in Russian).
- Yelina G.A., Lukashov A.D., Yurkovskaya T.K. 2000. *Pozdnelednikovye i golotsen Vostochnoy Fennoskandii (paleorastitelnost i paleogeografiya)* [Late Glacial and Holocene of Eastern Fennoscandia (Paleorasticity and Paleogeography)]. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr Rossiyskoy akademii nauk, 242 p.
- Sachs L. 1976. *Statisticheskoye otsenivaniye* [Statistical Evaluation]. Moscow, Publ. Statistika, 598 p.
- Istoriya Karelii s drevneyshikh vremen do nashikh dney* [The History of Karelia from Ancient Times to the Present Day]. 2001. Ed. by N.A. Korablev, V.G. Makurov, Yu.A. Savvateev, M.I. Shumilov. Petrozavodsk, Publ. Periodika, 944 p.
- Klikacheva A.A. 2016. Salt Production on the Territory of Olonetz Governorate (XVIII Century) and Its Impact on the Environment. *Bulletin of Surgut State Pedagogical University*, 6(45): 9–15 (in Russian).
- Korotkov V.N. 2016. *Kontseptsiya vosstanovleniya raznovozrastnykh polidominantnykh khvoynno-shirokolistvennykh lesov Vostochnoy Evropy* [The Concept of Restoration of Multi-Age Polydominant Coniferous-Deciduous Forests of Eastern Europe]. *Ustoychivoye lesopolzovaniye*, 3(47): 2–7.
- Korotkov V.N. 2017. Basic Concepts and Methods of Restoration of Natural Forests in Eastern Europe. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2(1): 1–18 (in Russian). DOI: 10.21685/2500-0578-2017-1-1
- Lesa i ikh mnogotsel'evoye ispolzovaniye na Severo-Zapade Evropeyskoy chasti tayezhnoy zony Rossii* [Forests and Their Multipurpose Use in the North-West of the European Part of the Taiga Zone of Russia]. 2015. Ed. by A.N. Gromtsev. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy nauchnyy tsentr RAN, 190 p.
- Lisetsky F.N. 2008. Soil-Formation Potential of Forest Stands Under Sands Afforestation in Forest-Steppe and Steppe Environment. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal – Forestry Journal*, 4: 13–20 (in Russian).
- Lisetskii F.N., Goleusov P.V. 2011. Resoiling on Anthropogenically Disturbed Surfaces in the Southern Taiga Subzone. *Geography and Natural Resources*, 32(1): 28–33. DOI: 10.1134/S1875372811010057
- Lisetskii F.N., Mitryaikina A.M. 2012. Analysis of Dendrochronological and Climat Data to Identify the Frequency of Natural Processes in the Zone of Forest-Steppe. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2-3(26): 115–136 (in Russian).
- Melkiy V.A., Verkhoturov A.A., Bratkov V.V. 2020. Climate Influence on the State of the Northern Part of the Spruce-Fir Subzone of the Dark Coniferous Boreal Forests of Sakhalin Island. *Regional Geosystems*, 44(4): 415–431 (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-415-431
- Ramenskaya M.L., Shubin V.I. 1975. *Prirodnoye rayonirovaniye v svyazi s voprosami lesovosstanovleniya* [Natural Zoning in Connection with Reforestation Issues]. In: *Lesovosstanovleniye v Karelskoy ASSR i Murmanskoy oblasti* [Reforestation in the Karelian ASSR and the Murmansk Region]. Petrozavodsk, Publ. Karelskiy filial AN SSSR, 180–198.

