

Научная статья

УДК 630.97

DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2022.2.08

Анализ зарубежного опыта национальных инвентаризаций лесов: методы, выборка, результаты и международная статистика

Наталья Викторовна Малышева¹

кандидат географических наук

Андрей Николаевич Филипчук²

доктор сельскохозяйственных наук

Татьяна Анатольевна Золина³

Полина Сергеевна Кинигопуло⁴

Елизавета Михайловна Шалимова⁵

Светлана Александровна Попик⁶

Галина Владимировна Сильнягина⁷

Аннотация. Выполнен анализ многолетнего опыта ведения национальных инвентаризаций лесов (НИЛ) за рубежом. Рассмотрены принципы построения сети НИЛ, особенности организации выборочных полевых измерений, методы интерпретации первичной информации, получение итоговых оценок и использование результатов для стратегического планирования производства древесного сырья, разработки национальных программ развития лесного хозяйства и организации управления лесами. Зарубежный опыт детально рассмотрен на примере стран с преимущественно бореальными и лесами умеренной зоны: США, Канада, страны ЕС – Скандинавские страны (Норвегия, Швеция, Финляндия) и Чехия. Новые тенденции развития НИЛ связаны с изменением стратегической направленности, дополнением измеряемых и оцениваемых показателей, интеграцией НИЛ и систем мониторинга, гармонизацией терминологии и методов ведения, совершенствованием технологии, адаптацией к требованиям обязательной и добровольной отчетности по лесам в международных процессах.

Ключевые слова: национальная инвентаризация лесов, выборочно-статистический метод учета лесов, статистическая выборка, постоянные пробные площади, стратификация

Для цитирования: Малышева Н.В., Филипчук А.Н., Золина Т.А., Кинигопуло П.С., Шалимова Е.М., Попик С.А., Сильнягина Г.В. Анализ зарубежного опыта национальных инвентаризаций лесов: методы, выборка, результаты и международная статистика // Лесохозяйственная информация. 2022. № 2. С. 90–132. DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2022.2.08

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зам. заведующего отделом (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), nat-malysheva@yandex.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заместитель директора (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), aphilipchuk@yandex.ru

³ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), tzolina@gmail.com

⁴ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), aps5@mail.ru

⁵ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зав. сектором (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), elizshalimova@yandex.ru

⁶ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), sveta-2106@yandex.ru

⁷ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), silnjagina@yandex.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.08

Analysis of Foreign Experience in National Forest Inventories: Methods, Sampling, Results and International Statistics

Nataliya V. Malysheva¹

Candidate of Geographical Sciences

Andrey N. Filipchuk²

Doctor of Agricultural Sciences

Tatiana A. Zolina³

Polina S. Kinigopulo⁴

Elizaveta M. Shalimova⁵

Svetlana A. Popik⁶

Galina V. Sil'nyagina⁷

Abstract. The article conducts analysis of foreign experience in national forest inventories (NFI), in particular: principles, sampling procedures, data collecting on sample plots, methods of interpreting primary information and reporting, using the results for strategic planning of wood production and national forest policy and also for sustainable forest management. Foreign experience is considered in detail on example of countries with predominantly boreal and temperate forests: the USA, Canada, EU-Scandinavian countries (Norway, Sweden and Finland) and the Czech Republic. The new trends in the elaboration of national forest inventories are associated with a change in strategy, complementing the measured and assessed indicators, integration with monitoring system, harmonization of the terminology and methods of maintenance, improvement of the technology, and adaptation to the requirements of mandatory and voluntary forestry reporting in international processes.

Key words: national forest inventory, selected statistical method of forest accounting, statistical sampling, permanent sample plots, stratification

For citation: Malysheva N., Filipchuk A., Zolina T., Kinigopulo P., Shalimova E., Popik S., Sil'nyagina G. Analysis of foreign experiences in national forest inventories: methods, sampling, results, and international statistics // Forestry information. 2022. № 2. P. 90–132. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.08

¹ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Head of Department (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), nat-malysheva@yandex.ru

² Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Director (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), aphilipchuk@yandex.ru

³ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Leading Engineer (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), tzolina@gmail.com

⁴ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Leading Engineer (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), aps5@mail.ru

⁵ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Head of Sector (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), elizshalimova@yandex.ru

⁶ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Leading Engineer (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), sveta-2106@yandex.ru

⁷ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Leading Engineer (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), silnjagina@yandex.ru

Введение

Для понимания современного состояния, мировых тенденций развития того или иного метода, анализа возможных проблем и удачных решений, извлечения полезной информации во избежание возможного повторения ошибок и методических просчетов, а также с целью сопоставления полученных результатов в ходе проведения любых научных исследований и реализации масштабных проектов принято обращаться к опыту других стран.

В России в 2020 г. завершен первый цикл государственной инвентаризации лесов (ГИЛ). Это новый вид лесоучетных работ, выполненный впервые в масштабе страны выборочно-статистическим методом [1]. Однако для России это не абсолютно новый метод учета лесов: его теоретическое обоснование было сделано в XX в., и практическая апробация на уровне регионов дала положительные результаты [2–4]. Возрождение интереса к этому методу учета было вызвано сокращением объема лесоустроительных работ, что создавало риск утраты информации о лесах на подавляющей площади земель лесного фонда с конца 1990-х – начала 2000 гг., и обязательностью ведения государственной инвентаризации лесов на всей территории страны, закрепленной в лесном законодательстве 2006 г. В ходе ускоренной подготовки нормативной базы и обсуждения первых практических результатов ГИЛ развернулась серьезная публичная дискуссия о принципах построения сети постоянных пробных площадей (ППП) и объемах выборочных наблюдений.

По результатам первого цикла ГИЛ было принято решение пересмотреть принципы построения сети ППП и внести изменения в методику работ второго цикла, начавшегося в 2021 г. Это обычная практика доработки методики, принятая во многих странах, имеющих многолетний опыт ведения работ по инвентаризации и завершивших несколько ее циклов. Отдельное направление – сфера использования данных ГИЛ, в котором наша страна не имеет пока достаточно опыта и его еще предстоит поработать. В связи

с этим представляется полезным проанализировать опыт других стран в области проведения национальных инвентаризаций лесов (НИЛ), рассмотреть особенности организации выборочных полевых измерений, методов интерпретации первичной информации, получения итоговых оценок и использования результатов в различных областях знаний и практической деятельности.

Сводный обзор методов инвентаризации лесов в зарубежных странах опубликован в 1995 г. [5] и обновлен в 2008 г. [6]. В последующем в монографии [7] и научных публикациях [3, 4, 8, 9] методические вопросы рассматривались в разных аспектах, в первую очередь для обоснования рекомендаций по совершенствованию организации полевых работ ГИЛ. За рубежом в последнее десятилетие произошло обновление программ национальных инвентаризаций, усовершенствованы методы их проведения, появились и внедрены новые передовые технологии, расширился перечень данных, собираемых о лесах, в ответ на запросы экологически ориентированных пользователей информации и общественные потребности.

В странах ЕС предпринимаются усилия по своду и увязке национальных систем инвентаризации, гармонизации терминологии и методов измерений параметров на пробных площадях (ПП) для получения сравнимых по странам запасов древесины и других показателей, стратегического планирования и подготовки единой отчетности в рамках ЕС [10, 11]. Данные действия направлены на то, чтобы НИЛ отдельных европейских стран объединить в единую сеть ЕС¹. Такая гармонизация терминологии и методов позволит сделать данные национальных инвентаризаций отдельных европейских стран сопоставимыми и агрегировать их для сводной международной отчетности ЕС как стороны-участницы ряда международных процессов [12].

Эти новации и стали побудительной причиной рассмотрения и анализа современных методов ведения и тенденций развития национальных инвентаризаций за рубежом и отражения полученных результатов в международной статистике.

¹ <http://www.enfin.info>

Материалы и методы

Для анализа методов НИЛ и зарубежного опыта применения данных ПП использованы следующие первоисточники: сайты лесных ведомств, отвечающих за проведение НИЛ; сайты исполнителей работ по инвентаризации лесов в сети Интернет; современные англоязычные литературные источники. Для свода количественных показателей по результатам НИЛ предпочтение отдано статистике ФАО, предоставляемой странами для проекта Глобальной оценки лесных ресурсов (ГОЛР) и национальной отчетности по экосистемным сервисам лесов для Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), Конвенции о сохранении биоразнообразия (КБР) и других международных процессов.

При выборе стран для анализа методов ведения и результатов НИЛ приняты во внимание следующие факторы:

- ✓ сходство природно-климатических условий для формирования и произрастания лесов;
- ✓ длительный опыт ведения работ по национальной инвентаризации и оригинальность применяемых выборочных статистических методов.

Руководствуясь этими соображениями, зарубежный опыт детально рассмотрен на примере стран с преимущественно бореальными лесами и лесами умеренной зоны: США, Канада, страны ЕС – Скандинавские страны (Норвегия, Швеция, Финляндия) и Чехия. Особое внимание к методам и результатам национальной инвентаризации лесов Чехии обусловлено сходством технологии наземных измерений российской ГИЛ и чешской НИЛ, но не схемы закладки пробных площадей. Чешские специалисты принимали участие в разработке программного обеспечения и инструментальном оснащении работ по ГИЛ первого цикла. По признанию европейских экспертов, на сегодня НИЛ Чехии является одной из лучших на континенте [13].

Анализ использования данных НИЛ проведен по следующим позициям:

- ✓ площадь земель страны и площадь лесов (национальные данные и данные Глобальной оценки лесных ресурсов ФАО), запас древесины, лесистость, управление лесами, собственность на леса;
- ✓ цели проведения НИЛ;
- ✓ пользователи НИЛ;
- ✓ краткая характеристика НИЛ (историческая справка, повторность измерений, количество реализованных циклов НИЛ);
- ✓ методика и технология работ по НИЛ (стратификация; методика выборки; краткое описание схемы закладки ПП; использование данных дистанционного зондирования Земли и пр.; количество пробных площадей; количество учитываемых показателей на ПП; погрешность определения запаса древесины).

Результаты анализа методов ведения и итоги национальных инвентаризаций

США

В США национальная инвентаризация лесов называется «Программа инвентаризации и анализа лесов»² (Forest Inventory and Analysis – FIA). Согласно данным Программы (FIA), в 2019 г. общая площадь земель США составила 914,7 млн га³, из которых леса (лесопокрытые земли) и естественные редины занимают 332,8 млн га. Площадь лесопокрытых земель – 309,8 млн га, в том числе эксплуатационные леса, включая плантации, – 210,8 млн га (68 %), защитные/охранные – 29,9 млн га (порядка 10 %), прочие леса – 69,0 млн га (22 %). Площадь естественных редин – 23 млн га.

По состоянию на 2019 г., в структуре лесовладения преобладают частные леса – 60 %, а 40 % лесов находится в общественной

² https://www.fia.fs.fed.us/about/about_us/

³ <http://www.fao.org/3/cb0086en/cb0086en.pdf>

собственности [14]. Бореальные леса занимают 15 % площади, леса умеренного пояса – 58 %, субтропические – 26 %, тропические – порядка 1 %⁴. Лесистость, т.е. отношение доли лесных земель к общей площади земель (один из индикаторов Целей в области устойчивого развития (ЦУР) ООН⁵ – Forest area as proportion of total land area), с 2000 по 2020 г. возросла с 33,18 до 33,87 %. Этот показатель достаточно стабилен с 2017 г.⁶

Управление лесами осуществляет Лесная служба, находящаяся в ведении Министерства сельского хозяйства США.

Цели проведения НИЛ

Цель FIA (дословно – ее миссия) определена Законом о планировании возобновляемых лесных ресурсов и пастбищных угодий (RPA – Forest and Rangeland Renewable Resources Planning Act, 1974 г. (16 U.S.C. §1601) – «осуществлять и поддерживать на современном уровне всеобъемлющий учет и анализ нынешних и перспективных условий и потребностей в отношении возобновляемых ресурсов лесов и пастбищных угодий Соединенных Штатов», включая оценку состояния и тенденций развития лесных экосистем и использования лесов на основе актуальной, последовательной во времени и достоверной информации.

Пользователи НИЛ

Информацию НИЛ лесопромышленники и природоохранные организации используют для планирования практической деятельности; широкий круг частных консультантов – для подготовки бизнес-планов; государственные структуры и академические научные работники – для проведения исследований и составления обзоров; Конгресс США, законодатели и работники лесного хозяйства – в качестве основы для разработки лесной политики. Управляющие землями на всех уровнях обращаются к данным НИЛ для анализа лесных ресурсов и стратегического долгосрочного лесного планирования. Данные используют и для подготовки отчетов по международным соглашениям.

Краткая характеристика НИЛ

Программа инвентаризации и анализа лесов внедрена в 48 континентальных штатах, в прибрежных частях Аляски и в семи из 9 карибских и тихоокеанских групп островов. Руководство Программой осуществляет Организация по исследованиям и развитию (Research and Development Organization), входящая в структуру Лесной службы Министерства сельского хозяйства США. Партнерами Лесной службы при выполнении работ по инвентаризации выступают государственные структуры и агентства, управляющие другими природными ресурсами, в сотрудничестве с национальной лесной системой регионов.

По всей стране работу Программы НИЛ координируют 4 региональных подразделения Лесной службы: отделение региона Скалистых гор, Северного региона, Тихоокеанского северо-западного региона, включающего штаты Аляска и Гавайи, и Южного региона. Каждое отделение руководит и отвечает за выполнение программы инвентаризации в нескольких штатах в границах региона. Каждый регион имеет свой набор клиентов и партнеров, которые сотрудничают в реализации программы. На финансирование программы инвентаризации ежегодно из федерального бюджета выделяют 734 млрд долл. США, и этот объем финансирования остается стабильным с 2007 г. Примечательно, что 20 % бюджета Программы выделяют для анализа и обобщения информации.

Историческая справка. Программа инвентаризации и анализа лесов (FIA) действует с 1930 г. – уже более 90 лет – и стартовала после принятия Закона об исследовании лесов (McSweeney – McNary Forest Research Act) 1928 г., предписывавшего организовать инвентаризацию национальных лесов.

Первоначально программа была известна под названием «Лесная съемка» (лесное обследование). Конгресс США проанализировал данные о лесных ресурсах, признал необходимость получения информации о наличии и состоянии

⁴ <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/en/>

⁵ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/biodiversity/>

⁶ <http://www.fao.org/3/cb0086en/cb0086en.pdf>

природных ресурсов страны и вынес решение начать такие работы в 1930 г.

Закон о планировании возобновляемых ресурсов лесов и пастбищных угодий (RPA, 1974 г.) установил требование к периодической отчетности с анализом данных, расширил охват учета всех возобновляемых ресурсов США, в том числе лесов, пастбищных угодий, местообитаний диких животных и рыбы, биоразнообразия, водных ресурсов, рекреационных ресурсов, городских лесов, и отметил необходимость учета влияния на эти ресурсы изменения климата.

Основные элементы концепции НИЛ (FIA) определены утвержденной Конгрессом США базовой федеральной программой 1999 г. В соответствии с современным законодательством НИЛ усовершенствована, предусмотрены: (1) переход от периодической инвентаризации к ежегодной для каждого штата; (2) 5-летний сводный доклад по каждому штату; (3) изменение национальных стандартов и отчетности; (4) положения, обеспечивающие защиту прав частной собственности; (5) использование данных дистанционного зондирования Земли, глобальных систем позиционирования и других передовых технологий [15].

Методика НИЛ и технология работ

В США инвентаризация проводится на всех лесных землях независимо от формы собственности, включая территории заповедников и национальных парков, объектов обороны.

Базовая федеральная Программа содержит следующие элементы:

1. Трехуровневая программа, которая включает стратификацию земель по данным дистанционного зондирования Земли (уровень 1), выборку наземных участков (ППП), на которых проводят измерения основных таксационных показателей (уровень 2), и подвыборку участков 2-го уровня для расширенного набора экосистемных параметров (уровень 3).

2. Ежегодный сбор данных на 10 % всех наземных ППП 2-го уровня в западной части США, 15 % всех наземных ППП 2-го уровня в восточной

части страны и на 1/16 части участков для 3-го уровня. Представление данных осуществляется в онлайн-режиме в течение 6 месяцев после завершения работ. Таким образом, ревизионный период НИЛ по штатам в зависимости от территориальной принадлежности составляет 7–10–12 лет [14].

3. Подготовка всеобъемлющих аналитических докладов с периодичностью 5 лет по каждому штату. Специальные проекты и периодичность подготовки установлены для внутренних районов Аляски, групп островов Карибского бассейна и Тихого океана.

Ключевые показатели о лесах для стратегического планирования размещают на веб-сайте и ежегодно обновляют для подготовки 5-летних аналитических отчетов [16]. В 1987 г. была создана первая база данных НИЛ, а с 1992 г. база данных с итогами инвентаризации доступна онлайн [14].

Все ПП НИЛ постоянные. Периодичность проведения измерений на ППП: для 2-го уровня – ежегодно, для 3-го уровня – с цикличностью 5 лет. Подразделения, осуществляющие НИЛ (FIA), повышают эффективность своей программы, синхронизируя планы измерений 2- и 3-го уровней на ППП НИЛ и сети мониторинга санитарно-лесопатологического состояния лесов.

Наземные измерения выполняют на ППП, систематически размещенных по площади лесных земель. Данные о принадлежности земель к различным видам собственности получают посредством специальных периодических исследований. Данные об учете диких животных и характеристике среды их обитания, о рекреационном использовании, недревесной продукции и торговле лесопродукцией – вклад научных подразделений в национальную отчетность по лесам. С 1953 г. на основе данных инвентаризации было подготовлено 10 общенациональных отчетов⁷.

В 1999 г. характеристики состояния лесов, которые с 1990 г. определяли в рамках программы Мониторинга здоровья лесов (ФНМ), включены в показатели НИЛ, и пробные площади, на которых проводили эти измерения, стали подвыборкой 3-го уровня инвентаризации (одна пробная

⁷ <http://www.fia.fs.fed.us>

площадь программы Мониторинга здоровья леса на каждые 16 стандартных ППП НИЛ) [15]. На каждой такой пробной площади измеряют как таксационные показатели (высоту и диаметр деревьев на высоте 1,3 м, состав пород и др.), так и показатели лесопатологического и санитарного состояния лесов [17, 18], а именно:

- ✓ состояние крон деревьев, в том числе суховершинность;
- ✓ показатель повреждения лесов озоном;
- ✓ показатели степени повреждения вредителями и болезнями леса на основе поделенного перечета;
- ✓ сообщества лишайников как индикаторов загрязнения воздуха и климатических изменений;
- ✓ древесный отпад и опад: древесный детрит (валежная древесина, хворост) и лесная подстилка;
- ✓ показатели биоразнообразия: виды древесных пород основного яруса и подлеска, виды живого напочвенного покрова;

- ✓ показатели почвенных условий: степень развития эрозии и физико-химические характеристики почв⁸. На пробной площади проводят описание почв и сбор образцов. Образцы почв отбирают в слое гумуса и нижележащих минеральных слоях почвы с двух горизонтов глубиной около 20 см для анализа в лабораторных условиях. В лабораториях анализируют плотность слоев почв, химические и физические свойства собранных образцов [17, 18].

Совершенствование технологии НИЛ направлено на повышение использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) – высокоточной космической и лидарной съемки – на тех территориях, где не ведется коммерческая заготовка древесины, в их числе западные штаты, внутренняя Аляска и другие, в которых преобладают естественные редины.

Методика проведения полевых работ подробно изложена в наставлениях, которые обновляют и дорабатывают. С 1999 г., после существенного изменения концепции НИЛ, подготовлено и доработано после опытных проверок и рабочих совещаний 18 версий методического руководства. Последний обновленный вариант руководства по ведению полевых работ опубликован в 2019 г. [19].

Схема закладки ППП и размеры. По законодательному акту ежегодно требуется проводить измерения на 20 % участков. Однако федеральная программа (FIA), которая реализуется во всех штатах, предусматривает несколько меньшую долю закладки ППП: на 15 % участках в год – в восточной части США и 10 % в год – в западной.

Размещение ППП проводится в границах ячеек гексагональной формы площадью около 2 400 га. Гексагоны (шестигранники) объединены в группы. Каждую такую группу обследуют на территории штата в течение одного года, а следующую группу – по завершении измерений в предшествующей (рис. 1). Гексагональная сеть

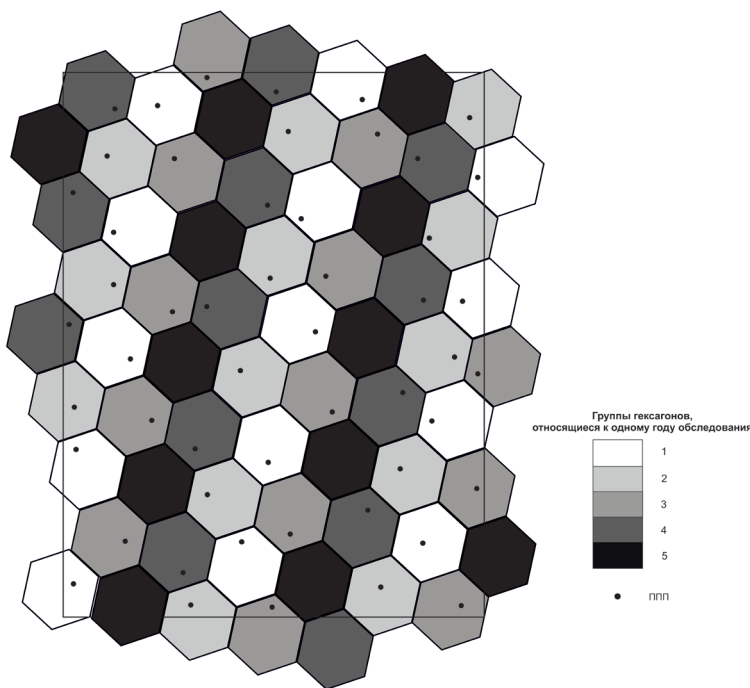


Рис. 1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ВЫБОРКА СО СЛУЧАЙНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ППП В ГРАНИЦАХ РЕГУЛЯРНОЙ ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ СЕТИ НИЛ США по [20]

⁸ <http://www.fia.fs.fed.us>

покрывает все 48 континентальных штатов. ППП располагают как на лесных, так и на нелесных землях, т.е. вне зависимости от принадлежности к категории земель и вне зависимости от формы собственности на участок. На землях, находящихся в частной собственности, получают разрешение на проведение обследований от владельца участка [20].

На 1-м уровне проводят стратификацию территории по материалам аэросъемки. Для этого используют более 4,5 млн фотопроб, которые дешифрируют с делением земель на 2 категории – лесные и нелесные. Фотопроба репрезентативна для площади 97,12 га [15]. Наземные измерения проводят на ППП 2- и 3-го уровней. Постоянные пробные площади 2-го уровня закладывают в ячейках регулярной сети размером 5×5 км, их общее число – 125 тыс. шт.; постоянные пробные площади 3-го уровня (для оценки экологических и лесопатологических показателей) – в ячейках регулярной сети 22×22 км, их общее число – 8 тыс. шт. Пробные площади 3-го уровня, как отмечалось, закладывают в комплексе с ППП 2-го уровня. В зависимости от уровня обследований размеры ППП варьируют (табл. 1).

Таблица 1. Размеры ППП НИЛ США в зависимости от уровня учета

Уровень ППП	Радиус, м	Площадь, м ²
1 уровень (фотопробы)	17,95	1 011,7
2 уровень	7,32	161,87
3 уровень	2,07	12,14

Схема закладки совмещенных пробных площадей 2-го и 3-го уровней, их размеры и измеряемые параметры представлены на рис. 2.

Количество учитываемых показателей. В ходе полевых работ на ППП измеряют более 100 показателей и более 1,5 млн модельных деревьев [20].

Фактическая точность определения запаса древесины. Объем выборки ППП рассчитан

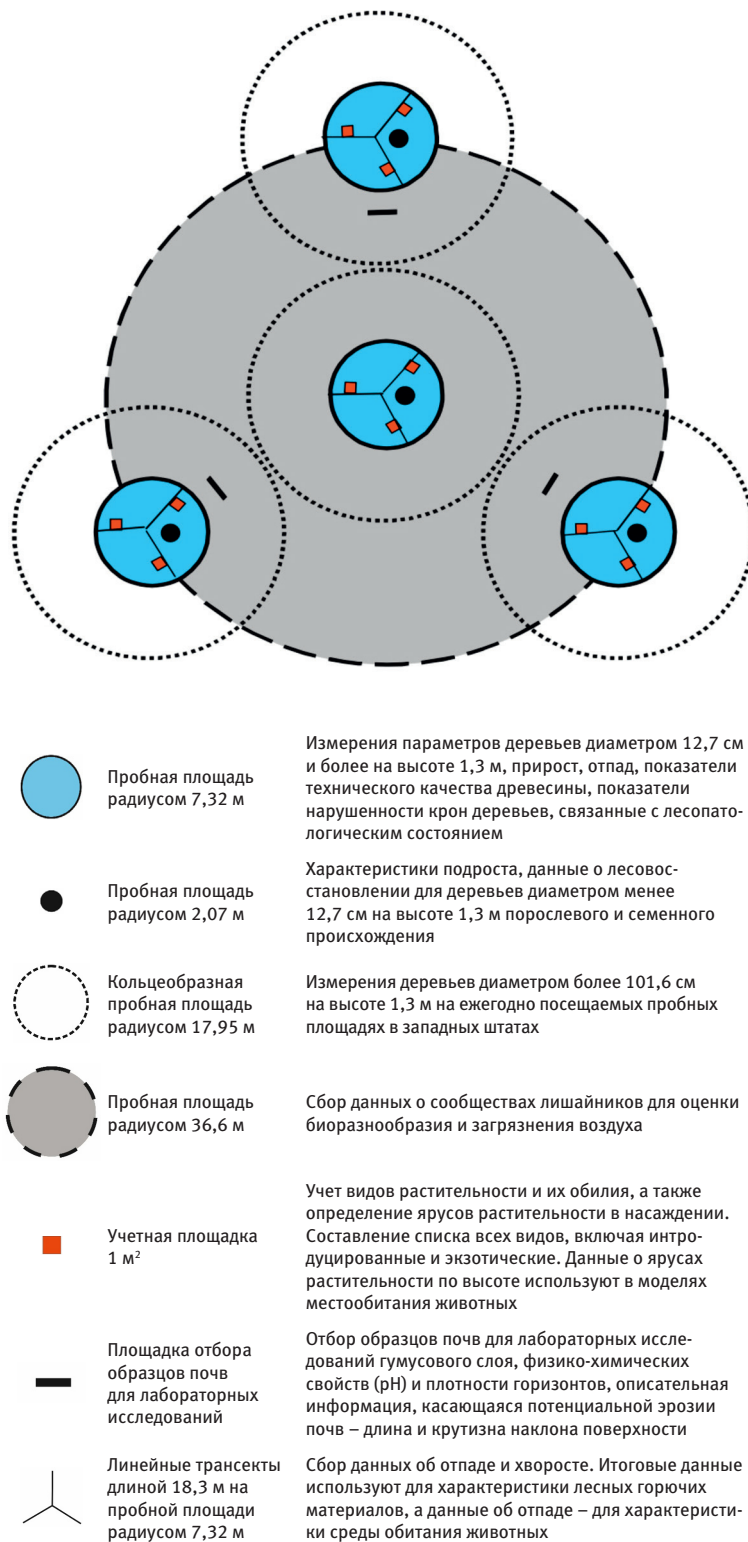


Рис. 2. Схема закладки совмещенных пробных площадей 2-го (таксационные характеристики древостоя) и 3-го уровней (показатели лесопатологического состояния и оценки экосистемных функций лесов, отбора почвенных проб, оценки лишайников, оценки показателя повреждения лесов озоном)⁹

⁹ <http://www.fia.fs.fed.us>

таким образом, чтобы соответствовать статистическим рекомендациям по точности в пределах одного стандартного отклонения при 67 %-м уровне значимости для каждого штата. Отдельные штаты могут увеличивать плотность закладки ППП и точность измерений, проводя обследования на дополнительных пробных площадях за собственные средства [14]. Рекомендуемая точность оценки запаса древесины для восточных штатов страны составляет $\pm 0,5$ %, для западных – ± 1 %, точность оценки площадей – $\pm 0,3$ % [20].

Канада

Общая площадь земель Канады без акваторий, по состоянию на 2019 г., составляет 909,4 млн га, из них покрытая лесом – 347,6 млн га. Не покрытые лесом земли и естественные редины занимают 40,9 млн га и прочие земли – 8,5 млн га¹⁰. Всего к лесным землям относится 396,9 млн га. Лесистость – 38,2 %. В структуре лесовладения преобладают леса, находящиеся в общественной собственности (96 %), и только 4 % – в частном владении.

Общий запас древесины на лесных землях по текущим оценкам НИЛ составляет 49,9 млрд м³¹¹, Запас древесины на лесопокрытых землях – 45,1 млрд м³¹². Запас древесной биомассы достигает 29 867,8 млн т¹³, из них на не покрытых лесом землях и естественных редины – 128,7 млн т.

Управление лесами осуществляет Канадская лесная служба, которая является одним из департаментов Министерства природных ресурсов Канады. Канада – федеративное государство, в составе которого 10 провинций, обладающих весьма широкими полномочиями по распоряжению своими природными ресурсами, и 3 территории. Правительства провинций и территорий, согласно Конституции Канады, осуществляют

владение, контроль и управление лесами. Каждая провинция имеет свое лесное законодательство, нормативные акты, регулирующие лесохозяйственную деятельность, и разнообразные руководства, стандарты и инструкции [21].

Цели проведения НИЛ

Основная цель НИЛ – своевременная и достоверная оценка, а также мониторинг состояния и динамики лесов Канады. Сбор данных осуществляется по единым стандартам, что позволяет составлять последовательные по времени отчеты в масштабе всей страны о площадях земель Канады, состоянии лесных ресурсов и их временной динамике. Министр природных ресурсов ежегодно представляет парламенту страны доклад «Состояние лесов Канады» [22], включающий в том числе и характеристики лесов, полученные по данным НИЛ.

Наряду с определением традиционных таксационных показателей, НИЛ служит основой для сбора данных, характеризующих показатели устойчивого развития, состояния лесов, биоразнообразия и продуктивности лесных экосистем [23].

Пользователи НИЛ

Данные НИЛ используют для обоснования внутренней лесной политики, поддержки научных инициатив, формирования национальной отчетности и выполнения международных обязательств.

Краткая характеристика НИЛ

Полномасштабная национальная инвентаризация лесов (NFI – National Forest Inventory) выборочным статистическим методом на пробных площадях выполняется в Канаде с 2008 г. Общие требования к проведению НИЛ и единые стандарты для полевых измерений параметров на ППП приведены в руководстве по инвентаризации [24]¹⁴. Особенности государственной инвентаризации лесов Канады во многом определяют конституционное устройство страны и организация управления природными ресурсами.

¹⁰ <http://www.fao.org/3/ca9983en/ca9983en.pdf>

¹¹ [fi.nfis.org/resources/general/summaries/t1/en/CA/html/CA_T15_FORAGE20_VOL_en.html](https://nfi.nfis.org/resources/general/summaries/t1/en/CA/html/CA_T15_FORAGE20_VOL_en.html)

¹² <http://www.fao.org/3/ca9983en/ca9983en.pdf>

¹³ https://nfi.nfis.org/resources/general/summaries/t1/en/CA/html/CA_T17_FORAGE20_BIOM_en.html

¹⁴ <https://nfi.nfis.org>

Каждая провинция или территория отвечает за обеспечение качества проведения работ и полевой контроль данных ППП НИЛ.

Историческая справка. В 1981 г. для свода данных, полученных от органов управления лесами Канады разных уровней, была разработана информационная система, известная как Канадская лесная инвентаризация (CanFI). В ней были собраны и сведены в единые отчетные формы имеющиеся данные кадастров лесных земель провинций и территорий Канады. Затем эти данные были агрегированы для хранения, анализа и формирования сводной отчетности по лесам страны. Такая отчетность с набором данных (аналог государственного учета лесного фонда России) формировалась с 1981 по 1991 г. каждые 5 лет, а затем через 10 лет – в 2001 г., т.е. всего 4 раза. Трудности свода воедино разнообразных данных, предоставляемых органами управления лесами провинций и территорий, были обусловлены различиями методик сбора данных, используемых стандартов, периодичности, полноты набора данных и др. [25].

В 1996 г. в журнале «Лесохозяйственная летопись» (Forestry Chronicle) была опубликована статья о необходимости разработки новой национальной инвентаризации лесов со статистически обоснованным подходом к выборке, последовательной методологией и сетью пробных площадей как основы для постоянных повторных измерений и мониторинга. Организационные работы, концептуальные построения, расчеты размера выборки, проектирование и формирование сети пробных площадей проводили с 2000 по 2006 г. Работы первого 10-летнего цикла НИЛ выполняли с 2008 по 2017 г. Сейчас осуществляется второй цикл НИЛ, начало которому положено в 2018 г., его завершение запланировано на 2027 г.

Методика НИЛ и технология работ

Стратификацию проводят по экологическим зонам Канады с различной плотностью закладки ППП таким образом, чтобы каждая зона имела достаточный объем выборки для статистической

надежности измеряемых параметров. К неарктической зоне относят 12 экологических зон (экозон)¹⁵, в которых и проводят НИЛ. Часть экозоны в границах провинции или территории Канады служит первичной единицей стратификации для расчета количества наземных ППП.

Площади лесных земель и некоторые другие атрибуты оценивают по фотопробам, отобраным по материалам дистанционного зондирования Земли – аэроснимкам масштаба 1 : 10 000–1 : 20 000 и сверхдетальным космическим снимкам. Фотопробы – основной источник информации, а наземные измерения на ППП дополняют измерения на фотопробах. Оценка запасов древесины и других таксационных и экологических параметров осуществляется на наземных ППП.

Схема закладки ППП и размеры. Данные НИЛ собирают через регулярные промежутки времени по фотопробам размером 2×2 км каждая, которые проектируют в узлах основной стандартной сети 20×20 км. Более разреженная сеть пробных площадей 40×40 км спроектирована для северных регионов, занятых преимущественно естественными рединами, для которых показатели получают посредством дешифрирования фотопроб с таким же размером – 2×2 км каждая (рис. 3). Для стандартизации процесса дешифрирования фотопроб разработано специальное наставление, которое последовательно обновляют¹⁶.

Для 1-го цикла НИЛ на лесных землях, исключая естественные редины на севере, было запроектировано в общей сложности 18 850 фотопроб в сети 20×20 км [25]. Согласно последним публикациям их количество во 2-м цикле НИЛ – 18 570 в границах 12 экозон [26].

Количество пробных площадей для полевых наземных измерений таксационных параметров составляет 8–10 % количества фотопроб с таким расчетом, чтобы на экозону приходилось не менее 50 ППП на лесных землях [25]. В естественных редирах северных регионов Канады и Арктической зоне полевые наземные измерения

¹⁵ <https://nfi.nfis.org/en/maps>

¹⁶ Photo Plot Data Dictionary for Second Remeasurement Version 6.0 September 5, 2017.

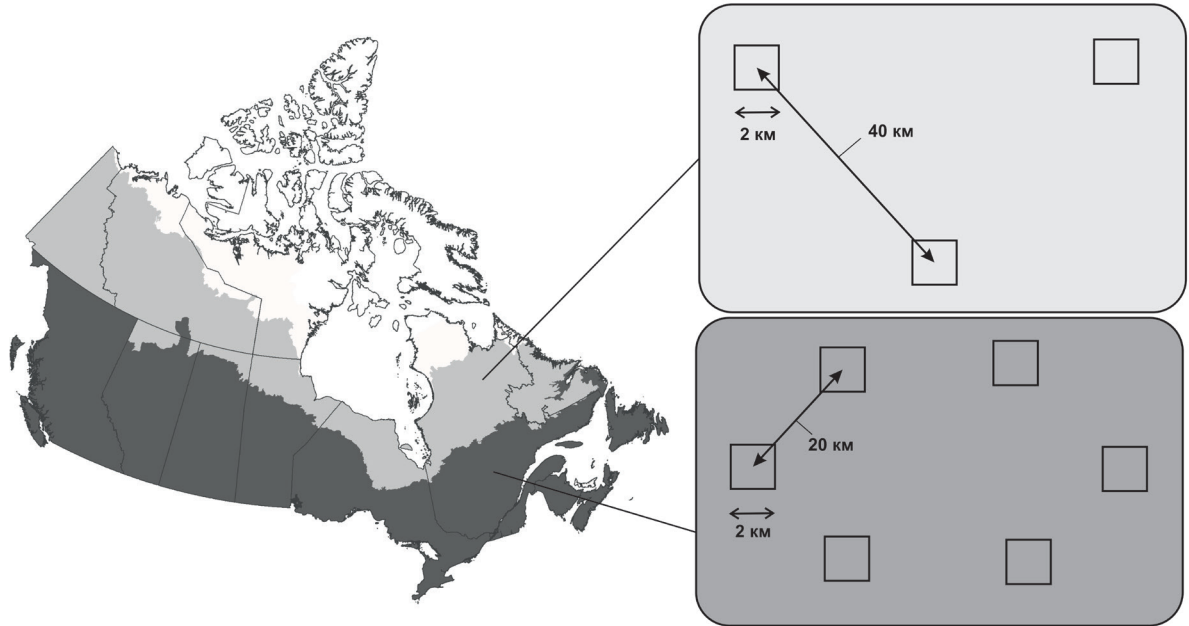


Рис. 3. СХЕМА ЗАКЛАДКИ ФОТОПРОБ НИЛ Канады¹⁷

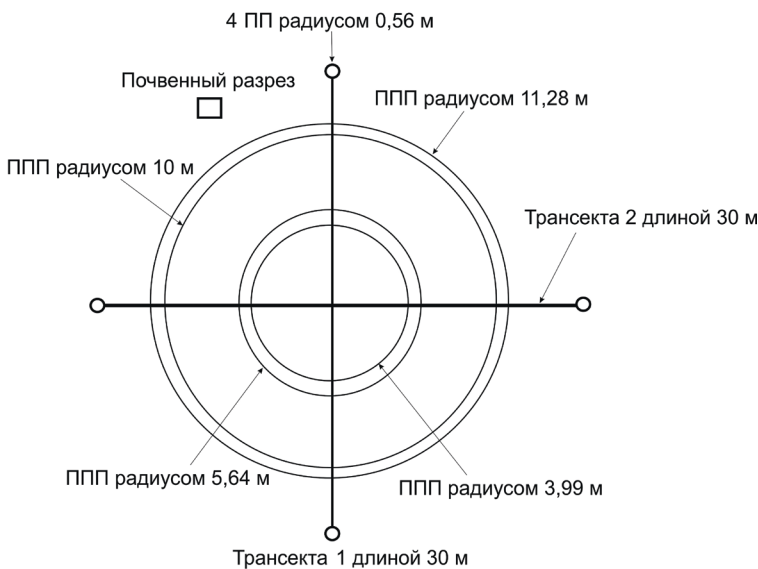


Рис. 4. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ И РАЗМЕРЫ ППП НИЛ Канады¹⁷

не проводят, ограничиваясь дешифрированием фотопроб.

Все наземные пробные площади постоянные, их закладывают, как правило, в центре фотопробы. Они расположены в узлах регулярной сети и имеют географическую привязку. Первоначально было запланировано порядка 1 150 наземных

ППП на лесных землях страны. В последних публикациях сообщается о 1 114 ППП в границах лесных земель [26]. Размеры ППП и основные измеряемые показатели приведены на рис. 4 и в табл. 2.

Наземные ППП имеют переменный радиус. На ППП радиусом 11,28 м проводят таксационные измерения деревьев основного яруса. На подвыборке ППП радиусом 10 м определяют проективное покрытие кронами деревьев и высоких кустарников с их дифференциацией по видам. На подвыборке ППП радиусом 5,64 м оценивают покрытие и видовой состав кустарников высотой менее 2 м, численность видов травянистой растительности, мхов, лишайников и пр. В границах основной ППП на подвыборке ППП радиусом 3,99 м измеряют подрост, подлесок и пни (см. табл. 2).

На двух взаимно перпендикулярных трансектах длиной 30 м, проходящих через центр ППП с севера на юг и с запада на восток, через каждые 5 м проводят измерения отпада и напочвенного древесного детрита. На концах трансекты располагают по одной пробной площади радиусом 0,56 м (всего 4 на ППП) для

¹⁷ <https://nfi.nfis.org>

Таблица 2. Основные параметры ППП НИЛ Канады и измеряемые на них показатели

ПАРАМЕТРЫ ППП		ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
Радиус, м	Площадь, м ²	
11,28	399,5	Таксационные показатели крупных деревьев высотой 10 м и более, диаметром на высоте 1,3 м \geq 9,0 см
10,00	314	Данные по условиям местопроизрастания. Проектное покрытие деревьями и кустарниками высотой от 2 до 10 м по видам
5,64	\approx 100	Экологические параметры. Описание растительности и определение проективного покрытия видами кустарников высотой менее 2 м, травянистыми растениями, мхами, лишайниками, печеночниками и роголистниками
3,99	49,99 \approx 50	Параметры подроста, подлеска, пней

сбора травянистых растений высотой менее 1,3 м после укосов, образцов опада (лесной подстилки) и гумусового слоя почвы. Вне ППП закладывают почвенный разрез (см. рис. 4). Отбор образцов почв осуществляют в слоях 0–15 см, 15–35, 35–55 и 55–75 см. Для органо-генных и органо-генно-глеевых почв измеряют содержание органического вещества в слое более 40 см¹⁸.

На каждой ППП выполняют фотофиксацию: всего делают 8 цифровых снимков, включая снимки наземного покрова, 4 фото по трансектам, фото почвенного профиля и панораму верхнего полога. Они предназначены для потенциальных пользователей информации, которые при желании могут проводить более детальные описания, и для сравнения данных во время повторных измерений на ППП.

Для крупных деревьев диаметром \geq 9,0 см на высоте 1,3 м рассчитывают [23]:

- ✓ общий средний запас древесины (м³/га), включающий объем стволов без коры, комлей, ветвей, вершин всех стоящих живых деревьев, сухостоя и опада без признаков разложения;
- ✓ общую среднюю надземную фитомассу деревьев (кг/га) и отдельно по фракциям (ствол, ветви, корни);
- ✓ класс бонитета по преобладающим деревьям главных пород;
- ✓ средний возраст и высоту деревьев;

- ✓ средневзвешенную высоту по отношению к площади поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м;
- ✓ годичный прирост по диаметру (по ширине годичных колец);
- ✓ площадь поперечного сечения и плотность стволов живых, сухостойных деревьев и опада без признаков разложения;
- ✓ индексы биоразнообразия.

Собранная на ППП информация доступна пользователям через веб-сервис по запросам, данные о точном местоположении ППП – закрытая информация.

Для отчетности в рамках процесса по критериям и индикаторам устойчивого управления лесами измеренные на ППП НИЛ параметры обобщают по следующим 25 ключевым показателям, характеризующим лесные земли [25]:

1. Общая площадь лесов.
2. Площадь лесов с распределением по типам леса.
3. Площадь лесов с распределением по типам леса и классам возраста.
4. Площадь лесов с распределением по типам леса и охранному статусу.
5. Площадь не покрытых лесом земель с распределением по типам и защитному статусу.
6. Площадь лесов с распределением по классам возраста и защитному статусу.

¹⁸ NFI Brochure <https://nfi.nfis.org/en>

7. Площадь и доля лесных земель, выполняющих защитные функции (водоохранные, водорегулирующие, противоэрозионные и др.).

8. Площади лесовосстановления и лесоразведения с подразделением по типам.

9. Площадь поверхностных вод в лесах.

10. Площадь лесов, не нарушенных человеком, – девственных.

11. Площадь не покрытых лесом земель, не нарушенных человеком, – девственных.

12. Количество исключительно лесных видов.

13. Количество местных и экзотических видов.

14. Происхождение посадочного материала (местное/не местное) на площадях лесовосстановления.

15. Площадь лесов эксплуатационного назначения.

16. Площадь лесных земель, преобразованных в земли иных категорий.

17. Площадь нарушенных лесов.

18. Площадь и степень повреждения насекомыми-вредителями леса.

19. Площадь и степень распространения болезней леса.

20. Площадь и степень повреждения лесными пожарами.

21. Площадь и доля лесных земель, подверженных значительной эрозии почв.

22. Общий запас древесины всех пород на землях эксплуатационного назначения.

23. Общая биомасса по типам леса, возрасту и стадии сукцессии.

24. Площадь/запас всех плантаций местных/экзотических пород.

25. Прирост запаса древесины текущий и по общей продуктивности.

Национальную отчетность обновляют ежегодно, но в виде обзора публикуют с периодичностью один раз в 5 лет. Сводные показатели используют для подготовки добровольной и обязательной отчетности в международных процессах и соглашениях.

Из-за недостаточного объема наземных измерений на ППП сведения о фактической точности определения запаса древесины и других таксационных показателей не приводят, поскольку совокупность данных неадекватна для статистического оценивания генеральной совокупности национального уровня¹⁹.

Норвегия

Общая площадь земель Норвегии составляет 38,52 млн га. По данным последней НИЛ, леса занимают 12,18 млн га [27], из них естественного происхождения – 12,07 млн га. Лесистость территории – 31,5 %.

Общий запас древесины на лесных землях составляет 1 233,0 млн м³. За последние 30 лет, с 1990 г., он увеличился на 56,5 % [27].

По состоянию на 2019 г., в структуре лесовладения преобладают леса, принадлежащие частным лицам, семьям, общинам, – порядка 80 %, а 12 % лесов находится в общественной собственности, на 8 % территории права владения не определены. Около половины лесных участков, находящихся в частном владении, имеют площадь 50 га и более [28].

Лесное хозяйство в Норвегии координируется на 3 уровнях: Министерство сельского хозяйства и продовольствия осуществляет руководство на национальном уровне²⁰; главы региональных администраций – на уровне округов; локальные органы управления – на уровне муниципалитетов или коммун.

Цели проведения НИЛ

Цель национальной инвентаризации лесов Норвегии – получить информацию о состоянии и динамике лесных ресурсов страны, основанную на обследовании ППП. Одна из основных задач НИЛ – оценка древесных ресурсов: запаса древесины, ежегодного прироста, площади лесов, их распределения по возрастному и породному составу, по категориям земель, а также экосистемных показателей. Данные о лесных ресурсах

¹⁹ <https://nfi.nfis.org/resources/general/NFI-Business-Process-Version-8.0.pdf>

²⁰ <https://www.regjeringen.no/en/dep/lmd/id627/>

и состоянии лесов, основанные на длительных временных рядах, способствуют достижению цели лесной политики страны: устойчивое управление ресурсами, при котором заготовка древесины не превышает темпы восстановления лесов, учет других важных функций лесов, таких как среда обитания диких животных, предоставление экосистемных услуг по депонированию атмосферного углерода и других нематериальных ценностей, прямо или косвенно поддерживающих уровень благосостояния людей²¹.

Пользователи НИЛ

Основные пользователи НИЛ – государственные структуры управления национального уровня и уровня округов, а также муниципалитеты, лесовладельцы, лесная промышленность, научные организации и др. Результаты инвентаризации служат основой для формирования национальной лесной политики и выполнения Норвегией обязательств по международной отчетности в рамках РКИК ООН, КБР и других международных процессов, в том числе региональных европейских [29]. Данные НИЛ применяют при разработке планов ведения лесного хозяйства и планировании использования земель муниципалитетами. Расширение перечня показателей НИЛ, учет и оценка мест обитания биологических видов позволяют осуществлять отбор альтернативных вариантов при строительстве зданий и объектов инфраструктуры, а лесопользователям – планировать освоение лесов, сохраняя биоразнообразие и предотвращая утрату мест обитания. Кластеры местообитаний охраняемых биологических видов, выявленные в ходе НИЛ, используют для обоснования создания лесных резерватов [30].

Инвентаризация является важной основой устойчивого управления лесами и сертификации древесины в лесном секторе Норвегии²². Лесной бизнес использует данные НИЛ для стратегического планирования развития лесной

и целлюлозно-бумажной промышленности. Эти данные также востребованы научно-исследовательскими и образовательными учреждениями и специалистами в области сельского, лесного хозяйства и охраны окружающей среды.

Краткая характеристика НИЛ

НИЛ Норвегии проводится на всех лесных землях, независимо от формы собственности. В основе НИЛ – стратифицированная систематическая выборка с различной плотностью закладки ППП, которые располагаются группами (кластерами). Количество ППП и расстояние между ними в пределах кластера варьирует в различных административных округах и странах. При каждом новом цикле НИЛ плотность размещения кластеров и количество ППП могут быть изменены. Так, например, в ходе цикла 2010–2014 гг. общее количество ППП составляло 12 662 [11], а количество ППП в последнем цикле НИЛ (с 2014 по 2018 г.) – 11 726 [29].

Современные тенденции развития НИЛ направлены на дополнение традиционных показателей лесной статистики параметрами, необходимыми для оценки биоразнообразия. С 2016 г. выполняют инвентаризацию местообитаний – сбор данных на уровне насаждений для оценки видов флоры и фауны, влажности и богатства почв²³.

Инвентаризацию проводит Норвежский институт леса и ландшафта (Norwegian Forest and Landscape Institute)²⁴, который находится в подчинении Министерства сельского хозяйства и продовольствия. Планы ведения лесного хозяйства разрабатывают негосударственные структуры. Международной отчетностью занимается Норвежский институт биоэкономических исследований (The Norwegian Institute of Bioeconomy Research)²⁵.

Историческая справка. Первая НИЛ Норвегии была проведена на уровне округа в 1919 г. С этого времени система и методы ведения национальной инвентаризации лесов претерпели

²¹ <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/nou-2013-10/id734440/>

²² https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/lmd/vedlegg/brosjyrer_veiledere_rapporter/the_norwegian_forest_habitat_inventory_engelsk.pdf

²³ <https://www.ssb.no/en/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/landsskogtakseringen>

²⁴ <https://nibio.no/en/subjects/forest/national-forest-inventory>

²⁵ <https://nibio.no/en>

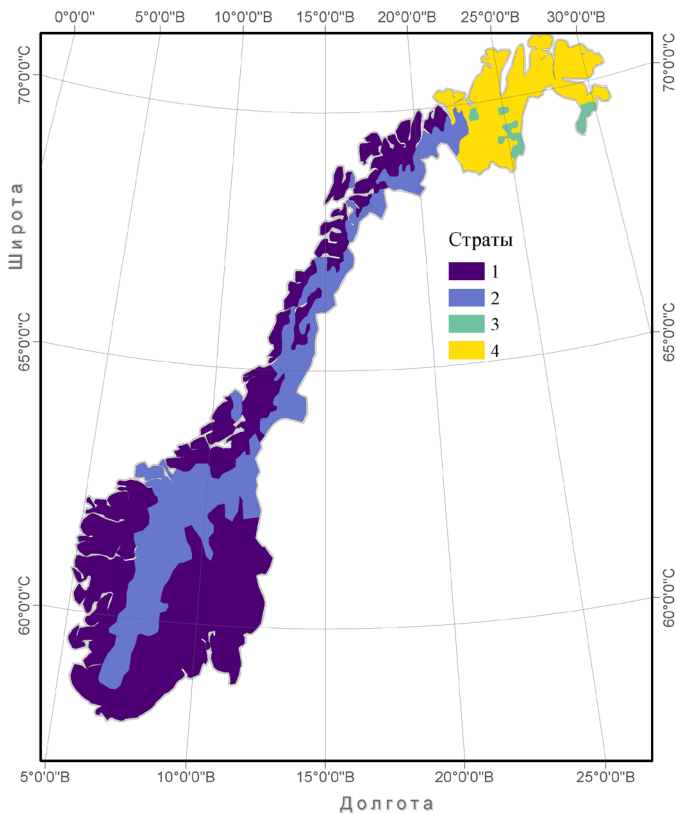


Рис. 5. СХЕМА СТРАТИФИКАЦИИ ТЕРРИТОРИИ НОРВЕГИИ для проведения НИЛ [29]
Пояснение к рисунку:
В СТРАТЕ 1 КЛАСТЕРЫ РАЗМЕЩАЮТ ПО СЕТКЕ КВАДРАТОВ 3×3 КМ.
В СТРАТЕ 2 – 3×9 КМ и в СТРАТАХ 3 и 4 – 9×9 КМ

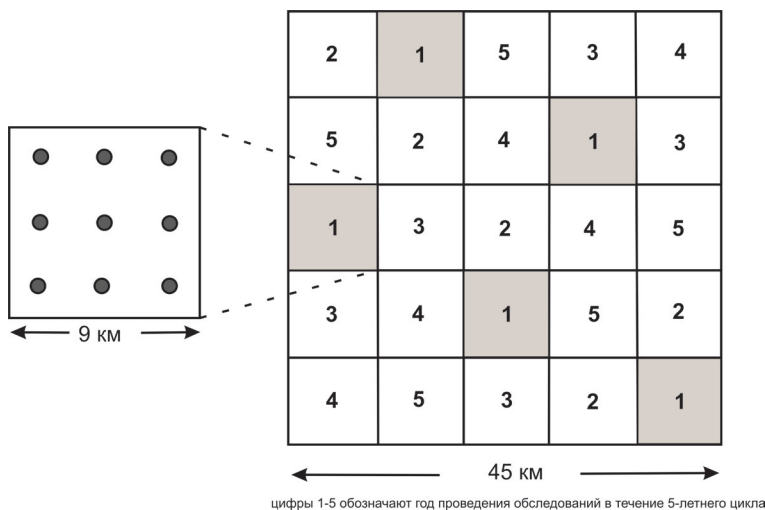


Рис. 6. СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ПП НИЛ НОРВЕГИИ и планирование ОБСЛЕДОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ в течение 5-летнего цикла [29]:
Пояснение к рисунку:
цифры 1–5 в квадратах означают год проведения ОБСЛЕДОВАНИЙ в течение 5-летнего цикла

значительные изменения. Первые два цикла НИЛ предусматривали обследование пробных площадей, расположенных по линейным трансектам. С середины 1950-х гг. такое расположение пробных площадей было заменено систематической выборкой. В 1986–1993 гг. главной составляющей НИЛ стала закладка ППП. Современная НИЛ предусматривает сбор данных для всей территории страны, включая регион крайнего севера, на ППП, систематически размещенных по площади. Периодичность обследования ППП – 5 лет. Временные пробные площади служат для получения инвентаризационных данных по округам Норвегии, их обследуют один раз в 15 лет²⁶. К настоящему времени завершено 10 циклов НИЛ. В последние годы при проведении национальной инвентаризации лесов широко используют материалы ДЗЗ²⁷.

Методика НИЛ и технология работ

Схема закладки ПП и размеры. Территория страны стратифицирована, в результате чего выделено 4 страты, отличающиеся природно-климатическими условиями, сложностью состава и разнообразием растительных сообществ (рис. 5). Для каждой из них характерна своя схема размещения кластеров ППП. Объем выборки и плотность закладки ППП повышаются в тех регионах, где распространены хвойные породы деревьев, представляющие коммерческий интерес.

Первоначально по аэрофотоснимкам определяют наличие лесной растительности на ПП. На всех лесных землях закладывают ПП для наземных обследований. Кластеры группируют по квадратам, стороны которых составляют 45 км. В один квадрат объединяют 25 кластеров (блоков) площадью 81 км² каждый. Кластер (блок) включает 9 ПП в ячейке 3×3 км. Обследование кластеров ПП НИЛ спланировано по годам на 5-летний цикл таким образом, чтобы соседние блоки не обследовались в один год в течение цикла (рис. 6).

Форма кластера представляет собой половину квадрата (L-образная форма), а ППП внутри

²⁶ <https://www.ssb.no/en/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/landsskogtakseringen>
²⁷ <https://www.ssb.no/en/lst>

каждого кластера располагают на расстоянии 300 м друг от друга. Самую южную ПП закладывают в качестве постоянной пробной площади, а остальные ПП считаются временными. Постоянные ПП площадью 250 м² имеют круговую форму, на них измеряют деревья диаметром более 20 см на высоте 1,3 м, а на временных ПП размером 100 м² – деревья диаметром более 5 см (рис. 7).

Общее количество учитываемых на ПП показателей составляет более 120 [29]. В ходе инвентаризации ценных местообитаний флоры и фауны их оценивают по 12 основным показателям:

наличие сухостойной и валежной древесины; деревья с богатой питательными веществами корой; деревья, заселенные лишайниками; лиственные деревья на поздних стадиях сукцессии; старовозрастные лиственные деревья с наличием дупел; площади свежих гарей; участки с обильным живым напочвенным покровом; выходы скальных пород; овраги; ущелья рек [30].

Точность измерения площадей и запасов. Стандартная ошибка определения запаса древесины – ±1% при вероятности 0,95. Ежегодно проводят контроль измерений на около 2% ППП [29].

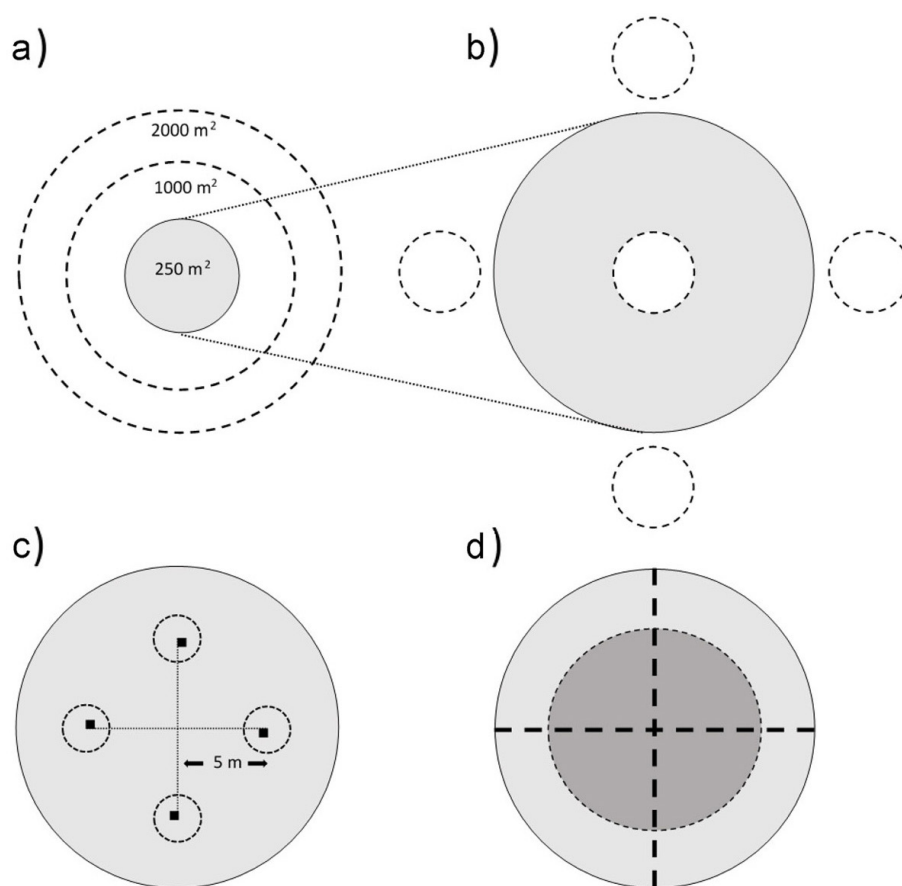


Рис. 7. Пробные площади НИЛ Норвегии и определяемые на них показатели [29]

Пояснение к рисунку:

А) Таксационные показатели получают посредством измерения отдельных деревьев на круговой ПП площадью 250 м², обозначенной серым цветом. Переменные на уровне ландшафта и насаждения, а также показатели биоразнообразия оценивают на ПП площадью 1 000 и 2 000 м² соответственно.

В) Количество и высоту подроста определяют на пяти ПП площадью 16 м² каждая (пунктирные кружки).

С) Четыре ПП используют для оценки проективного покрытия ягодными кустарничками (черные квадраты), а также для подсчета количества деревьев с диаметром <5 см на высоте 1,3 м и повреждения дикими животными (круговые площадки, обозначенные пунктирной линией).

Д) Учет численности популяции лося и благородного оленя проводят по косвенным признакам на площадке 100 м² (темно-серого цвета), валежник измеряют на линейных трансектах длиной 18 м, расположенных перпендикулярно друг другу (толстые пунктирные линии)

Швеция

Общая площадь земель Швеции составляет 40,7 млн га, в том числе покрытые лесом земли занимают 28 млн га, лесистость – 68 % [31]. В породной структуре лесов преобладают ельники (41 %) и сосняки (39 %), доля березняков – 12 %. Общий запас древесины – 3 653,91 млн м³. Ежегодный прирост запаса оценивают в 120 млн м³, который, по данным последней НИЛ, за 5 лет снизился на 8,3 %²⁸.

По состоянию на 2019 г., в структуре лесовладения преобладают леса, принадлежащие частным владельцам, – 81 %, в общественной собственности находится 19 % лесов, из которых 14 % площади – в управлении государственной компании Sveaskog²⁹. В структуре частного лесовладения преобладают участки площадью менее 50 га – 73 % лесов, находящихся в частной собственности [28].

Первый законодательный акт о лесном хозяйстве Швеции принят в 1903 г. С этого времени законодательство претерпело несколько редакций. Усиление государственного регулирования лесного сектора привело к основательной модернизации законодательства, введенного в действие в конце 1970-х гг. [32]. Действующее лесное законодательство, принятое в 1994 г., устанавливает, что лесное хозяйство должно в равной мере обеспечивать производство лесной продукции и сохранять нематериальные полезности и социальную значимость лесов.

Контроль и оказание консультативной помощи в организации пользования и управления лесами, включая вопросы охраны и защиты лесов страны, обеспечивает Шведское агентство лесного хозяйства³⁰.

Цели проведения НИЛ

НИЛ Швеции осуществляют с целью получения достоверных данных о динамике лесных ресурсов, состоянии лесов страны

и биоразнообразии [33]. Эта информация необходима для стратегического планирования и принятия решений на государственном и региональном (окружном) уровнях относительно земле- и лесопользования, сохранения нематериальных полезностей леса и поддержания экосистемных услуг³¹. Сводные данные НИЛ Швеции являются частью официальной национальной статистики³². Ключевые показатели о лесах размещают на веб-сайте, поддерживаемом Шведским университетом сельскохозяйственных наук (SLU)³³. Доступ к данным пользователей открыт через интерактивный инструмент, веб-приложение. Кроме того, информацию НИЛ используют для составления международной отчетности в рамках Конвенций ООН и других международных соглашений и инициатив, в которых страна принимает участие, в том числе региональных европейских, включая Леса Европы и Мониторинг местообитаний в странах ЕС (Natura) [34].

Пользователи НИЛ

Данные, полученные в результате выборочного статистического обследования лесов, используют для принятия решений на уровне страны и регионов [35]. Эти решения направлены на максимально эффективное длительное во времени пользование лесами. Помимо органов управления лесным хозяйством национального и регионального уровней, в последние десятилетия пользователями НИЛ стали структуры, ответственные за охрану и защиту окружающей среды, планирование землепользования и земельный кадастр и др. Крупные лесные компании на основании данных инвентаризации лесов статистическими методами осуществляют долгосрочное планирование и определение возможных объемов рубок. Наиболее востребованными показателями НИЛ являются запас древесины, прирост запаса и объемы рубок [34]. Для нужд оперативного хозяйственного планирования (составления краткосрочных планов ведения

²⁸ <https://www.slu.se/en/ew-news/2020/5/standing-volume-is-increasing-at-a-slower-rate>

²⁹ <https://www.sveaskog.se/en/about-sveaskog/sveaskog-in-brief>

³⁰ <https://www.skogsstyrelsen.se/en>

³¹ <https://www.slu.se/en/environment/statistics-and-environmental-data/>

³² <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/the-swedish-national-forest-inventory/about-the-nfi/>

³³ <https://taxwebb.slu.se/pages/startenglish.aspx>

хозяйства) осуществляют повыдельную таксацию лесов конкретного лесовладения, представляющую собой отдельный от НИЛ вид учета.

Краткая характеристика НИЛ

При проведении НИЛ Швеции используют стратифицированную систематическую выборку, основанную на инструментальных измерениях на регулярной сети постоянных и временных пробных площадей. Плотность закладки ПП различается по стратам. Смена парадигмы от пользования лесами к устойчивому управлению при одновременном увеличении доходности лесного хозяйства нашла отражение в совершенствовании методов инвентаризации и набора показателей. Акцент стал смещаться от оценки традиционных переменных, характеризующих леса (породный состав, запас древесины, возраст и др.), к мониторингу происходящих изменений и их направленности [35]. Для этого необходимы и другие характеристики лесов: прирост запаса древесины, отпад, простые модели хода роста и более сложные модели прогноза прироста с учетом лесоводственных мероприятий и антропогенной нарушенности лесов. Одним из факторов, который вызывает большой и все возрастающий интерес, является крупномасштабное трансграничное загрязнение лесов и обеспокоенность снижением продуктивности почв. Поэтому на части ППП НИЛ проводят детальную инвентаризацию лесных почв³⁴.

НИЛ осуществляют на средства государственного бюджета на всех лесных землях, независимо от формы собственности. Повторное обследование кластеров с ППП проводят каждые 5 лет [33, 34]. Общее количество пробных площадей – 31 602 [11].

Историческая справка. Государственная инвентаризация лесов Швеции была инициирована в 1923 г. с целью не допустить возможную чрезмерную эксплуатацию лесных ресурсов [33]. Первый цикл НИЛ, проведенный в 1923–1929 гг., предусматривал обследование пробных площадей, расположенных по временным линейным трансектам шириной 10 м [34]. С течением

времени методы НИЛ несколько раз изменялись. Существенная модификация произошла в 1983 г. Новый метод и модифицированная схема закладки постоянных и временных ПП были внедрены в практику с 6-го цикла НИЛ [35]. Из соображений экономии финансовых средств с 6-го цикла установлена разная временная периодичность обследования пробных площадей: для постоянных – один раз в 5 лет, для временных – 10 лет [34]. С целью выбора оптимальной схемы закладки ПП, баланса соотношения постоянных и временных пробных площадей, временного ревидионного интервала, оценки возможности повторных измерений показателей на пробных площадях для сохранения преемственности и точности была проделана многолетняя исследовательская работа и опытная апробация [34, 35]. К настоящему времени завершено 19 циклов инвентаризации³⁵.

Методика НИЛ и технология работ

Стратификация. Вся территория страны разделена на 5 регионов с уменьшением объема выборки и плотности ПП с юга на север [35] (рис. 8). Факторами, определяющими стратификацию, являются природно-климатические условия и пространственная изменчивость показателей, характеризующих лесные ресурсы, коммерческая ценность лесов, административная принадлежность.

Методика выборки. Методика НИЛ основана на использовании регулярной сети постоянных и временных пробных площадей, объединенных в группы (кластеры), на которых проводят инструментальные измерения. Кластеры располагают таким образом, чтобы и временные, и постоянные вписывались в регулярную схему как по отдельности, так и в сочетании друг с другом [35, 36]. Кластеры пробных площадей распределены по территории регулярно в ячейках квадратов со стороной 3 км в южной части Швеции, около 20 км в – северной [11].

В стратах 1–4 постоянные кластеры включают 8 ППП радиусом 10 м. Сторона постоянного кластера варьирует от 1 200 м в страте 1 до 800 м в страте 4. Временные кластеры состоят из 12 ПП

³⁴ <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/Swedish-Forest-Soil-Inventory/>

³⁵ <https://www.slu.se/nfi>

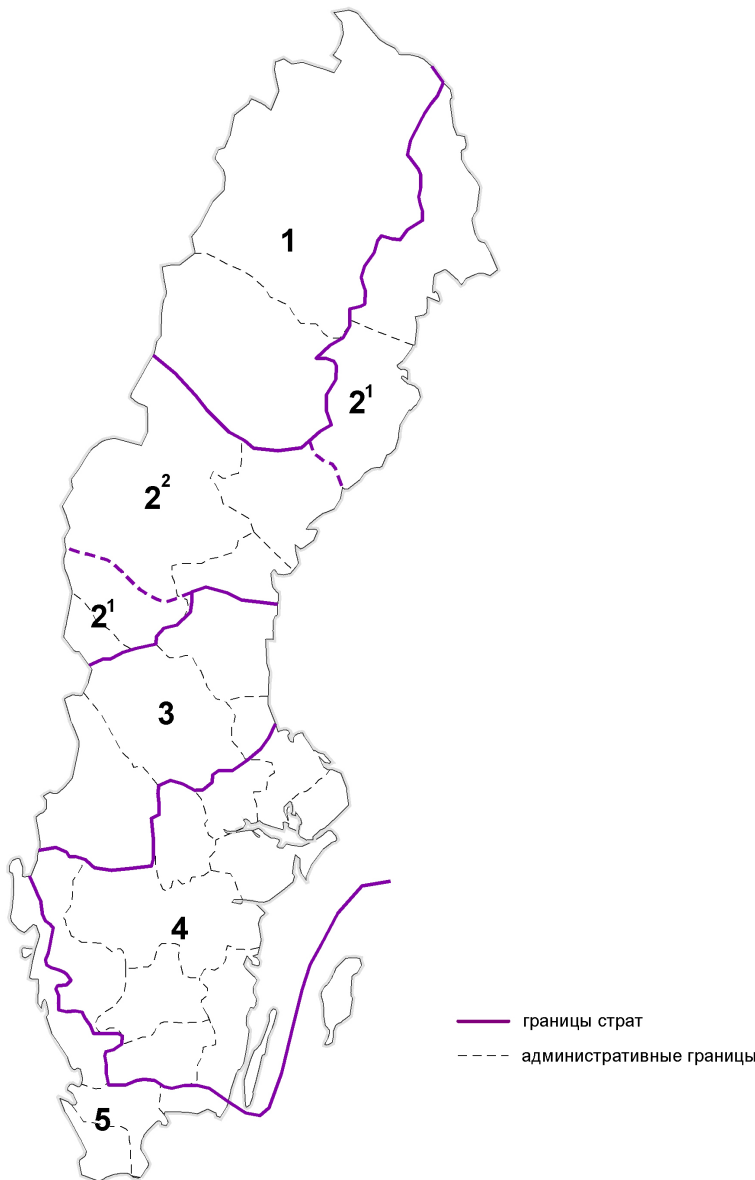


Рис. 8. СТРАТИФИКАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ШВЕЦИИ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ НИЛ

Пояснение к рисунку:

СТРАТЫ 1–3 включают леса северной, средней и южной подзон бореальной зоны; СТРАТА 4 – леса бореально-неморальной зоны (гемибореальной – переходной от бореальных к лесам умеренной зоны); СТРАТА 5 – зону умеренных лесов по [35, 36]

радиусом 7,07 м, при этом сторона кластера варьирует от 1 800 м в страте 1 до 1 200 м в страте 4. И постоянные, и временные кластеры обследуют за 1 рабочий день.

В страте 5 (крайний юг Швеции) постоянные кластеры включают 4 ППП радиусом 10 м. Длина стороны постоянного кластера – 300 м.

Временные кластеры состоят из 8 ПП радиусом 7,07 м, при этом длина каждой из сторон 400 м (рис. 9). Кластеры обследуют за 0,5 рабочего дня.

В последние годы при ведении НИЛ активно используют данные ДЗЗ, а информацию представляют в наглядной картографической форме. На сайте Шведского университета сельскохозяйственных наук (SLU)³⁶ представлен набор растровых карт, созданных путем совместной обработки данных пробных площадей НИЛ и моделей местности, полученных по стереопарам аэроснимков Lantmäteriet и спутниковых изображений Sentinel-2. Каждая ячейка растровой карты (12,5×12,5 м) содержит информацию о породном составе, средних высотах древостоев, возрасте и других таксационных характеристиках лесов.

Количество учитываемых показателей на ПП. В ходе НИЛ Швеции учитывают около 200 различных переменных [35]. Измеряемые переменные структурированы и могут быть сведены в 5 основных блоков [35]:

- 1) лесорастительные условия;
- 2) площадные переменные;
- 3) запас, прирост запаса и естественный отпад;
- 4) лесовозобновление;
- 5) годовая лесосека.

1-й блок включает переменные о местоположении ПП: географические координаты, высота над ур. моря, климат, тип наземной растительности, гидрологические условия, гранулометрический состав, влажность и мощность почв для оценки условий местопроизрастания, класса бонитета и обоснования способов и технологии работ по лесовосстановлению. В этом же блоке дается оценка проективного покрытия деревьями и кустарниками, сомкнутости полога.

2-й блок. Под площадными понимают переменные, позволяющие экстраполировать инструментальные измерения на круговых ПП и привязать их к площади операционной единицы. Такой единицей в лесном хозяйстве служит лесотаксационный выдел. Проблема экстраполяции измерений на ПП решается путем использования

³⁶ <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/the-swedish-national-forest-inventory>

полевыми бригадами стереопар аэроснимков масштаба 1:30 000 для нанесения границ выделов. Группу возраста и возраст спелости древостоев оценивают для операционных единиц по переменным, измеренным на ПП, относящейся к выделу. В последующем эти данные используют для проектирования лесохозяйственных мероприятий, включая внесение удобрений, и т.д.

3-й блок. Запас, прирост и отпад оценивают на ПП постоянного радиуса. В первую очередь инструментально измеряют все деревья диаметром более 10 см на высоте 1,3 м, на части каждой ПП проводят измерения деревьев меньшего диаметра. Всего каждый год на лесных землях измеряют 23 000 модельных деревьев. Это означает, что на каждую постоянную ПП приходится 2 модельных дерева, а на каждую временную ПП – 1.

4-й блок – обследование подроста высотой менее 1,3 м выполняют на специальных ПП, расположенных вдоль сторон трактов; расстояние между ними в среднем равно половине расстояния между ПП для измерения запаса древесины.

5-й блок – обследование пней деревьев, вырубленных в сезон заготовки древесины, для оценки фактического годовичного объема заготовки. Выполняют на специальных временных ПП, имеющих радиус 7,07 м и расположенных вне кластеров с постоянными и временными ПП.

Кроме того, последние циклы инвентаризации включают еще один информационный блок с данными учета живого напочвенного покрова и почвы, который проводят на постоянных пробных площадях в рамках мониторинга окружающей среды, являющегося составной частью НИЛ.

Погрешность определения запаса древесины составляет около $\pm 1,0\%$, доверительный интервал – 95 %.

Финляндия

Площадь Финляндии – 33,846 млн га, в том числе лесных земель – 26,3 млн га. Лесистость – 77 % [37]. Общий запас древесины оценивают

Страты 1-4

Временный кластер



Постоянный кластер



- запас
- × лесовозобновление
- ∕ пни

Страта 5

Временный кластер



Постоянный кластер



Рис. 9. РАЗМЕРЫ КЛАСТЕРОВ С ПОСТОЯННЫМИ И ВРЕМЕННЫМИ ПРОБНЫМИ ПЛОЩАДЯМИ НИЛ ШВЕЦИИ ПО СТРАТАМ ПО [35]

в 2 506 млн м³. Средний запас древесины на всех лесных землях – 91 м³/га, на лесопокрытых – 100 м³/га [38]. Общий ежегодный прирост запаса древесины насчитывает 103 млн м³/год, при среднем значении по стране – 4,6 м³/га/год³⁷. Согласно последним данным НИЛ (2014–2020) прирост запаса древесины несколько снизился вследствие воздействия неблагоприятных природных факторов³⁸.

Леса Финляндии относят к бореальным. Древесными породами, преобладающими по площади и в структуре общего запаса, являются сосна (47,5 %), ель (33,5 %) и береза (15,5 %) [38].

По состоянию на 2019 г., в структуре лесовладения преобладают леса, принадлежащие частным владельцам, – 69,6 %, 30,4 % находятся в общественной (государственной) собственности [28]. Государственные леса расположены,

³⁷ https://stat.luke.fi/en/forest-resources-region_en-4

³⁸ <https://www.luke.fi/en/news/forest-growth-rate-decelerated-volume-of-growing-stock-increased/>

главным образом, в Северной и Восточной Финляндии, почти половина из них (46,5 %) имеет охранный статус³⁹. Частные леса занимают самые продуктивные лесные земли в южной части страны.

Управление лесами осуществляет Министерство сельского и лесного хозяйства⁴⁰. Обязанности осуществления, регулирования и контроля коммерческой лесохозяйственной деятельности в государственных лесах выполняет подведомственное министерству государственное лесное предприятие Финляндии Metsähallitus⁴¹.

Ответственность за ведение НИЛ возложена на Институт лесных исследований Финляндии (Metla)⁴², организованный в 1917 г., который с 2015 г. является отдельной структурой Института природных ресурсов Финляндии (The Natural Resources Institute, Finland – Luke)⁴³.

Цели проведения НИЛ

Цель НИЛ Финляндии – получение информации о динамике площади лесных земель, объемах освоения лесных ресурсов, приросте древесных запасов, лесоводственных мероприятиях, а также о состоянии лесов и биоразнообразии [39].

Пользователи НИЛ

Государственные органы управления лесным хозяйством национального и регионального уровней и государственные структуры, ответственные за охрану и защиту окружающей среды, используют данные НИЛ для разработки программ развития лесного хозяйства и охраны природы, организации устойчивого управления лесами и мониторинга [38], стратегического планирования производства древесного сырья и инвестиций в лесной и биоэнергетический сектор экономики⁴⁴. Основной пользователь НИЛ – Министерство сельского и лесного хозяйства, а также лесные центры регионов [39].

Для частных лесовладельцев и заинтересованных пользователей разработаны инструменты моделирования ведения лесного хозяйства (симуляторы) и система принятия решений для достижения устойчивого и длительного во времени лесопользования⁴⁵. Входными параметрами интерактивного моделирования служат данные ППП НИЛ и измеренных на ППП модельных деревьев, которые увязаны с операционными единицами – лесотаксационными выделами⁴⁶.

Данные НИЛ используют для подготовки международной отчетности ФАО, РКИК ООН, КБР ООН и отчетности в таких европейских процессах, как критерии и индикаторы устойчивого развития «Леса Европы» (FOREST EUROPE), директива ЕС по поддержанию и развитию сети особо охраняемых территорий и биоразнообразия (Natura), а также в научных исследованиях [39].

Основные результаты НИЛ ежегодно публикует Институт природных ресурсов (Luke)⁴⁷, и они доступны пользователям по запросам в виде выборки из статистической базы данных⁴⁸. В свободном доступе на сайте Института размещен интерактивный сервис для загрузки по запросам карт масштаба 1:200 000 с данными НИЛ⁴⁹.

Краткая характеристика НИЛ

При проведении НИЛ Финляндии используют стратифицированную систематическую выборку, основанную на инструментальных измерениях на регулярной сети постоянных и временных пробных площадей, объединенных в группы (кластеры). Измерения на группах ПП занимают приблизительно 1 рабочий день. ПП одного кластера должны находиться в пешей доступности, однако следует избегать случаев сосредоточения нескольких ПП на одном участке со сходными характеристиками древостоя [38].

³⁹ <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/mh-vuosittaiset/mhannualreport2020.pdf>

⁴⁰ <https://mmm.fi/en/ministry>

⁴¹ <https://www.metsa.fi/en/>

⁴² <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info-en.htm>

⁴³ www.luke.fi, <https://www.luke.fi/en/natural-resources/forest/forest-resources-and-forest-planning/forest-resources/>

⁴⁴ <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2017/11/NFI-2017-www.pdf>

⁴⁵ <http://mela2.metla.fi/mela/tupa/tupaindex-en.htm>

⁴⁶ https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538149/luke-luobio_7_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y

⁴⁷ <https://www.luke.fi/en/natural-resources/forest/forest-resources-and-forest-planning/forest-resources/>

⁴⁸ <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/en/LUKE/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0>

⁴⁹ <http://kartta.metla.fi/opendata/valinta-en.html>

Сводные результаты измерений заносят в базу данных, в которой хранятся уникальные по продолжительности (почти 100 лет) временные ряды данных.

НИЛ проводят на средства государственного бюджета на всех лесных землях, независимо от формы собственности. Полевые измерения на ПП в границах административно-лесохозяйственных единиц организуют региональные лесохозяйственные центры, которые затем аккумулируют результаты работ [38].

Повторное обследование кластеров проводят каждые 5–10 лет [39]. Общее количество постоянных и временных пробных площадей может варьировать от цикла к циклу. Так, в 9-м цикле объем выборки составил 67 264 ПП на лесных землях, включая 57 457 на лесопокрытых [38], в 10-м – 53 601 ПП на лесопокрытых землях [11], в 11-м – около 70 000 в границах лесных земель⁵⁰.

Историческая справка. Первая общенациональная инвентаризация лесов Финляндии выполнена в 1921–1924 гг. С самого начала НИЛ базировалась на статистической выборке с периодичностью повторных измерений 10 лет. В ходе первых 4-х циклов измерения проводили на пробных площадях, расположенных на линейных трансектах [39]. Впоследствии методики национальной инвентаризации эволюционировали. С 5-го цикла, в начале 1960-х гг., стали применять кластерный (групповой) метод закладки пробных площадей, что сокращало затраты времени на обследования. Кроме того, с этого цикла НИЛ начали проводить последовательно по всем регионам и непрерывно, т.е. каждый новый цикл начинался после окончания предыдущего.

В ходе 9-го цикла внедрен новый метод, получивший название «многоисточниковая» НИЛ (MS-NFI), т.е. объединяющая информацию нескольких источников. Суть его состоит в том, что в дополнение к полевым измерениям стал использоваться комплекс источников данных, включающий космические снимки, цифровые картографические данные – земельного кадастра, рельефа, почвенные. В этом же цикле опробовано

и внедрено использование GPS-приемников для координатной привязки ПП [38]. Побудительной причиной внедрения MS-NFI стала потребность представления пространственно локализованной информации на уровне отдельных муниципалитетов, площади которых обычно составляют порядка 10 000 га. Результаты НИЛ стали доступны пользователям в картографической форме. До 9-го цикла (1996–2003 гг.) обычной практикой была закладка кластеров с временными пробными площадями, но в период проведения этого цикла внедрили новую стратегию и 1/4 кластеров ПП были заложены как постоянные. Закладка ППП позволила в последующем измерять годичный прирост запаса древесины и потери с отпадом.

Начиная с 10-го цикла (2004–2008 гг.) осуществлен переход на 5-летнюю периодичность проведения работ. Это означало, что каждый год выполняют измерения на 1/5 общего количества ПП и всю выборочную совокупность обследуют в течение 5 лет [39].

Со временем были усовершенствованы не только методы, но и расширился набор измеряемых в ходе НИЛ параметров в ответ на информационные запросы лесного сектора и информационные потребности других конечных пользователей. Например, в 1980-х гг. к перечню показателей, оцениваемых на ПП, добавили характеристики лесопатологического состояния лесов, в 1990-х гг. – биологического разнообразия, а с 2000-х – конверсии земель при изменении характера землепользования и характеристики древесного детрита для отчетности по РКИК ООН⁵¹. Последний, 12-й цикл НИЛ, проведен в 2014–2018 гг.

Методика НИЛ и технология работ

Стратификация. Территория Финляндии стратифицирована на 6 регионов, границы которых совпадают с административными единицами управления лесами. Материковая часть страны разделена на 13 таких административных лесохозяйственных единиц. Для Аланских островов на крайнем юго-западе выделена отдельная страта.

⁵⁰ <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2017/11/NFI-2017-www.pdf>

⁵¹ <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2017/11/NFI-2017-www.pdf>

Расположенный на островах региональный лесохозяйственный центр является организатором работ и пользователем НИЛ [38].

Методика выборки. Методика НИЛ основана на систематической кластерной выборке, которая состоит из постоянных и временных кластеров ПП. Временные кластеры могут изменяться в каждом последующем цикле инвентаризации. Сеть постоянных кластеров заложена в 1996–2003 гг. и не меняется. Расстояние между кластерами, их форма, а также число ПП в каждом кластере и расстояние между ними различаются по регионам страны в соответствии с пространственной изменчивостью характеристик лесов и плотностью дорожной сети [39] (табл. 3).

Схемы закладки кластеров с постоянными и временными ПП по стратам приведены на рис. 10.

Измерения деревьев проводят на круговых площадках в пределах ПП с максимальным радиусом 12,52 м, в северной части Финляндии – 12,45 м. Учету и детальному измерению подлежат каждое 7-е дерево, в Северной Лапландии (страта 5) – каждое 5-е [38].

Учитываемые показатели на ППП. Данные полевых измерений включают 3 основные категории: повидельные данные о насаждении, подервные данные и характеристики отпада.

1. Повидельные данные о насаждении содержат 4 набора [39]:

- ✓ административные данные: принадлежность к категории лесовладения, защитный статус и ограничения лесопользования, ограничения по проведению лесохозяйственных мероприятий и др.
- ✓ характеристика местопроизрастания: тип землепользования (в соответствии с национальной терминологией и терминологией ФАО–2004), изменения типа землепользования с 1990 г., высота над ур. моря, категория земель, класс бонитета, тип почвы, гранулометрический состав почвы, влажность почвы и др.
- ✓ характеристика древостоя: происхождение древостоя, число и расположение ярусов древостоя, породный состав, доминирующие и сопутствующие виды деревьев, класс возраста, возраст, средний диаметр, среднее соотношение возраста и высоты, повреждения по древесным породам на лесных землях и их причины и др.
- ✓ проведенные и рекомендуемые хозяйственные мероприятия: рубки, лесоводственные мероприятия, минерализация почвы, дренаж и др.

Таблица 3. ПАРАМЕТРЫ КЛАСТЕРОВ НИЛ Финляндии, 11-й цикл НИЛ [39]

Регион/ страта	Среднее расстояние между кластерами, км		Форма кластера		Расстояние между ПП в кластере, м		Число ПП в кластере	
	постоянные	временные	постоянные	временные	постоянные	временные	постоянные	временные
1. Южная часть Финляндии	12 × 12	6 × 6	L-образная	L-образная	250	300	10	9
2. Центральная Финляндия	14 × 14	7 × 7	Открытая прямоугольная	То же	300	300	14	11
3. Юг Северной Финляндии	14 × 14	7 × 7	L-образная	«-«	300	300	11	9
4. Лапландия	10 × 10 (каждый 4-й кластер постоянный)		То же	«-«	300	300	11	12
5. Северная Лапландия	В зависимости от страты		«-«	«-«	450	450	9	9

2. Данные подервного учета на пробной площади включают [38]:

- ✓ данные модельных деревьев: географические координаты, порода, диаметр на высоте 1,3 м, класс товарности (качества), размер кроны;
- ✓ подервные данные на пробной площади: географические координаты, происхождение дерева, диаметр на высоте 6 м, толщина коры, порода, высота, диаметр на высоте 1,3 м, прирост по диаметру, прирост по высоте, возраст, повреждения и их причины, степень дефолиации/дехромации, длина сортиментов древесины и др.

3. Данные о сухостойной древесине и валяжнике, в том числе разложившейся древесине, которая непригодна как деловая или дровяная. Измерению подлежат погибшие деревья и их части диаметром более 10 см и длиной более 1,3 м только на постоянных пробных площадях радиусом 7 м.

Количество учитываемых показателей на ППП. Количество измеряемых и оцениваемых показателей – более 150, количество модельных деревьев – более 0,5 млн⁵².

Фактическая погрешность определения запаса древесины составляет $\pm 0,4\%$, доверительный интервал – 0,95 [38].

Чешская Республика

Общая площадь земель Чешской Республики – 7,9 млн га. Площадь лесов – 2,9 млн га. Лесистость – 36,8 %. Общий запас древесины оценивают в $942,2 \pm 19,5$ млн м³ [40]. Запас хвойных пород без коры (определение ФАО) – $612,3 \pm 14,8$ млн м³, лиственных – $255,6 \pm 11,1$ млн м³. Средний запас древесины составляет $330 \pm 4,0$ м³/га⁵³, без коры – $268,6$ м³/га [40]. Общий текущий прирост запаса – 12,8 млн м³ (без коры), общий среднегодовой – 18,2 млн м³ (без коры), средний

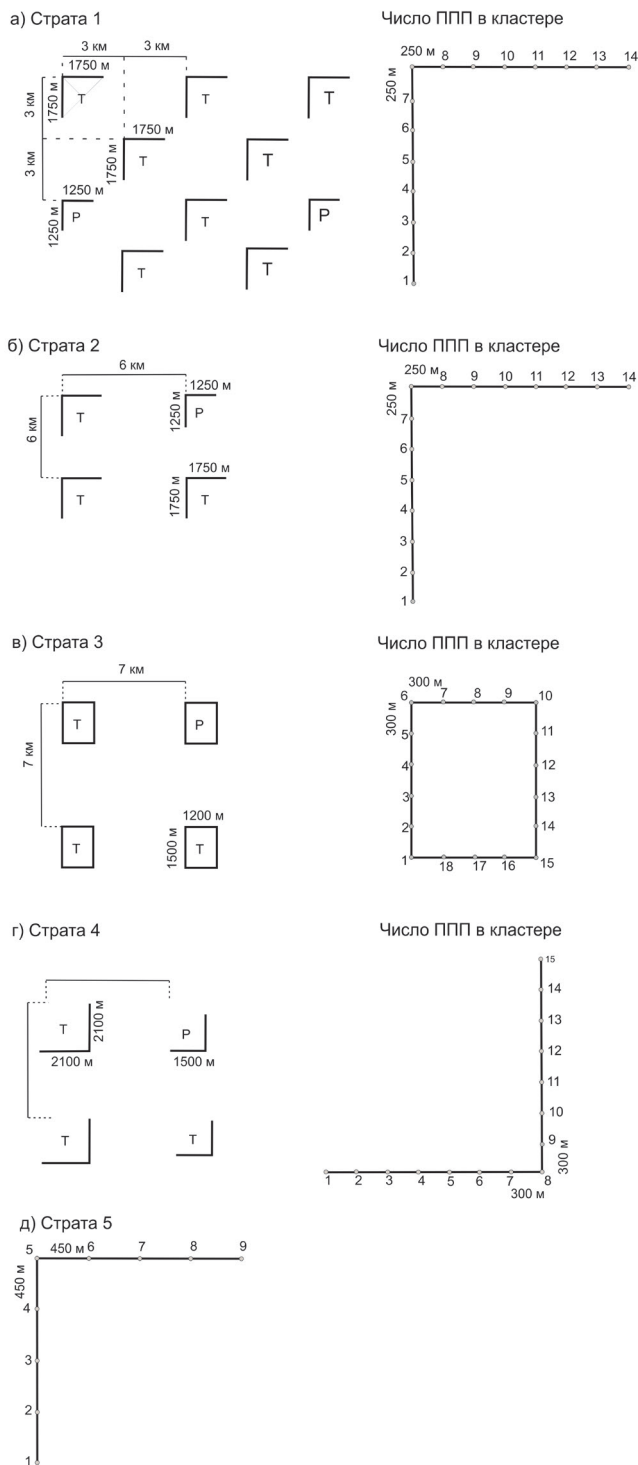


Рис. 10. СХЕМЫ ЗАКЛАДКИ КЛАСТЕРОВ С ПОСТОЯННЫМИ (Р) И ВРЕМЕННЫМИ (Т) ПП И ПЛОТНОСТЬ ЗАКЛАДКИ ПО СТРАТАМ (РЕГИОНАМ) Финляндии по [38].

Пояснение к рисунку:

СХЕМА ЗАКЛАДКИ ПП в СТРАТЕ 4 ТАКАЯ ЖЕ, КАК в СТРАТЕ 3, А КОЛИЧЕСТВО ПП в КЛАСТЕРЕ МЕНЬШЕ – 15. В СТРАТЕ 5 ПРОЕКТ ЗАКЛАДКИ ТАКОЙ ЖЕ, КАК и в 3-й и 4-й, но РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ КЛАСТЕРАМИ 10×10 км, А КОЛИЧЕСТВО ПП в КЛАСТЕРЕ 9. НАЗВАНИЯ РЕГИОНОВ ПРИВЕДЕНЫ в ТАБЛ. 3.

⁵² <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2017/11/NFI-2017-www.pdf>

⁵³ <https://nil.uhul.cz/>

текущий – 5,0 м³/га (2020 г.), среднегодовой – 7,1 м³/га (все леса, в том числе площадью менее 10 га) [40].

Около 61 % лесов находится в государственной собственности, 13 % – в собственности местных муниципалитетов, 18,4 % – частные лесовладения, 7,6 % территории относят к прочим видам собственности [28, 41]. Главным органом, регулирующим вопросы лесного хозяйства, является Министерство сельского хозяйства Чешской Республики. Основные функции управления лесами возложены на региональные администрации – 13 краевых управлений [13]. На местном уровне функции регулирования выполняют 205 муниципальных органов, которые непосредственно подчинены краевым управлениям⁵⁴.

Цели проведения НИЛ

Обеспечение объективной и независимой информацией о состоянии и динамике лесов, их экологической устойчивости и лесопользовании, необходимой для стратегического планирования и реализации государственной лесохозяйственной и природоохранной политики, государственного регулирования и оценки лесохозяйственной деятельности, долговременного контроля лесорастительных условий в границах ландшафтов и своевременной корректировки лесной политики.

Пользователи НИЛ

Информацию НИЛ используют государственные структуры национального, регионального и муниципального уровней в целях государственного управления и планирования развития лесного сектора страны, международной отчетности по лесам, а также проведения научных исследований. Результатом НИЛ является отчетность о количественных и качественных характеристиках лесов и ландшафтов всей территории страны и отдельных регионов [41]. Переход к непрерывным циклам НИЛ позволил эффективно связать процессы и инструменты планирования развития лесного хозяйства на национальном и региональном уровнях [42].

Краткая характеристика НИЛ

НИЛ в Чешской Республике проводят в соответствии с постановлением правительства № 193/2000, статья 28 Закона № 289/1995 о лесах [13]. Работы по инвентаризации выполняет Институт управления лесами («Brandys nad Labem» – ÚHÚL)⁵⁵. Институт – государственная организация, подведомственная Министерству сельского хозяйства, которая оказывает услуги лесному хозяйству, проводит полевые работы по НИЛ, составляет региональные планы развития лесного хозяйства, обеспечивает информацией о лесах и охотничьих ресурсах региональные администрации и муниципалитеты, анализирует и обобщает информацию, разрабатывает методологию, осуществляет прогноз, ведет базы данных о лесах Чешской Республики⁵⁶. На сайте Института по завершении цикла публикуют отчеты о НИЛ и ежегодно статистические обзоры о состоянии лесов и лесохозяйственной деятельности. Институт имеет 9 филиалов, расположенных в разных регионах страны, задействованных в работах по НИЛ.

НИЛ осуществляют выборочно-статистическим методом, который имеет строгое математико-статистическое обоснование, что позволяет объективно и независимо оценивать фактическое состояние и динамику лесов Чешской Республики⁵⁷. Главным принципом инвентаризации являются повторные исследования на пробных площадях⁵⁸. Данные НИЛ характеризуют леса на уровне страны, регионов (краев), лесотипологических районов. Общее количество ПП для наземных измерений – 23 199, из которых в первом цикле заложено 15 427, во втором – 7 772 [42].

Историческая справка. Первый цикл НИЛ Чехии проведен в 2001–2004 гг. Периодичность повторных измерений предусматривалась один раз в 10 лет. Принцип построения – регулярная сеть квадратных ячеек размером 2×2 км. В каждой ячейке закладывали по 2 ППП круговой формы с их точной локализацией.

⁵⁴ <https://mlh.by/lioh/2016-6/7.pdf>

⁵⁵ <http://www.uhul.cz/kdo-jsme>

⁵⁶ <http://www.uhul.cz/who-we-are/activity-subject>

⁵⁷ <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/narodni-inventarizace-lesu/uvod>

⁵⁸ <http://www.uhul.cz/what-we-do/national-forest-inventory>

После анализа результатов первого цикла был изменен принцип построения сети пробных площадей. Побудительными причинами стали намерения приступить к непрерывной НИЛ с 2016 г., сделать цикл продолжительностью 5 лет, расширить набор измеряемых параметров и гармонизировать их с классификационными единицами и терминологией международной отчетности по лесам, внедрить в практику данные ДЗЗ, обеспечить ежегодную отчетность о результатах. В 2011–2015 гг. выполнен 2-й цикл инвентаризации. Для исследований использовали сеть первого цикла НИЛ, параллельно закладывая новую сеть пробных площадей. Второй цикл НИЛ спроектирован в виде сети с 5-ю выборочными совокупностями.

Третий цикл (2016–2020 гг.) положил начало инвентаризации на непрерывной основе с периодичностью повторных измерений один раз в 5 лет [41]. Главное его нововведение состоит в том, что таксационные данные, полученные на наземных пробных площадях для лесных земель, дополнили характеристиками древесной растительности на прилегающих ландшафтах, полученными по фотопробам. Терминология и категории земель стали полностью совместимы с определениями ФАО и в европейском контексте согласованы с предложениями Европейской сети НИЛ (ENFIN)⁵⁹. Обновленная инструкция проведения полевых работ по НИЛ 3-го цикла размещена на сайте⁶⁰. Сейчас завершается обработка данных 3-го цикла. Итоги НИЛ пока опубликованы в виде сводного доклада по стране [40].

Методика НИЛ и технология работ

В основе построения сети НИЛ – пространственно-стратифицированная выборка (в англоязычной литературе известна как рандомизированная стратифицированная выборка или двухступенчатая стратифицированная выборка) [42, 43]. Генеральная совокупность данных НИЛ сформирована из 5 выборочных совокупностей⁶¹. Сеть ПП спроектирована как систематическая,

ориентированная с севера на юг, в форме квадратов следующей размерности.

Первая ступень выборки – сеть квадратов ячейками 0,5×0,5 км (354 888 участков закладки ПП по [42]). На этой ступени используют космические снимки и стереопары аэроснимков в 3-х спектральных диапазонах (зеленый, красный и инфракрасный) для дешифрирования ландшафтов, категорий земель и получения обобщенных характеристик. Фотограмметрическая обработка включает создание ортофотопланов, привязанных к цифровой топооснове, дешифрирование категорий земель и векторизацию их границ вручную. После анализа ландшафтного покрова в целом выборочные обследования концентрируют на целевой категории – лесопокрытые земли. В границах лесных земель случайным образом размещают одну фотопробу. При дешифрировании фотопробы с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) и слоя с категориями земель и топографическими элементами оценивают базовые характеристики насаждений: состав пород, фазу развития (группа возраста) и сомкнутость полога.

Вторая ступень выборки – сеть квадратов с ячейками 1×1 км (78 856 ПП), включающая в дополнение к предыдущей выборке (0,5×0,5 км) дешифрирование прилегающих ландшафтов по линейным трансектам. Путем фотограмметрического анализа аэроснимков (по стереомодели) получают характеристики ландшафтов за пределами фотопробы – лесные опушки, дороги, водотоки, категории землепользования по классификации Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), характеристики древесной растительности других категорий земель, не относящихся к категории лесных, и др.

Третья, основная, ступень выборки – сеть квадратов с ячейками 2,0×2,0 км (19 727 ПП, из которых 14 523 ПП на лесопокрытых землях), в этих ячейках закладывают наземные ППП. Сбор данных осуществляют в полевых условиях

⁵⁹ <http://www.enfin.info/>

⁶⁰ <https://nil.uhul.cz/en/news/45-nfi3-2016-2020-data-collection-finished-field-instructions-available-for-download>

⁶¹ <https://nil.uhul.cz/metodika-nil/zakladni-informace>

на всех ППП, классифицированных фотограмметрическим методом как лесопокрытые и лесонепокрытые (по классификации ФАО Other Wooded Lands) или неопределенные (другие). Эти ППП называют основными, так как на них оценивают детальные базовые таксационные показатели на уровне выделов, насаждений и посредством поперечных измерений. Интерпретацию мультиспектральных (спектрозональных) снимков фотограмметрическим методом выполняют на рабочих станциях в стереорежиме (работа оператора с трехмерной моделью). В процессе дешифрирования лесные земли подразделяют по категориям на лесопокрытые и лесонепокрытые, оценивают состав пород и состояние древесной растительности [42].

Полевые данные собирают для 4-х основных типов показателей, характеризующих выдел (участок), насаждение, дерево и трансекту. Измерения деревьев проводят на двух концентрических круговых площадках (сегментах) радиусом 5 м и 12,62 м, координаты центра которых совпадают с проектной точкой сети инвентаризации (рис. 11). Радиусы круговых сегментов теоретически обоснованы [42]. Через центр ППП проходят 3 узкие ленты – трансекты: 2 для измерения мертвой древесины (валежника) и одна, так называемая длинная (300 м), ориентированная случайным образом, – для описания лесной среды – оценки общей протяженности линейных объектов (лесных дорог, водотоков, мелиоративных каналов, опушек леса), площадных объектов (насаждений инвазивных пород, отвалов, родников, прудов, болот) и точечных объектов (сооружения охотничьего хозяйства, туристические объекты, свалки мусора, единичные деревья) и др. [42].

Показатели на ППП определяют инструментальным методом. Аппаратно-программный комплекс, который используют при ведении полевых работ НИЛ и лесоустройства, известен под названием Field-Map⁶². В настоящее время Field-Map применяют для инвентаризации лесов в 41 стране мира, в том числе и в Российской

Федерации. Field-Map представляет собой мобильный приборно-технологический комплекс, основу которого составляют: лазерный дальномер-угломер, электромагнитный компас и полевой компьютер, работающий в операционной среде Windows. В дополнение к основному комплексу можно подключать другие приборы, такие как электронные мерные вилки, различные типы приемников системы глобального позиционирования (GPS) для координатной привязки ПП.

Четвертая ступень выборки – сеть квадратов с ячейками 4×4 км (4 929 ПП). Полевые обследования на ПП включают расширенный набор параметров по выделам. Дополнительно оценивают характеристики почв по образцам почвенных разрезов (прикопок), санитарного состояния лесов, валежника с минимальным диаметром более 2 см.

Пятая ступень выборки – сеть квадратов с ячейками 16×16 км (307 ПП), на которой проводят полевые обследования для достоверного определения категории земель по классификации МГЭИК. Цель этого обследования – оценить систематические ошибки площади земель и категорий землепользования по терминологии МГЭИК, причина которых – ограничения полевых измерений на выборке ППП в категории лесопокрытые, лесонепокрытые и прочие земли. Измерения необходимы для валидации качества фотограмметрической обработки и дешифрирования категорий земель на фотопробах, измерения площадей [42, 43].

Учитываемые показатели:

- *на уровне выдела*. Переменные описывают выдел и почвенные условия на круговой площади радиусом 12,62 м внутри ППП. Переменные: доступность, категория земель, категория земель по МГЭИК, тип собственности, высота над ур. моря, лесорастительная зона, описание почвенных условий по почвенной прикопке, физико-химические характеристики почв по результатам лабораторного анализа образцов, угол наклона и экспозиция склона, тип леса,

⁶² <https://www.fieldmap.cz/?page=home>

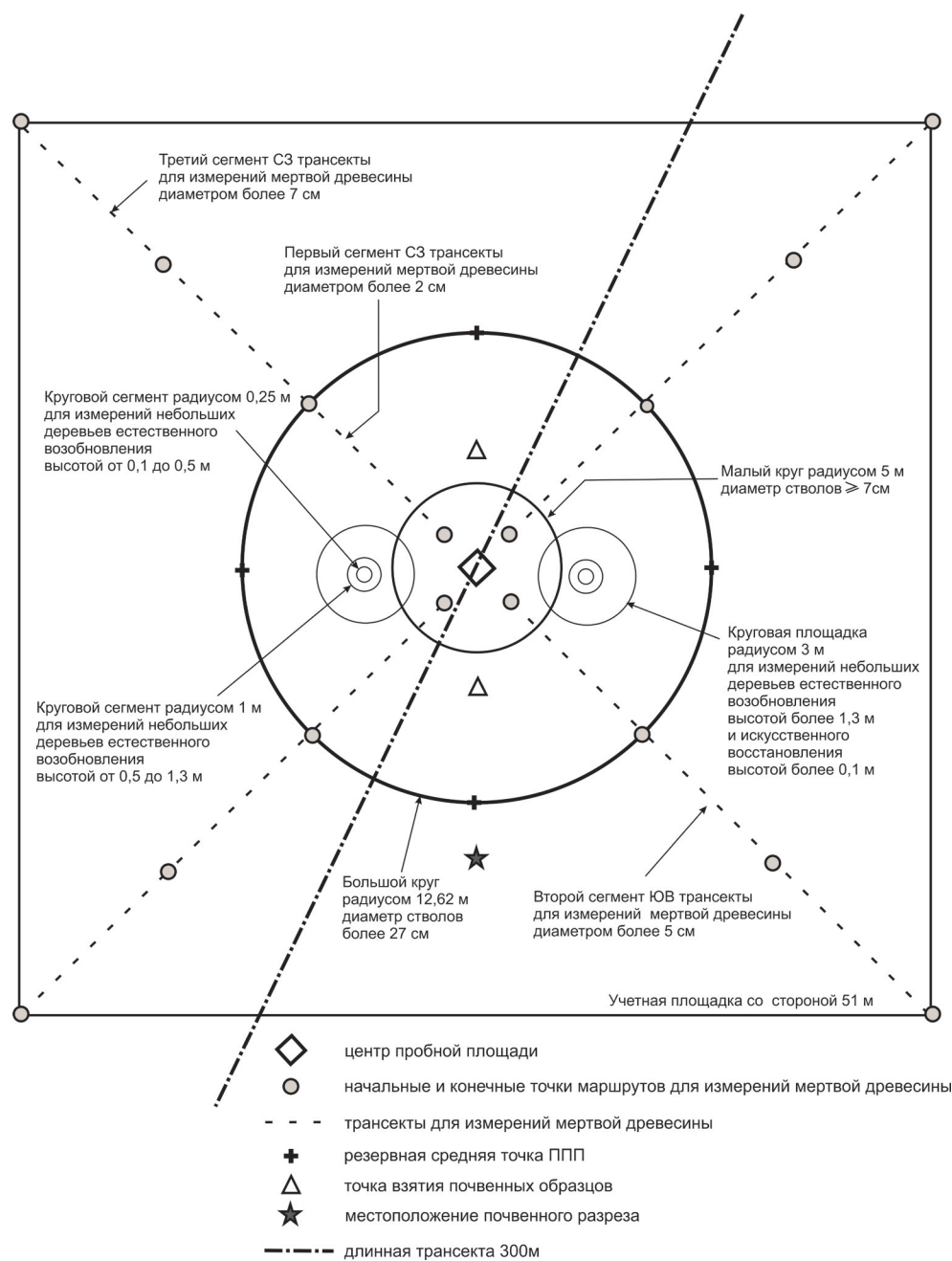


Рис. 11. СХЕМА НАЗЕМНОЙ ПП БАЗОВОЙ СЕТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ И РАЗМЕРЫ ПЛОЩАДОК по [42]

фитоценоз, тип рельефа, наличие эрозии почв, наличие лишайников, категория лесов в соответствии с выполняемыми функциями [41];

- *на уровне насаждения.* Переменные описывают характеристики насаждения и категорию земель на инвентаризационной ПП размером $51 \times 51 \text{ м}^2$. ПП должна быть разделена на сегменты в зависимости от типа лесных земель, категории земель, доступности и характеристик древостоя (возраст, породный состав).

Оцениваемые переменные каждого сегмента включают: структуру насаждения, видовой состав и тип смешения пород, класс возраста основного яруса, происхождение (искусственное или естественное, порослевое или семенное). Подрост высотой более 10 см и диаметром 6,9 см на высоте 1,3 м оценивают на двух круговых вспомогательных ПП;

- *подеревный уровень.* Информацию собирают на 2-х концентрических кругах: стволы

с диаметром ≥ 7 см в малом круге радиусом 5 м и стволы с пороговым значением диаметра ≥ 27 см на большем круге радиусом 12,62 м. Кроме того, оценивают диаметр, высоту, диаметр ствола у вершины, высоту кроны, проекцию кроны, качество ствола, с отнесением к классу для последующей оценки сортиментов по моделям, наличие развилки, повреждение ствола и др.;

- *уровень трансекты.* Информацию собирают на 2-х типах трансект – длинная трансекта и трансекта для оценки валежника. На длинной трансекте (300 м) оценивают:

- ✓ точечные объекты (на полосе шириной 50 м): захламливание, редкие породы деревьев, туристические объекты и объекты для ведения охотничьего хозяйства;
- ✓ линейные объекты: лесные дороги, водотоки, лесные опушки, эрозия почвы;
- ✓ площадные объекты: зоны питания родников, болота, встречаемость инвазивных видов, мусорные свалки.

Всю совокупность выборочных данных НИЛ (полевых обследований и фотопроб) загружают в базу данных PostgreSQL (DB), работающую в операционной системе Linux, которая размещена на центральном сервере Института управления лесами (ÚNÚL) [42]. База данных связана с клиентскими приложениями, в том числе приложением PostGIS, работающем с пространственными данными. Специальное приложение (FONIL) управляет потоком данных обработки фотопроб и пространственных данных в среде ГИС Topol. Расчет результатов НИЛ происходит в среде PostgreSQL с использованием программной библиотеки est4nfi, разработанной в Институте (ÚNÚL) и внедренной в C++.

Количество учитываемых показателей на ППП – более 100.

Фактическая погрешность определения запаса древесины составляет ± 1 %, доверительный интервал – 0,95. Точность количественных показателей выражается в виде интервальных оценок.

Обсуждение результатов

Общие закономерности и тенденции развития НИЛ

Анализ методов и технологий ведения НИЛ за рубежом выявил особенности, общие закономерности, достоинства выборочно-статистических методов учета лесов, современные тенденции развития и применения.

Длительность во времени рядов наблюдений.

Наиболее длительные временные ряды данных сформированы в Скандинавских странах и США. Опыт ведения НИЛ в Норвегии, Швеции и Финляндии составляет более 100 лет, в США – более 90 лет. Для Канады и Чехии это относительно новый вид лесочетных работ. В Канаде проводится только 2-й цикл, в Чехии – в 2020 г. завершен 3-й цикл НИЛ. Большой объем данных, сформированный в результате длительных во времени рядов наблюдений, позволяет оценивать динамику лесотаксационных характеристик, проводить как ретроспективный анализ, так и прогноз на перспективу. Например, такие прогнозы основных таксационных параметров на 50-летний период по данным НИЛ составляют в США [20]. В Европейском Союзе прогнозная модель динамики лесного хозяйства (European Forestry Dynamics Model – EFDМ) на основе данных НИЛ внедрена в 21 стране⁶³.

НИЛ – отдельный от лесоустройства вид лесочетных работ. С начала создания НИЛ рассматривался как отдельный от лесоустройства вид лесочетных работ, опирающийся на методы выборочных статических исследований. НИЛ стали основой средне- и долгосрочного планирования развития лесного сектора и использования лесов на уровне страны, а практическая деятельность на уровне операционных единиц – лесотаксационных выделов – опирается на данные лесоустройства. Планирование и организация ведения лесного хозяйства нуждаются в поведельной информации и ряде характеристик, отвечающих регламентам лесоводственных мероприятий в ходе жизненного цикла древостоя

⁶³ <https://ec.europa.eu/jrc>

и хозяйственного использования. В ряде рассмотренных нами стран, относительно небольших по площади, часть показателей, собранных выборочно-статистическим методом, интегрируется с поведельной информацией (Финляндия, Чехия). Это позволяет использовать данные пробных площадей в сочетании с данными лесоустройства для уточнения запасов древостоев и других характеристик, необходимых для планирования и организации пользования лесами, а частным собственникам – целенаправленно реализовать лесохозяйственные мероприятия для увеличения доходности. И наоборот, планы лесонасаждений используют в Чехии в сочетании с НИЛ как источники сводной информации о национальных лесах [41].

Объективная оценка запаса древесины. Подеревные измерения инструментальным методом на наземных ППП, по сравнению с глазомерно-измерительной оценкой древостоя при лесоустройстве, дают более объективную характеристику запаса древесины с большей точностью. Например, разница в общих запасах древесины, полученных после перехода на выборочно-статистический метод в первом цикле НИЛ Чехии, с поведельной оценкой при лесоустройстве составила +38,5 % при погрешности ± 1 %. Площадь лесопокрытых земель, определенная по данным НИЛ Чехии, оказалась больше на 6,2 % по сравнению с данными лесоустройства [42].

Расчетная погрешность определения запаса древесины по измерениям на ПП НИЛ в США составляет $\pm 1-0,5$ % [20] при уровне значимости 0,67. В Скандинавских странах нормативная погрешность определения запаса древесины ± 1 % при уровне значимости 0,95, а фактическая – ниже расчетной. Например, в последнем цикле НИЛ Финляндии погрешность определения общего запаса древесины составила менее $\pm 0,4$ % (расчетная ± 1 %) [38]. Систематическая ошибка глазомерно-измерительного метода поведельной оценки насаждения при лесоустройстве может достигать 20–30 % [44].

Преимущества подеревных измерений на ПП заключаются в возможности объективной

оценки текущего прироста запаса, тогда как при поведельной оценке можно определить только средний годичный прирост. В США, где учет лесов исторически проводится на ППП, определяют только текущий прирост, а средний годичный прирост как показатель не используют [20]. Он принят в европейских странах, где его определяют наряду с текущим. Например, по данным последней НИЛ Чехии, общий текущий прирост запаса составляет 12,8 млн м³ (без коры), общий средний – 18,2 млн м³ (без коры), средний текущий – 5,0 м³/га (2020 г.), среднегодовой – 7,1 м³/га [40].

Принципы НИЛ. Принцип сбора данных НИЛ – случайная и систематическая выборка или их сочетание. В основе построения сети НИЛ рассмотренных стран – пространственно-стратифицированная выборка (в англоязычной литературе известна как рандомизированная стратифицированная выборка). Схема построения сети и закладки ПП, их размеры имеют строгое и полноценное математико-статистическое обоснование. Требования к построению сети ППП – постоянство наблюдений для преемственности и накопления последовательных по времени данных. В историческом аспекте в большинстве стран равномерная регулярная (систематическая) выборка стала наиболее часто используемой формой выборки при проведении НИЛ, так как признается наилучшей с точки зрения репрезентативности [4, 9]. ПП располагают в сети различной плотности с ячейками различной конфигурации (квадраты, шестигранники-гексагоны), но чаще всего используют квадратную сеть. Размеры ячеек варьируют по странам от 0,5×0,5 и 16×16 км (Чехия) до 20×20 и 40×40 км (Канада). В США для проведения НИЛ применяют сеть с ячейками в форме шестигранника (гексагона) размером 5×5 км. В Скандинавских странах в силу экономической целесообразности при проведении НИЛ широкое распространение получила кластерная выборка с проектированием сети постоянных и временных пробных площадей по регулярному принципу. Этому способствовали сравнительно небольшие размеры территории и хорошо развитая транспортная

инфраструктура. В Канаде иная ситуация. Большие площади лесов и федеративное устройство страны обусловили комбинированный подход к построению сети сбора данных, включающий сеть фотопроб аэро- и космических снимков, регулярно размещенных по территории, в комплексе со случайной стратифицированной выборкой наземных ППП.

Во всех странах придерживаются принципа непрерывности обследований на ПП, каждый следующий цикл проводят по завершении предыдущего. Периодичность инвентаризации составляет от 5 до 10 лет. В настоящее время в США, Скандинавских странах и Чехии осуществлен переход от периодической к непрерывной НИЛ⁶⁴.

Стратификация лесов в разных странах выполняется по-разному. В Канаде для стратификации используют экологические зоны; в США и Чехии – дифференциацию по категориям земель: лесные, включая редины, и лесопокрываемые; в странах Скандинавии – лесорастительное и природно-климатическое районирование в сочетании с административной принадлежностью территорий.

Новые тенденции

Изменение стратегической направленности НИЛ. Цель проведения инвентаризации во всех рассмотренных странах обобщенно сводится к следующему: обеспечить повышение информированности о лесных ресурсах страны и их рациональное использование путем всеобъемлющей оценки состояния и тенденций развития лесных экосистем и использования лесов на основе актуальной, последовательной во времени и достоверной информации. В ответ на глобальные вызовы и смену парадигмы от пользования лесами к управлению произошла коррекция стратегических ориентиров. Акцент смещен от ресурсной к мониторинговой составляющей. На сегодня данные НИЛ нацелены на мониторинг лесных ресурсов и состояния лесных экосистем в масштабе страны, анализ временной и пространственной динамики национальных лесов для стратегического планирования

долговременного лесопользования, сохранности лесных ландшафтов и биоразнообразия.

Дополнение показателей НИЛ. Изменение стратегической направленности в ответ на общественные потребности и смену парадигмы привели к увеличению перечня показателей, измеряемых на ППП НИЛ. Во всех рассмотренных странах общее число измеряемых на ППП и оцениваемых переменных составляет более 100 (США – более 100, Норвегия – 120, Швеция – 200, Финляндия – 150). К традиционным лесотаксационным характеристикам (площадь, породный состав, возраст, высота, диаметр, запас и др.) добавились показатели, ранее учитываемые в сети мониторинга «здоровья» леса [35]: показатели санитарного и лесопатологического состояния, прирост запаса древесины и накопление отпада, запасы древесного детрита, площади лесонепокрываемых земель, других земель с растительным покровом, лесов, доступных для заготовки древесины, рекреационные характеристики, характеристики местообитаний и пр. Участие в международных процессах и вытекающие из них обязательства побуждают добавить еще и набор показателей, предусмотренных международной отчетностью.

Интеграция систем мониторинга и НИЛ. В рассмотренных странах системы НИЛ взаимосвязаны с национальными системами мониторинга окружающей среды, по сути, системы мониторинга встроены в НИЛ. В США этот процесс начался в 1999 г., и в настоящее время учетные показатели древостоя, санитарно-лесопатологического состояния и экологические характеристики мест обитаний оценивают одновременно на совмещенной сети ППП. В ЕС подготовка к объединению систем НИЛ и мониторинга стартовала в 2003 г. с создания Европейской национальной сети инвентаризации лесов (ENFIN)⁶⁵. Цель ENFIN – способствовать продвижению НИЛ в качестве комплексных систем мониторинга путем сбора согласованной информации о лесных экосистемах, лесных ресурсах, изменениях земного покрова, землепользования, ландшафта [12]. ENFIN выполняет исследовательские

⁶⁴ <https://nil.uhul.cz/en/information-home/present>

⁶⁵ <http://www.enfin.info/>

работы, направленные на получение сопоставимых результатов НИЛ для региональной и международной отчетности. В группу ENFIN входят университеты и исследовательские институты 25 европейских стран под руководством Института природных ресурсов Финляндии [45].

Новая лесная стратегия ЕС до 2030 года⁶⁶ признает необходимость развития европейской системы мониторинга лесов во всех странах-членах ЕС на основе НИЛ. Девиз новой стратегии «От НИЛ к мониторингу лесов на уровне ЕС» обозначает стратегическое направление развития НИЛ в европейских странах.

До настоящего времени в мире отсутствовали единые методы измерений переменных на ПП и стандартные технологии НИЛ. Все они базировались на принятой национальной терминологии, опыте и исторически сложившейся практике учетных работ в интересах потенциальных пользователей. Сейчас происходит процесс оптимизации систем НИЛ. На мировом, региональном и европейском уровнях предпринимаются попытки свода терминологии и методов измерений. Инициатором процесса на международной арене выступает ФАО, на европейском и региональном уровнях такие усилия предпринимаются в рамках программы Кооперации в сфере науки и технологий ЕС – COST Action (Cooperation in the field of Scientific and Technical Research).

Гармонизация терминологии. В силу различных исторических особенностей, различий природных условий и стратегической направленности, при проведении НИЛ в европейских странах используют сложившиеся термины и методологии, из-за отсутствия сопоставимости которых возникают трудности свода данных на уровне ЕС. Для этой цели проводят гармонизацию терминов и методов. При этом подчеркивают, что осуществляют именно гармонизацию, а не стандартизацию. Стандартизация подразумевает, что все страны должны применять одни и те же определения и даже единые рекомендации (протоколы) сбора полевых данных, в то время как гармонизация подразумевает только окончательное

преобразование национального определения в согласованное для региона (общеевропейское). Таким образом, гармонизация предполагает всестороннее изучение терминологии и применяемых методов НИЛ и их адаптацию, а не работу по единым стандартам, чтобы не потерять вследствие «перезагрузки» длительные во времени ряды наблюдений. Гармонизация не затрагивает методологию НИЛ, т.е. принципы построения сети наблюдений, объем выборки, размещение ПП, методику оценки и точность определения показателей. В результате гармонизация оставляет странам определенную степень свободы в использовании существующих определений и временных рядов данных, а не принуждает создавать новые или параллельные системы сбора данных [12]. Это важно в условиях растущих международных требований к информации и отчетности о лесах, поскольку появляются новые обязательства, стратегические установки, а стандартизация сбора полевых данных к каждому новому международному соглашению потребовала бы дополнительных финансовых затрат.

Сотрудничество европейских стран по гармонизации терминологии и методов НИЛ выполняется в проектах COST Европейской национальной сети инвентаризации лесов (ENFIN). Согласованию терминологии посвящен проект COST E43 (2004–2008 гг.)⁶⁷. Эксперты в рамках проекта выработали единые определения и пороговые значения таких показателей, как лесные земли, лесопокрытые земли, прочие земли с древесной растительностью, деревья вне границ лесопокрытых земель, леса эксплуатационного назначения (в англоязычном варианте пригодные для производства древесины – FAWS), качество древесины, прирост запаса древесины и др. с целью улучшить сопоставимость национальных показателей. В некоторых европейских странах, например Чехии, термин «леса эксплуатационного назначения» ранее не применялся, деревья вне лесных земель не учитывали. Национальное определение лесных и нелесных земель также отличалось от трактовки ГОЛР ФАО и общеевропейского,

⁶⁶ <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-13537-2021-INIT/en/pdf>

⁶⁷ <https://www.cost.eu/actions/E43/>

согласованного в рамках проекта COST E43 [41]. Для отчетности по критериям и индикаторам в региональном процессе Министерская конференция по защите лесов Европы⁶⁸ [46] возникла необходимость в гармонизации национальной терминологии и дополнении показателей оценки. Во втором цикле НИЛ Чехии эти разночтения были преодолены. Определение площади категорий лесных и нелесных земель выполнено по фотопробам в сети квадратов с ячейками 0,5×0,5 км, оценка деревьев вне лесных земель – по трансектам в сети с ячейками 1×1 км, а отнесение лесов к эксплуатационным – с использованием комплекса источников данных, включая ПП НИЛ, планы лесонасаждений, материалы аэросъемки [41].

Гармонизация методов НИЛ. По завершении согласования терминологии в 2010 г. сотрудничество европейских стран продолжилось при выполнении инициированного группой ENFIN нового проекта «Совершенствование данных и информации о потенциале пользования лесными ресурсами. Европейский подход на основе многоисточниковых НИЛ. COST Action FP1001, USEWOOD»⁶⁹. Он направлен на гармонизацию методов оценки лесных ресурсов, получения сопоставимой информации по странам ЕС и корректного свода в региональной отчетности. Такая сводная информация необходима также для оценки доступной биомассы и перспектив ее использования лицами, принимающими решения в лесном, природоохранном, деревообрабатывающем и энергетическом секторах ЕС⁷⁰. Проект реализован в 21 стране ЕС в 2010–2014 гг. По итогам проекта национальные эксперты НИЛ стран ЕС представили терминологически согласованную информацию о площади лесных земель, площади лесов эксплуатационного назначения, структуре и составе древесных пород, используемых моделях хода роста, регламентах проведения лесоводственных мероприятий в зависимости от возраста насаждений, используемых прогнозных

моделей для общей оценки биомассы лесов Европы [47]. Другие аспекты гармонизации методов НИЛ касались моделей оценки запаса древесины и прироста запаса древесины [10], оценки качества стволовой древесины по национальным данным [11]. В отношении моделей расчета объема и запасов по выборке деревьев на ППП и прироста запасов используемые в разных странах модели расчета оказались трудно сопоставимы. Тем не менее гармонизация моделей позволила внедрить в практику НИЛ меры, направленные на обеспечение согласованных прогнозов объема ствола для сопоставимых оценок запасов лесных ресурсов. В отношении оценки качества ствола были обнаружены большие различия по странам ЕС, и гармонизация оказалась невозможна [12]. Исследования в этом направлении в дальнейшем будут продолжены.

Совершенствование технологии – «многоисточниковая» НИЛ. Проект «Совершенствование данных и информации о потенциале пользования лесными ресурсами. Европейский подход на основе многоисточниковых НИЛ. COST Action FP1001, USEWOOD» и последующий проект «Распределенная, интегрированная и согласованная информация о лесах для прогнозов биоэкономики (DIABOLO)»⁷¹ Программы в области исследований и инноваций ЕС «Горизонт 2020» (2014–2020 гг.) стали продолжением ранее предпринятых усилий по гармонизации. Проекты нацелены на инновационное использование наземных данных, аэро- и космических технологий мониторинга и систем глобального позиционирования [12].

В основе современных НИЛ всех европейских стран – сочетание источников данных, в том числе базы данных наземных измерений и обследований на ПП, цифровые карты, материалы аэро- и космической съемки, лидарная съемка для оценки запаса древесины и биомассы. Преимущества использования комплекса источников проявляются в возможности слежения с большей

⁶⁸ www.foresteurope.org

⁶⁹ <https://www.cost.eu/actions/FP1001>

⁷⁰ <https://sites.google.com/site/costactionfp1001/>

⁷¹ <http://diabolo-project.eu/>

оперативностью за динамикой показателей и пространственными преобразованиями лесопокрываемых земель и лесных земель в другие категории землепользования, получения информации о лесных экосистемах и ландшафтах, а также в возможности оценки деревьев на всех категориях земель, а не только на лесопокрываемых, разработке прогнозных моделей состояния и динамики лесов на перспективу. Концепция такого специального моделирования сценариев землепользования, роста и развития древостоев, проведения лесохозяйственных мероприятий по мере развития древостоев разработана в рамках проекта DIABOLO⁷². Модель создана в Институте природных ресурсов Финляндии (Luke), который является координатором проекта, а затем внедрена в 21 стране ЕС⁷³.

Международные процессы и требования отчетности. Дополнение показателей и дополнительная выборка для их определения. Одной из побудительных причин гармонизации терминологии и развития методов НИЛ за рубежом является выполнение национальных обязательств в международных процессах и требований международной обязательной и добровольной отчетности. НИЛ служит основным источником сводной информации о лесах в международных и региональных процессах по критериям и индикаторам устойчивого развития, достижению целей устойчивого развития (ЦУР) Повестки дня в области устойчивого развития ООН до 2030 года, отчетности о лесных ресурсах для ГОЛР ФАО, РКИК ООН, КБР ООН [12]. Региональная Секция лесного хозяйства и лесоматериалов ЕЭК ООН/ФАО (joint UNECE/FAO Forestry and Timber Section) играет ключевую роль в регулярной оценке состояния лесов европейского региона и публикует ежегодные сводные показатели лесного сектора, которые базируются на данных НИЛ. Национальные доклады на добровольной основе согласованы для мониторинга и оценки усилий по осуществлению Стратегического

плана по лесам на 2017–2030 гг. Форума ООН по лесам⁷⁴. НИЛ в качестве основного источника данных о количественных и качественных характеристиках лесов вносят вклад в подготовку национальных докладов⁷⁵. Требования к международной отчетности заставляют дополнять традиционно оцениваемые на ПП НИЛ показатели новыми. Например такими, как: площадь земель, преобразованных из лесных в земли других категорий; параметры и запасы древесного детрита, для оценки которых проводят специальные обследования на трансектах ПП; характеристика лесной подстилки; площади и запасы деревьев вне лесных земель на других категориях; характеристики лишайников как индикаторов загрязнения воздуха и климатических изменений и повреждение лесов озоном, для изучения которых проводят специальные обследования (НИЛ США)⁷⁶. Одни показатели используют для отчетности в рамках РКИК ООН, другие – для мониторинга состояния лесов и отчетности по КБР. Дополнение показателей НИЛ сопряжено с проектированием дополнительной выборки для их определения. Так, в НИЛ Чехии для оценки категорий земель, отвечающих требованиям отчетности РКИК ООН, конверсии лесопокрываемых земель в земли других категорий и оценки точности площадей земель проводят специальные обследования с дешифрированием фотопроб и наземной верификацией в регулярной сети 16×16 км [41].

Заключение

На сегодняшний день программы НИЛ осуществлены в 112 странах мира [45], что создает надежную основу для получения количественных и качественных характеристик лесов с известной статистической погрешностью. Глобальная оценка лесов, инициированная ФАО в 1946 г., опирается на системы национальных инвентаризаций лесов.

⁷² <https://cordis.europa.eu/project/id/633464>

⁷³ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93450/lb-na-27004-en-n.pdf>

⁷⁴ <https://www.un.org/esa/forests/documents/national-reports/index.html>

⁷⁵ <https://www.un.org/esa/forests/documents/national-reports/unff15/index.html>

⁷⁶ https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2020/01/US_Report.pdf

В ответ на современные глобальные вызовы и смену парадигмы от пользования лесами к управлению происходит изменение стратегической направленности НИЛ. Акцент смещен с ресурсной составляющей на анализ временной и пространственной динамики. Современные НИЛ нацелены на мониторинг лесных ресурсов и состояния лесных экосистем в национальном и региональном масштабе для стратегического планирования долгосрочного лесопользования, сохранности лесных ландшафтов и биоразнообразия для будущих поколений. Изменение стратегической направленности в ответ на общественные потребности и смену парадигмы привело к интеграции НИЛ и систем мониторинга.

НИЛ в зарубежных странах развиваются в направлении гармонизации терминологии, структуры выборки, методов оценки древесных ресурсов и компонентов экосистем, дополнения показателей, применения новых технологических

решений, комплексного использования источников данных, прогнозного моделирования состояния и динамики лесов на перспективу, гибко подстраиваются под возрастающие требования к информации о лесах в международных и региональных процессах.

Анализ принципов построения сети ПП, методов статистической инвентаризации лесов в странах, имеющих долговременные ряды наблюдений, методических решений и практических результатов будет полезен в разных аспектах и областях применения: для совершенствования методики ГИЛ при последующих циклах, корректного сопоставления статистики, представляемой по данным НИЛ в различных международных процессах по лесам, наращивания потенциала для подготовки национальной отчетности и сообщений в соответствии с международными обязательствами России на основе данных ГИЛ.

Список источников

1. Аналитический обзор количественных и качественных характеристик лесов Российской Федерации: итоги первого цикла государственной инвентаризации лесов [Электронный ресурс] / А.Н. Филипчук, Н.В. Малышева, Т.А. Золина, С.В. Федоров, А.М. Бердов, В.Н. Косицын [и др.] // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 1. – С. 5–34. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.01. – Режим доступа: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
2. Алексеев, А.С. Теоретические основы государственной (национальной) инвентаризации лесов / А.С. Алексеев // Лесное хоз-во. – 2009. – № 4. – С. 31–33.
3. Алексеев, А.С. Опыт статистической инвентаризации лесов в России и современная государственная инвентаризация лесов / А.С. Алексеев // Лесн. хоз-во. – 2013. – № 2. – С. 41–43.
4. A constructive review of the State Forest Inventory in the Russian Federation [Электронный ресурс] / A. Alekseev, E. Tomppo, R.E. McRoberts, von K. Gadow // Forest Ecosystems 2019. 6:9. DOI: 10.1186/s40663-019-0165-3 – режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0165-3>
5. Обзор методов инвентаризации лесов в зарубежных странах / А.Н. Филипчук, В.В. Страхов [и др.]. – М. : ВНИИЦлесресурс, 1995. – С. 53–88.
6. Креснов, В.В. Национальная инвентаризация лесов в зарубежных странах [Электронный ресурс] / В.В. Креснов, В.В. Страхов, А.Н. Филипчук // Лесохозяйственная информация. – 2008. – № 10–11. – С. 53–88. – Режим доступа: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
7. Инвентаризация лесов России : моногр. / Ю.И. Перепечина, О.И. Глушенков, Р.С. Корсииков, И.С. Глушенков. – Брянск : изд-во филиал ФГБУ «Рослесинфорг» «Заплеспроект», 2019. – 208 с.
8. Глушенков, О.И. Первые результаты государственной инвентаризации лесов / О.И. Глушенков, Р.С. Корсииков, И.С. Глушенков // Лесное хоз-во. – 2011. – № 4. – С. 38–40.
9. Алексеев, А.С. Основные принципы организации и проведения государственной инвентаризации лесов / А.С. Алексеев // Вопросы лесной науки. – 2019. – Т. 2 (1). – С. 1–18.
10. Comparison of methods used in European National Forest Inventories for the estimation of volume increment: towards harmonization / T. Gschwantner, A. Lanz, C. Vidal, M. Bosela, L. Di Cosmo, J. Fridman, P. Gasparini, A. Kuliešis, S. Tomter, K. Schadauer // Annals of Forest Science. – 2016. 73:807–821. DOI 10.1007/s13595-016-0554-5.
11. Harmonisation of stem volume estimates in European National Forest Inventories / T. Gschwantner, I. Alberdi, A. Balázs, S. Bauwens, S. Bender, D. Borota, M. Bosela [et al.] // Annals of Forest Science. – 2019. – 76: 24 <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0800-8>
12. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland: Springer International Publishing, 2016. – 843 p. DOI 10.1007/978-3-319-44015-6
13. National Forest Inventory in the Czech Republic 2001–2004. Introduction, methods, results [Электронный ресурс]. – Forest Management Institute, 2007. – 224 p. – Режим доступа: www.uhul.cz
14. Forest Resources of the United States, 2017: A Technical Document Supporting the Forest Service 2020 RPA Assessment [Электронный ресурс] / S.N. Oswalt, B.W. Smith, P.D. Miles, and S.A. Pugh. – 2019. – 223 p. – Режим доступа: <https://doi.org/10.2737/WO-GTR-97>
15. U.S. Forest Resource Facts and Historical Trends. Forest Service FS-1035. 2014. – 64 p.
16. Defining the United States Land Base. A Technical Document Supporting the USDA [Электронный ресурс] / M.D. Nelson, K.H. Riitters, J.W. Coulston, G.M. Domke, E.J. Greenfield, L.L. Langner [et al.] / – USDA Forest Service, 2020. – 70 p. – Режим доступа: <https://doi.org/10.2737/NRC-GTR-191>
17. Forest Health Indicators. Forest Inventory and Analysis Program. – Forest Service FS-746, 2002. – 23 p.
18. Forest Ecosystem Health Indicators. – Forest Service FS-1151, 2020. – 28 p.
19. Forest Inventory and analysis national core field guide. V 1: Field data collection procedures for phase 2 plots. Version 9.0. – USDA Forest Service, 2019. – 435 p.

20. McRoberts, R.E. United States of America. Chapter 45. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / R.E. McRoberts, P.D. Miles ; ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 829–842.
21. Грей, Дж. А. Канадский опыт организации лесных концессий / Дж. А. Грей // Устойчивое лесопользование. – 2004. – № 1 (3). – С. 28–35.
22. State of Canada's Forests 2020. Annual Report. Natural Resources Canada [Электронный ресурс]. – 2020. – 88 p. – Режим доступа: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests-forestry/state-canadas-forests-report/16496>
23. Canada's National Forest Inventory. Ground Sampling Guidelines. Version 5.0. [Электронный ресурс]. – 2008. – 271 p. – Режим доступа: <https://nfi.nfis.org/en/general>
24. Canada's National Forest Inventory National Standards for Ground Plots – Data Dictionary. NFI 2004 B. V 1.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nfi.nfis.org>
25. Gillis, M.D. Monitoring Canada's forests: The National Forest Inventory / M.D. Gillis, A.Y. Omule, T. Brierley // The Forestry Chronicle. – 2005. – Vol. 81. – № 2. – P. 214–221.
26. Canada's National Forest Inventory Business Process 2021 [Электронный ресурс]. – Ver. 8. – 29 p. – Режим доступа: <https://nfi.nfis.org/en/general>
27. Global Forest Resource Assessment 2020 Report. Norway. – Rome : FAO, 2020. – 60 p.
28. Who Owns Our Forests? Forest Ownership in the ECE Region. – New York and Geneva, UNECE and FAO UN, 2019. – 227 p.
29. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions [Электронный ресурс] / J. Breidenbach, A. Granhus, G. Hylen, R. Eriksen and R. Astrup // Forest Ecosystems. – 2020. – 7:46 – Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00261-0>
30. The Norwegian Forest Habitat Inventory [Электронный ресурс]. – 2010. – 6 p. – Режим доступа: <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/The-Norwegian-Forest-Habitat-Inventory/id610571/>
31. Global Forest Resource Assessment 2020 Report. Sweden. – Rome : FAO, 2020. – 57 p.
32. Forest and Forestry in Sweden. Stockholm: The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry (KSLA). – 2016. – 23 p.
33. Fridman, J. Sweden. Chapter 42. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / J. Fridman, B. Westerlund ; ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland: Springer International Publishing, 2016. – P. 769–782.
34. Adapting National Forest Inventories to changing requirements – the case of the Swedish National Forest Inventory at the turn of the 20th century [Электронный ресурс] / J. Fridman, S. Holm, M. Nilsson, P. Nilsson, A. Ringvall, G. Ståhl // Silva Fennica. – 2014. – Vol. 48. – № 3. Article id 1095. – 29 p. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1095>
35. Designing a New National Forest Survey for Sweden [Электронный ресурс] / B. Ranneby, T. Cruse, B. Hagglund, H. Jonasson, J. Sward // Studia Forestalia Suecica. – 1987. – № 177. – 30 p. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/43091318>
36. Rapid Changes in Ground Vegetation of Mature Boreal Forests – An Analysis of Swedish National Forest Inventory Data / B.G. Jonsson, J. Dahlgren, M. Ekström, P.-A. Esseen, A. Grafström, G. Ståhl, B. Westerlund // Forests. – 2021. – 12. – 475. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/f12040475>
37. Global Forest Resource Assessment 2020 Report. Finland. – Rome : FAO, 2020. – 58 p.
38. Designing and Conducting a Forest Inventory – case: 9th National Forest Inventory of Finland / E. Tomppo, J. Heikkinen, H.M. Henttonen, A. Ihalainen, M. Katila [et al]. – Dordrecht, Heidelberg, London, New York : Springer Science+Business Media B.V., 2011. – 270 p. DOI 10.1007/978-94-007-1652-0
39. Korhonen, K.T. Finland. Chapter 19. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / K.T. Korhonen ; ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 369–384.

40. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České Republiky v roce 2020. Ministerstvo zemědělství : Praha, 2021. – 128 p. – Режим доступа: www.eagri.cz
41. Kučera M. Czech Republic. Chapter 16. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / M. Kučera ; ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 307–325.
42. Národní inventarizace lesů v České Republice – výsledky druhého cyklu 2011–2015 [Электронный ресурс]. – Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2019. – 442 p. – Режим доступа: https://nil.uhul.cz/downloads/2019_kniha_nil2_web.pdf
43. Pracovní postupy terénního šetření Sledování stavu a vývoje lesních ekosystémů (2016–2020) [Электронный ресурс]. – ÚHÚL/1013/2021/KM, 2021. – 664 p. – Режим доступа: <https://nil.uhul.cz/aktuality/43-ukonceni-sberu-dat-a-publikace-pracovnich-postupu-ssvle-2016-2020>.
44. Бореальные леса России: возможности для смягчения изменения климата [Электронный ресурс] / А.Н. Филипчук, Н.В. Малышева, Т.А. Золина, А.Н. Югов // Лесохозяйственная информация. – 2020. – № 1. – С. 92–113. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.10. Режим доступа: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>.
45. The role of European National Forest Inventories for international forestry reporting / C. Vidal, I. Alberdi, J. Redmond, M. Vestman, A. Lanz, K. Schadauer // Annals of Forest Science. – 2016. – 73:793–806. DOI 10.1007/s13595-016-0545-6
46. Forest Europe, 2020: State of Europe's Forests 2020. UNECE and FAO UN: Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe [Электронный ресурс]. – Forest Europe. Liaison Unit Bratislava. Slovak Republic, 2020. – 394 p. – Режим доступа: www.foresteurope.org
47. Overview of methods and tools for evaluating future woody biomass availability in European countries / S. Barreiro, M.-J. Schelhaas, G. Kändler [et al.] // Annals of Forest Science. – 2016. – 73:823–837. DOI 10.1007/s13595-016-0564-3

Ссылки на Интернет-источники

США

1. https://www.fia.fs.fed.us/about/about_us/
2. <http://www.fao.org/3/cb0086en/cb0086en.pdf>
3. <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/en/cb0086en/cb0086en.pdf> <http://www.fao.org/3/cb0086en/cb0086en.pdf>
4. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/biodiversity/>
5. <http://www.fao.org/3/cb0086en/cb0086en.pdf>.
6. <http://www.fia.fs.fed.us>

Канада

7. <https://nfi.nfis.org/en/about>
8. <http://www.fao.org/3/ca9983en/ca9983en.pdf>
9. <https://nfi.nfis.org/en/about>
10. <https://nfi.nfis.org>
11. <https://nfi.nfis.org/en/maps>
12. Photo Plot Data Dictionary for Second Remeasurement Version 6.0 September 5, 2017.
13. <https://nfi.nfis.org/en>
14. NFI Brochure <https://nfi.nfis.org/en>
15. <https://nfi.nfis.org/resources/general/NFI-Business-Process-Version-8.0.pdf>

Норвегия

16. <https://www.regjeringen.no/en/dep/lmd/id627/>
17. <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/nou-2013-10/id734440/>
18. https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/lmd/vedlegg/brosjyrer_veiledere_rapporter/the_norwegian_forest_habitat_inventory_engelsk.pdf
19. <https://www.ssb.no/en/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/landsskogtakseringen>
20. <https://nibio.no/en/subjects/forest/national-forest-inventory>
21. <https://nibio.no/en>
22. <https://www.ssb.no/en/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/landsskogtakseringen>
23. <https://www.ssb.no/en/lst>

Швеция

24. <https://www.slu.se/en/ew-news/2020/5/standing-volume-is-increasing-at-a-slower-rate>
25. <https://www.sveaskog.se/en/about-sveaskog/sveaskog-in-brief>
26. <https://www.skogsstyrelsen.se/en>
27. <https://www.slu.se/en/environment/statistics-and-environmental-data/>
28. <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/the-swedish-national-forest-inventory/about-the-nfi/>
29. <https://taxwebb.slu.se/pages/startenglish.aspx>
30. <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/Swedish-Forest-Soil-Inventory/>
31. <https://www.slu.se/nfi>
32. <https://www.slu.se/en/Collaborative-Centres-and-Projects/the-swedish-national-forest-inventory>

Финляндия

33. https://stat.luke.fi/en/forest-resources-region_en-4
34. <https://www.luke.fi/en/news/forest-growth-rate-decelerated-volume-of-growing-stock-increased/>
35. <https://julkaisut.metsa.fi/assets/pdf/mh-vuosittaiset/mhannualreport2020.pdf>
36. <https://mmm.fi/en/ministry>
37. <https://www.metsa.fi/en/>
38. <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/info-en.htm>
39. www.luke.fi
40. <https://www.luke.fi/en/natural-resources/forest/forest-resources-and-forest-planning/forest-resources/>
41. <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2017/11/NFI-2017-www.pdf>
42. <http://mela2.metla.fi/mela/tupa/tupaindex-en.htm>
43. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538149/luke-luobio_7_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y
44. <https://www.luke.fi/en/natural-resources/forest/forest-resources-and-forest-planning/forest-resources/>
45. <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/en/LUKE/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0>
46. <http://kartta.metla.fi/opendata/valinta-en.html>
47. <https://www.luke.fi/wp-content/uploads/2017/11/NFI-2017-www.pdf>

Чехия

48. <https://nil.uhul.cz/>
49. <https://mlh.by/lio/2016-6/7.pdf>
50. <http://www.uhul.cz/kdo-jsme>
51. <http://www.uhul.cz/who-we-are/activity-subject>
52. <http://www.uhul.cz/nase-cinnost/narodni-inventarizace-lesu/uvod>
53. <http://www.uhul.cz/what-we-do/national-forest-inventory>
54. <http://www.enfin.info/>

55. <https://nil.uhul.cz/en/news/45-nfi3-2016-2020-data-collection-finished-field-instructions-available-for-download>
56. <https://nil.uhul.cz/metodika-nil/zakladni-informace>
57. <https://www.fieldmap.cz/?page=home>
58. <https://nil.uhul.cz/aktuality/43-ukonceni-sberu-dat-a-publikace-pracovnich-postupu-ssvle-2016-2020>
59. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93450/lb-na-27004-en-n.pdf>
60. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-13537-2021-INIT/en/pdf>
61. <https://nil.uhul.cz/en/information-home/present>

Европейский Союз

62. <http://www.enfin.info>
63. <https://www.cost.eu/actions/E43/>
64. www.foresteuropa.org
65. <https://www.cost.eu/actions/FP1001>
66. <https://sites.google.com/site/costactionfp1001/>
67. <http://diabolo-project.eu/>
68. <https://cordis.europa.eu/project/id/633464>
69. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC93450/lb-na-27004-en-n.pdf>
70. <https://www.un.org/esa/forests/documents/national-reports/index.html>
71. <https://www.un.org/esa/forests/documents/national-reports/unff15/index.html>
72. https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2020/01/US_Report.pdf

References

1. Analiticheskij obzor kolichestvennyh i kachestvennyh harakteristik lesov Rossijskoj Federacii: itogi pervogo cikla gosudarstvennoj inventarizacii lesov [Elektronnyj resurs] / A.N. Filipchuk, N.V. Malysheva, T.A. Zolina, S.V. Fedorov, A.M. Berdov, V.N. Kosicyn [i dr.] // Lesochozyajstvennaya informaciya. – 2022. – № 1. – S. 5–34. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.01. – Rezhim dostupa: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
2. Alekseev, A.S. Teoreticheskie osnovy gosudarstvennoj (nacional'noj) inventarizacii lesov / A.S. Alekseev // Lesnoe hoz-vo. – 2009. – № 4. – S. 31–33.
3. Alekseev, A.S. Opyt statisticheskoy inventarizacii lesov v Rossii i sovremennaya gosudarstvennaya inventarizaciya lesov / A.S. Alekseev // Lesn. hoz-vo. – 2013. – № 2. – S. 41–43.
4. A constructive review of the State Forest Inventory in the Russian Federation [Elektronnyj resurs] / A. Alekseev, E. Tomppo, R.E. McRoberts, von K. Gadow // Forest Ecosystems 2019. 6:9. DOI: 10.1186/s40663-019-0165-3 – rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0165-3>
5. Obzor metodov inventarizacii lesov v zarubezhnyh stranah / A.N. Filipchuk, V.V. Strahov [i dr.]. – M. : VNIIClesresurs, 1995. – S. 53–88.
6. Kresnov, V.V. Nacional'naya inventarizaciya lesov v zarubezhnyh stranah [Elektronnyj resurs] / V.V. Kresnov, V.V. Strahov, A.N. Filipchuk // Lesochozyajstvennaya informaciya. – 2008. – № 10–11. – S. 53–88. – Rezhim dostupa: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
7. Inventarizaciya lesov Rossii : monogr. / Yu.I. Perepechina, O.I. Glushenkov, R.S. Korsikov, I.S. Glushenkov. – Bryansk : izd-vo filial FGBU «Roslesinforg» «Zaplesproekt», 2019. – 208 s.
8. Glushenkov, O.I. Pervye rezul'taty gosudarstvennoj inventarizacii lesov / O.I. Glushenkov, R.S. Korsikov, I.S. Glushenkov // Lesnoe hoz-vo. – 2011. – № 4. – S. 38–40.
9. Alekseev, A.S. Osnovnye principy organizacii i provedeniya gosudarstvennoj inventarizacii lesov / A.S. Alekseev // Voprosy lesnoj nauki. – 2019. – T. 2 (1). – S. 1–18.

10. Comparison of methods used in European National Forest Inventories for the estimation of volume increment: towards harmonization / T. Gschwantner, A. Lanz, C. Vidal, M. Bosela, L. Di Cosmo, J. Fridman, P. Gasparini, A. Kuliešis, S. Tomter, K. Schadauer // *Annals of Forest Science*. – 2016. 73:807–821. DOI 10.1007/s13595-016-0554-5.
11. Harmonisation of stem volume estimates in European National Forest Inventories / T. Gschwantner, I. Alberdi, A. Balázs, S. Bauwens, S. Bender, D. Borota, M. Bosela [et al.] // *Annals of Forest Science*. – 2019. – 76: 24 <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0800-8>
12. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / ed. C. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – 843 p. DOI 10.1007/978-3-319-44015-6
13. National Forest Inventory in the Czech Republic 2001–2004. Introduction, methods, results [Elektronnyj resurs]. – Forest Management Institute, 2007. – 224 p. – Rezhim dostupa: www.uhul.cz
14. Forest Resources of the United States, 2017: A Technical Document Supporting the Forest Service 2020 RPA Assessment [Elektronnyj resurs] / S.N. Oswalt, B.W. Smith, P.D. Miles, and S.A. Pugh. – 2019. – 223 p. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.2737/WO-GTR-97>
15. U.S. Forest Resource Facts and Historical Trends. Forest Service FS-1035. 2014. – 64 r.
16. Defining the United States Land Base. A Technical Document Supporting the USDA [Elektronnyj resurs] / M.D. Nelson, K.H. Riitters, J.W. Coulston, G.M. Domke, E.J. Greenfield, L.L. Langner [et al.] / – USDA Forest Service, 2020. – 70 r. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.2737/NRC-GTR-191>
17. Forest Health Indicators. Forest Inventory and Analysis Program. – Forest Service FS-746, 2002. – 23 r.
18. Forest Ecosystem Health Indicators.– Forest Service FS-1151, 2020. – 28 r.
19. Forest Inventory and analysis national core field guide. V 1: Field data collection procedures for phase 2 plots. Version 9.0. – USDA Forest Service, 2019. – 435 p.
20. McRoberts, R.E. United States of America. Chapter 45. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / R.E. McRoberts, P.D. Miles ; ed. S. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer.– Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – R. 829–842.
21. Grej, Dzh. A. Kanadskij opyt organizacii lesnyh koncessij / Dzh. A. Grej // *Ustojchivoje lesopol'zovanie*. – 2004. – № 1 (3). – S. 28–35.
22. State of Canada's Forests 2020. Annual Report. Natural Resources Canada [Elektronnyj resurs]. – 2020. – 88 p. – Rezhim dostupa: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests-forestry/state-canadas-forests-report/16496>
23. Canada's National Forest Inventory. Ground Sampling Guidelines. Version 5.0. [Elektronnyj resurs]. – 2008. – 271 p. – Rezhim dostupa: <https://nfi.nfis.org/en/general>
24. Canada's National Forest Inventory National Standards for Ground Plots – Data Dictionary. NFI 2004 B. V 1.0 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://nfi.nfis.org>
25. Gillis, M.D. Monitoring Canada's forests: The National Forest Inventory / M.D. Gillis, A.Y. Omule, T. Brierley // *The Forestry Chronicle*. – 2005. – Vol. 81. – № 2. – R. 214–221.
26. Canada's National Forest Inventory Business Process 2021 [Elektronnyj resurs]. – Ver. 8. – 29 p. – Rezhim dostupa: <https://nfi.nfis.org/en/general>
27. Global Forest Resource Assessment 2020 Report. Norway. – Rome : FAO, 2020. – 60 p.
28. Who Owns Our Forests? Forest Ownership in the ECE Region. – New York and Geneva, UNECE and FAO UN, 2019. – 227 p.
29. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions [Elektronnyj resurs] / J. Breidenbach, A. Granhus, G. Hysten, R. Eriksen and R. Astrup // *Forest Ecosystems*. – 2020. – 7:46 – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00261-0>

30. The Norwegian Forest Habitat Inventory [Elektronnyj resurs]. – 2010. – 6 r. – Rezhim dostupa: <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/The-Norwegian-Forest-Habitat-Inventory/id610571/>
31. Global Forest Resource Assessment 2020 Report. Sweden. – Rome : FAO, 2020. – 57 p.
32. Forest and Forestry in Sweden. Stockholm: The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry (KSLA). – 2016. – 23 p.
33. Fridman, J. Sweden. Chapter 42. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / J. Fridman, V. Westerlund ; ed. S. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland: Springer International Publishing, 2016. – R. 769–782.
34. Adapting National Forest Inventories to changing requirements – the case of the Swedish National Forest Inventory at the turn of the 20th century [Elektronnyj resurs] / J. Fridman, S. Holm, M. Nilsson, P. Nilsson, A. Ringvall, G. Ståhl // Silva Fennica. – 2014. – Vol. 48. – № 3. Article id 1095. – 29 p. – Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1095>
35. Designing a New National Forest Survey for Sweden [Elektronnyj resurs] / V. Ranneby, T. Cruse, V. Hagglund, N. Jonasson, J. Sward // Studia Forestalia Suecica. – 1987. – № 177. – 30 p. – Rezhim dostupa: <https://www.researchgate.net/publication/43091318>
36. Rapid Changes in Ground Vegetation of Mature Boreal Forests – An Analysis of Swedish National Forest Inventory Data / B.G. Jonsson, J. Dahlgren, M. Ekström, P.-A. Esseen, A. Grafström, G. Ståhl, B. Westerlund // Forests. – 2021. – 12. – 475. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.3390/f12040475>
37. Global Forest Resource Assessment 2020 Report. Finland. – Rome : FAO, 2020. – 58 p.
38. Designing and Conducting a Forest Inventory – case: 9th National Forest Inventory of Finland / E. Tomppo, J. Heikkinen, N.M. Henttonen, A. Ihalainen, M. Katila [et al.]. – Dordrecht, Heidelberg, London, New York : Springer Science+Business Media B.V., 2011. – 270 r. DOI 10.1007/978-94-007-1652-0
39. Korhonen, K.T. Finland. Chapter 19. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / K.T. Korhonen ; ed. S. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – R. 369–384.
40. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České Republiky v roce 2020. Ministerstvo zemědělství : Praha, 2021. – 128 r. – Rezhim dostupa: www.eagri.cz
41. Kučera M. Czech Republic. Chapter 16. National Forest Inventories. Assessment of Wood Availability and Use / M. Kučera ; ed. S. Vidal, I. Alberdi, I. Hernandez, J. Redmond, K. Schadauer. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – R. 307–325.
42. Národní inventarizace lesů v České Republice – výsledky druhého cyklu 2011–2015 [Elektronnyj resurs]. – stav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2019. – 442 r. – Rezhim dostupa: https://nil.uhul.cz/downloads/2019_kniha_nil2_web.pdf
43. Pracovní postupy terénního šetření Sledování stavu a vývoje lesních ekosystémů (2016–2020) [Elektronnyj resurs]. – ÚHÚL/1013/2021/KM, 2021. – 664 r. – Rezhim dostupa: <https://nil.uhul.cz/aktuality/43-ukoncení-sberu-dat-a-publikace-pracovnich-postupu-ssvle-2016-2020>.
44. Boreal'nye lesa Rossii: vozmozhnosti dlya smygcheniya izmeneniya klimata [Elektronnyj resurs] / A.N. Filipchuk, N.V. Malysheva, T.A. Zolina, A.N. YUgov // Lesohozyajstvennaya informaciya. – 2020. – № 1. – S. 92–113. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.10. Rezhim dostupa: URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
45. The role of European National Forest Inventories for international forestry reporting / C. Vidal, I. Alberdi, J. Redmond, M. Vestman, A. Lanz, K. Schadauer // Annals of Forest Science. – 2016. – 73:793–806. DOI 10.1007/s13595-016-0545-6
46. Forest Europe, 2020: State of Europe's Forests 2020. UNECE and FAO UN: Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe [Elektronnyj resurs]. – Forest Europe. Liaison Unit Bratislava. Slovak Republic, 2020. – 394 r. – Rezhim dostupa: www.foresteurope.org

47. Overview of methods and tools for evaluating future woody biomass availability in European countries / S. Barreiro, M.-J. Schelhaas, G. Kändler [et al.] //Annals of Forest Science. – 2016. – 73:823–837. DOI 10.1007/s13595-016-0564-3