- Sikan A.V. 2007. *Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informatsii* [Methods of Statistical Processing of Hydrometeorological Information]. St. Petersburg, Publ. RSMU, 279 p.
- Sokolova A.A. 2011. Forest Resources of Nerchinsk Mountainous District: Exploring, Estimating and Exploiting in the XIII–XIX Centuries. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 11: 104–111 (in Russian).
- Terekhin E.A. 2020. Spatial Analysis of Tree Vegetation of Abandoned Arable Lands Using Their Spectral Response in Forest-Steppe Zone of Central Chernozem Region. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 17(5): 142–156. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-142-156
- Chendev Yu.G. 1997. *Izmeneniye vo vremeni komponentov geograficheskoy sredy Belgorodskoy oblasti* [The Change in Time of the Components of the Geographical Environment of the Belgorod Region]. Belgorod, Publ. BelSU, 84 p.
- Chendev Yu.G., Petin A.N. 2006. *Estestvennyye izmeneniya i tekhnogennaya transformatsiya komponentov okruzhayushchey sredy staroosvoyennykh regionov (na primere Belgorodskoy oblasti)* [Natural Changes and Technogenic Transformation of Environmental Components of Old-Developed Regions (on the Example of the Belgorod Region)]. Moscow, Publ. Moscow University, 124 p.
- Chernyakova I.A. 1998. *Kareliya na perelome epokh: Ocherki sotsialnoy i agrarnoy istorii XVII v.* [Karelia at the Turning point of Epochs: Essays on the Social and Agrarian History of the XVII century]. Petrozavodsk, Publ. Petrozavodsk State University, 295 p.
- Shinkarenko S.S., Bartalev S.A., Vasilchenko A.A. 2022. Method for Protective Forest Plantations Mapping Based on Multi-Temporal High Spatial Resolution Satellite Images and Bi-Season Forest Index. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth From Space*, 19(4): 207–222 (in Russian). DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-207-222
- Baldo M., Buldrini F., Chiarucci A., Rocchini D., Zannini P., Ayushi K., Ayyappan N. 2023. Remote Sensing Analysis on Primary Productivity and Forest Cover Dynamics: A Western Ghats India Case Study. *Ecological Informatics*, 73: 101922. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2022.101922.
- Bauhus J., Pokorny B., van der Meer P.J., Kanowski P.J., Kanninen M. 2010. Ecosystem Goods and Services – the Key for Sustainable Plantations. In: *Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests*. New York, Earthscan, 205–227.
- Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R., Jonsson M., Gustafsson L., Kjellander P., Ruiz-Jaen M.C., Fröberg M., Stendahl J., Philipson C.D., Mikusiński G., Andersson E., Westerlund B., Andrén H., Moberg F., Moen J., Bengtsson J. 2013. Higher Levels of Multiple Ecosystem Services are Found in Forests with More Tree Species. *Nature Communications*, 4: 1340. DOI: 10.1038/ncomms2328.
- Illarionova S., Shadrin D., Tregubova P., Ignatiev V., Efimov A., Oseledets I., Burnaev E. 2022. A Survey of Computer Visio for Forest Characterization and Carbon Monitoring Tasks. *Remote Sensing*, 14(22): 5861. DOI: 10.3390/rs14225861
- Manakov A.G., Vampilova L.B., Sokolova A.A. 2021. Electronic Ethnocultural and Landscape Atlas of the Pskov Region as an Educational Geoinformational Resource. *InterCarto. InterGIS*, 27(4): 461–473. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-461-473
- Paterson S.S. 1956. *The Forest Area of the World and Its Potential Productivity*. Göteborg, Royal University of Göteborg, 201–211.
- Rahman M.S., Akter S. 2015. Climate to Forest Productivity: Implication of Paterson's CVP Index. *Research Journal of Forestry*, 9(2): 27–34.
- Rao G.N., Rao P.J., Duvvuru R., Beulah K., Rathnala P., Lydia L.E., Balakrishna B., Motru V.R. 2023. Geospatial Study on Forest Fire Disasters – A GIS Approach. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 24(1): 302–311. DOI: 10.12912/27197050/155060
- Scherer-Lorenzen M. 2014. The Functional Role of Biodiversity in the Context of Global Change. In: *Forests and Global Change*. Ed. by D.A. Coomes, D.F.R.P. Burslem, W.D. Simonson. Cambridge, Cambridge University Press, 195–237.
- Vampilova L.B. 2021. Dynamic Trends of 100-Year Anthropogenic Vegetation Cover Under the Influence of the White Sea-Baltic Canal. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia", Orenburg, 7–11 June 2021. Orenburg, Russian Federation, 817: 936–938. DOI 10.1088/1755-1315/817/1/012110
- Vampilova L.B. 2020. Geoecological Analysis of Temporary Changes in the Special Composition of Karelia Forest. In: *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems*. International



Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Albena, 18–24 August 2020. Albena, Sofia, 20(3.1): 679–686. DOI: 10.5593/sgem2020/3.1/s14.087
Vampilova L.B., Manakov A.G. 2013. Experience in Historical-Geographical Zoning of Russia. Regional research of Russia, 3(4): 458–464. DOI: 10.1134/S2079970514010092

*Поступила в редакцию 14.11.2022;
поступила после рецензирования 12.12.2022;
принята к публикации 23.01.2023*

*Received November 14, 2022;
Revised December 12, 2022;
Accepted January 23, 2023*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Вампилова Людмила Борисовна, кандидат географических наук, доцент кафедры водно-технических изысканий, Институт гидрологии и океанологии Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, Россия

Lyudmila B. Vampilova, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Water Engineering Surveys of the Institute of Hydrology and Oceanology of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

Сикан Александр Владимирович, кандидат географических наук, доцент кафедры инженерной гидрологии, Институт гидрологии и океанологии Российского государственного гидрометеорологического университета, Санкт-Петербург, Россия

Aleksandr V. Sikan, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering Hydrology of the Institute of Hydrology and Oceanology of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia