

Национальная инвентаризация лесов в зарубежных странах

В. В. Креснов, ФГУП «Рослесинфорг»

В. В. Страхов, Высшая школа приватизации и предпринимательства

А. Н. Филипчук, Вероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства

На сегодняшний день почти все страны мира, обладающие значительными лесными ресурсами, имеют свои системы национальной инвентаризации лесов (НИЛ). В ряде стран системы НИЛ тесно взаимосвязаны с национальными системами мониторинга окружающей среды.

Наиболее очевидны преимущества системы НИЛ в условиях рыночной экономики, присущей большинству стран мира [46]. Многообразие форм собственности и интересов в отношении лесов при доминировании государственной собственности на леса в мире (86% по данным [79]), должно быть сбалансировано объективной и независимой оценкой состояния лесов. Единообразная и независимая оценка запасов лесных ресурсов позволяет осуществлять объективное среднесрочное и долгосрочное прогнозирование инвестиций в развитие национального лесного сектора [46], зависящего прежде всего от состояния наиболее доступных национальных лесных ресурсов [47, 74].

Созданные системы НИЛ весьма успешно отражают государственные интересы на уровне стран, их географических и административных

частей и предоставляют достаточную информацию для стратегических управленческих решений в лесном хозяйстве, а также для международной отчётности стран о состоянии лесов. Выстроенная усилиями ФАО* в конце XX в. глобальная система инвентаризации лесов нашей планеты опирается именно на системы НИЛ.

Участие в периодической глобальной оценке лесных ресурсов, проводимой ФАО, потребовало определенной адаптации национальных данных инвентаризации лесов. Географические особенности развития лесов разных стран определяют специфику средне- и долгосрочного прогнозирования развития лесного хозяйства и использования лесов. Согласно оценке ФАО, полученной на основе национальных инвентаризаций лесов [40], общая площадь лесов мира превышает 3,4 млрд га, или 27% площади земной суши. Более половины площади мировых лесов (51%) расположено на территории четырёх стран: Россия – 22%, Бразилия – 16, Канада – 7, США – 6%. ФАО исходит из определения, что все экологические системы с сомкнутостью древесного покрова не менее 10%

* ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (Food and Agriculture Organisation of the United Nations). ФАО выполняет функцию глобальной информационной сети в области сельского, лесного, рыбного и др. хозяйства, и производства продовольствия; осуществляет распространение информации и знаний в указанных областях; является нейтральным форумом, где представители государств могут встречаться на равных для обсуждения политики и вести переговоры о соглашениях в указанных областях; ФАО предоставляет свои информационные ресурсы для использования в многочисленных местных проектах, а также мобилизует необходимые финансовые ресурсы, поступающие от промышленно развитых стран, банков развития и из других источников, и оказывает как техническую помощь, так и ограниченное финансирование.

идентифицируются как леса. Кроме того, согласно принятой методике классификации лесов, к этой площади прибавляется 1,7 млрд га земель, занятых древесной и кустарниковой растительностью. Оценка общего запаса древесины в мировых лесах получена путем обобщения данных по 166 странам, на территории которых произрастает 99% мировых лесов. Она составила на 2000 г. 386 млрд м³ древесины. Общее количество надземной древесной биомассы в мире оценено в 422 млрд т. Около 27% мировых запасов надземной древесной биомассы сосредоточено на территории Бразилии, 25% – в лесах России [41].

В эпоху построения социализма в СССР, а затем в первые годы реформирования лесного хозяйства вновь образованной Российской Федерации, создание НИЛ было не так актуально, как сейчас. Тем не менее, вопросы развития НИЛ в зарубежных странах находили отражение в отечественных публикациях [3, 10, 11, 15], включая опыт и теорию развития НИЛ [1, 18, 20, 22].

В конце XX – начале XXI вв. стало ясно, что существовавшая длительное время система лесоучётных работ, основу которых составляло периодическое лесоустройство, стала недостаточной для оптимизации управления лесами России с учётом особенностей федеративного устройства нашего государства и его задач как главной лесной державы мира. В многочисленных публикациях появились различные обоснования необходимости реформирования системы лесоучётных работ и выделения из лесоустройства нового вида лесоучётных работ на основе выборочных обследований лесов и статистического анализа – в виде самостоятельной системы НИЛ России [5, 6, 13, 15, 16, 19, 21, 67].

Дальнейшее развитие рыночных отношений между лесным хозяйством и частным сектором экономики России предъявляет новые требования к материалам лесоустройства, особенно к среднесрочным и долгосрочным прогнозам состояния лесов и лесных ресурсов [46]. Разнообразие интересов частного предпринимательства по использованию лесных ресурсов и земель лесного фонда России формирует особые требования к материалам лесоустройства и проведению

лесной таксации на территории всей страны. Стало очевидно, что нужна новая система НИЛ России, тесно связанная с традиционным лесоустройством, но объективно независимая от него.

В период разработки нового Лесного кодекса Российской Федерации (2006) было выявлено, что для учёта и планирования экономических процессов в лесном секторе России требуется новое качество информационных ресурсов для совместного достижения федеративных и региональных целей и задач устойчивого управления лесами страны. Это новое качество даёт система НИЛ России.

Для эффективного развития системы НИЛ России целесообразно использовать зарубежный опыт стран, как сопоставимых по площади лесов с нашей страной (Канада, США), так и стран, определяющих тенденции развития государственных систем инвентаризации лесов в Европейском регионе (Швеция, Финляндия, Германия), особенно в части точности материалов лесоинвентаризации, их полноты и рыночной обоснованности. Поэтому кроме общего обзора развития систем национальной инвентаризации лесов в мире, целесообразно более подробно рассмотреть системы НИЛ Канады, США, Финляндии, Швеции, Германии и Украины.

Опыт создания НИЛ в некоторых европейских странах

Австрия

В Австрии НИЛ осуществляется с 1961 г. на основе систематического выборочного обследования лесов. Период между двумя НИЛ составляет 10 лет. Повторное проведение выборочной лесоинвентаризации предусматривается с интервалом 20 лет, в некоторых хозяйствах – один раз в 10 лет.

Первый цикл НИЛ прошёл в 1961–1970 гг. С 1981 г. в Австрии, как и других странах Европы, систематическое выборочное обследование всех лесов стало осуществляться кластерным методом закладки постоянных пробных площадей (ПП)*. За-

кладка постоянных ПП производится в углах квадрата с длиной стороны 200 м (4 постоянные пробные площади). Расстояние между двумя такими квадратами составляет 3890 м (3,89 км). Сеть таких ПП покрывает территорию всей страны [50].

Постоянные ПП представляют собой круговые пробы площадью 300 м² (радиус 10 м), на которых измеряют таксационные показатели лесов. Выборка ПП является систематической: обследуют 1–2 ПП на каждом гектаре (иногда 1 участок на каждые 2 га), в зависимости от условий местопроизрастания насаждений. При этом учитываются особенности насаждений, характеристики лесорастительных условий и параметры отдельных деревьев, и затем эта информация может экстраполироваться на площади большего размера, такие как целые лесные владения, группы насаждений или крупные насаждения.

В системе НИЛ Австрии используются методы глазомерной оценки и выборочных обследований. Запасы леса на корню оцениваются на основе таблиц хода роста для насаждений в возрасте 20–60 лет и с помощью таксации по методу угловых проб для насаждений возрастом от 60 до 80 лет. Таксация насаждений старше 80 лет производится на постоянных ПП посредством сплошного перечета деревьев [50].

Великобритания

В Великобритании НИЛ осуществляет Комиссия по вопросам лесного хозяйства, называемая Лесной комиссией. Она является департаментом правительства Великобритании, образованным в 1919 г. в результате реформы управления королевскими лесами и существовавшей с 1810 г. Комиссии по делам лесов и земельных доходов, в управлении которой находились заповедные леса Великобритании. Некоторые бывшие королевские леса были превращены тогда в

национальные парки. В настоящее время под управлением и охраной Лесной комиссии находится 0,772 млн га лесов.

Первая НИЛ проводилась в 1924 г., затем она повторялась примерно каждые 15 лет. Выборочные обследования охватывают всю территорию страны.

Случайно выбранные ПП квадратной формы со стороной 1 км оцениваются с помощью аэрофотоснимков, после чего внутри этих площадей случайным образом выбирают 2 участка размером 250×250 м. Модели для определения запаса леса являются эмпирическими и основываются на проведении периодических измерений на 1500 постоянных и 1000 временных ПП [72].

При проведении НИЛ для всех насаждений используют таблицы хода роста насаждений и таблицы продуктивности, за исключением тех лесов, в которых осуществляются рубки главного пользования.

Для объединения данных, получаемых в лесах частных владений, используются разнообразные методы, при этом запасы насаждений оцениваются с помощью таблиц хода роста насаждений, а значение запаса леса на корню экстраполируется на основе данных визуальных наблюдений, измерения срубленных деревьев или – в исключительных случаях – посредством таксации леса по методу угловых проб [50].

Германия

Ведение лесного хозяйства в Германии организовано на уровне федеральных земель, и большинство проектов управления лесами реализуется лесными управлениями этих земель. Федеральные земли и муниципалитеты владеют примерно 50% лесов, а 44% площади лесов находится в частной собственности. Государство владеет примерно 4% общей лесной площади [43].

**Кластерная выборка является способом формирования выборочной совокупности, при котором единица отбора состоит из группы или гнезда пробных площадей (учётный кластер). Учётный кластер НИЛ представляет собой группу пробных площадей, которые в процессе извлечения выборки рассматриваются как одна учётная единица. Пробные площади, закладываемые при кластерной выборке, либо входят в выборку как группа, либо не входят в нее вообще. Размер и форма каждого кластера должны соответствовать возможности осуществления всех необходимых измерительных и вычислительных работ по инвентаризации леса в кластере в течение одного полного дня работы бригады таксаторов*

Все лесные земли считаются «близкими к естественным» и управляемыми, т.е. в Германии не осталось нетронутых, или девственных лесов. Серьезной проблемой являются повреждения леса, вызываемые, главным образом, загрязнением воздуха и бурями [28].

НИЛ охватывает все без исключения государственные леса, а также частные лесовладения и, кроме того, отдельно стоящие деревья, природо-рожные посадки и т.п. Периодичность НИЛ – 10 лет. При проведении НИЛ применяют следующие единицы: кварталы, участки (площадью до 30 га), выделы, насаждения. В качестве особой таксационной единицы иногда используют микроучастки площадью менее 1 га, не имеющие самостоятельного хозяйственного значения и входящие в состав тех или иных насаждений. Для поддержания различных экологических и социально-экономических свойств лесов предусмотрены дифференцированные методы инвентаризации лесов в зависимости от площади инвентаризации и значения инвентаризации для стратегии развития лесных предприятий и экономического управления лесами. Одним из важных источников информации для проведения НИЛ являются лесоустроительные работы и получаемые при их производстве лесные карты [69].

Ситуационную и топографическую основу лесных карт составляют, главным образом, извлечения из основной карты страны (масштаб 1:5000) и топографических карт (масштаб 1:25 000). Для нанесения на лесную карту лесохозяйственной информации используют аэрофотоснимки или плановое фотоизображение (ортофотоснимки), полученные в результате спутниковой космической съёмки.

Аэрофото- и ортофотоснимки применяют в качестве вспомогательного средства при инвентаризации леса на уровне лесных предприятий и регионального планирования. Спутниковые изображения применяют редко. В лесохозяйственной практике Германии преобладает картографическое представление зарегистрированных результатов и/или определенных хозяйственных мероприятий [28].

Основным результатом НИЛ является

изготовление различных карт: для управления лесами, общего планирования лесного хозяйства, проведения лесохозяйственных мероприятий. Кроме того, в рамках картографирования различных типов лесорастительных условий и управления лесами, изготавливают различные тематические карты для отдельных лесных предприятий. Они отображают текущие условия, планируемые мероприятия по улучшению состояния лесов или желаемое состояние лесов в будущем и составляются для конкретных лесохозяйственных единиц или площадей [28].

В Германии проводят различные виды инвентаризации: в целях учета данных о размерах и распределении покрытой лесом площади и запасов леса (национальная инвентаризация лесов), о степени повреждений леса (национальная инвентаризация повреждений леса) и о преобладающих почвенно-грунтовых условиях (национальное обследование состояния почв). На федеральном уровне они служат целям лесной политики [69].

Первая НИЛ проходила с 1986 по 1990 г., вторая – в 2001–2002 гг.; результаты последней НИЛ были опубликованы в 2004 г.

Сбор данных для второй НИЛ основывался на использовании постоянных ПП, выбранных из примерно 44 тыс. квадратных кластерных участков размером 150×150 м, систематически расположенных на координатной сетке 4×4 км или 2×2 км, в зависимости от того, в какой федеральной земле проводятся обследования. При этом было измерено около 400 тыс. модельных деревьев и регистрировалось примерно 150 переменных [69].

Каждый из углов кластерного участка является центром круговой ПП (субучастка) с коэффициентом площади сечений стволов, равным 4. Этот тип субучастков используется для характеристики модельных деревьев, подробное описание которых составляет основу самых разнообразных оценок. В описание включают следующие деревья:

- живые или недавно засохшие (с полностью сохранившейся древесиной мелких сучьев) деревья, которые попадают внутрь круговой ПП;

- деревья, принадлежащие древостою, в котором находится центральная точка ПП;
- деревья, у которых диаметр на высоте $1/3$ м составляет не менее 7 см.

В случаях, когда перечет деревьев служит основой для описания структуры леса, древесных пород и ярусов насаждений, используются круговые ПП с коэффициентом площади сечений стволов, равным 1 или 2. Границы насаждений не принимаются во внимание, но перечет деревьев на круговых ПП проводится у кромки леса [69].

Каждый из углов кластера, расположенного в лесу, является центром круговой ПП радиуса 1,75 м, внутри которой обследуются все деревья высотой более 50 см и диаметром на высоте $1/3$ м менее 7 см. На расстоянии 5 м (обычно к северу) от угла кластера размещается круг радиусом 1 м для измерения деревьев высотой от 20 до 50 см. Внутри круга радиусом 5 м, проведенного вокруг центра кластера, определяется встречаемость сухостоя. Внутри круга радиусом 10 м, проведенного вокруг каждого угла кластера, исследуют деревья высотой до 4 м, ярус кустарниковой растительности и напочвенный покров. Внутри круга радиусом 25 м, проведенного вокруг каждого угла кластера в пределах леса, фиксируются характеристики лесорастительных условий и кромка леса. Если пробный круг радиуса 1,75 м или 5 м пересекается с границей насаждения, обследуются характеристики этой границы, а инвентаризация проводится только в той отрезанной границей части круга, в которой размещается угол кластерного участка [69].

Кромка леса обследуется в пределах радиуса 25 м от всех углов кластера, находящихся в границах леса. Кроме того, в обследование включаются границы насаждений, не являющиеся кромкой леса, если они пересекают граничный круг модельного дерева, описываемого в пределах круговой ПП с коэффициентом площади сечений стволов, равным 4. Все эти границы насаждений расположены в пределах круга, построенного вокруг деревьев, описываемых на круговых ПП, и имеющего радиус, в 25 раз превышающий диаметр на высоте $1/3$ м. Границы насаждений, которые находятся на расстоянии более 25 м от уг-

ла участка, не обследуются. Однако, если они разделяют пробный круг радиуса 1,75 м или 5 м при условии, что внутри круга имеются некоторые элементы выборки (деревья высотой не менее 50 см и диаметром на высоте груди до 6,9 см или сухостой), то эти части насаждения также обследуются [69].

Инвентаризация лесов содействует получению информации о ведении хозяйства отдельными лесными предприятиями. Управление лесами при этом может рассматриваться как сочетание инструментальных средств инвентаризации, контроля и планирования. При регистрации и анализе внутренних и внешних экономических факторов и лесорастительных условий могут формулироваться предложения для проведения лесными предприятиями лесокультурных мероприятий, соответствующих поставленным целям. Особенно важно, чтобы методы региональной и внутренней инвентаризации дополняли друг друга. Планирование ведения хозяйства на внутреннем уровне должно быть согласовано с задачами, поставленными на региональном уровне. НИЛ предоставляет основную информацию для выработки региональных и внутренних принципов и получения на их основе политических и законодательных решений [28].

Виды работ, осуществляемые при НИЛ, можно объединить в 3 группы:

1. Обследование покрытых лесом площадей и состояния леса.
2. Обследование лесных насаждений (запасов древесины, прироста, условий ведения хозяйства).
3. Обследование ландшафтного (культурационного, экологического) состояния покрытых лесом площадей (природоохранных и рекреационных функций).

Цель обследования лесных насаждений состоит в учёте расположения и размеров площадей, находящихся в собственности тех или иных лесных предприятий. Четкое картографирование лесных насаждений (кварталов или полукварталов) служит, прежде всего, для решения задач планирования и контроля. Кроме того, план лесонасаждений должен облегчать ориентирование, проведение лесной таксации, заготовку и

вывозку леса, обработку деревьев, обеспечение порядка в лесу и его защиту. В пределах самого лесного предприятия имеющиеся площади подразделяются, в зависимости от их использования, на площади:

предназначенные для получения древесины (покрытые лесом площади);

предназначенные для других целей (например, лесовозные дороги или лесные склады).

Лесные насаждения (кварталы и полукварталы) служат основой для получения информации о запасах древесины и условиях лесомелиорации, обеспечивая изучение существующих возможностей получения древесины и будущего развития. Третье направление работ внутренней «инвентаризации природных условий» состоит в учете лесных площадей, имеющих значение с точки зрения ландшафта (культивации, экологических характеристик). При этом принимаются во внимание защитные и рекреационные функции леса, значимые для проведения лесохозяйственных мероприятий и хозяйственного управления на рассматриваемых площадях [69].

Получаемая информация или оцифровывается на месте выполнения работ с использованием мобильных систем ввода данных, или это делается централизованно. Так происходит централизованное хранение и оценка данных о ведении лесного хозяйства по каждой федеральной земле.

Аналоговое картографирование осуществляется лесохозяйственными институтами, и полученные карты очень редко оцифровываются. Интегрирование цифровой и административной информации с соответствующими пространственными соотношениями в виде географических информационных систем находится в стадии разработки в различных федеральных землях [28].

Франция

Первый цикл НИЛ во Франции начался в 1960 г. и продолжался почти 20 лет. Вторая НИЛ завершилась в 1994 г. Инвентаризацией леса занимается одно из подразделений Министерства сельского хозяйства Франции, а данные полевых

обследований получают в основном от его местных органов.

Во Франции применяют 2 метода инвентаризации лесов. Первый метод основан на сплошной перечислительной таксации всех деревьев диаметром более 12,5 или 17,5 см в выбранном квартале леса; собираемые сведения дифференцируются по классам диаметра и породам. Второй метод заключается в выборочном систематическом обследовании постоянных ПП размером 2–10 акров (0,81–4,05 га), распределённых по лесным территориям из расчета одна пробная площадь на каждые 1–10 га. Лесоустроительные мероприятия во Франции планируются на 15–30 лет, но в течение этого периода разрешается вносить изменения и дополнения в материалы лесоустройства.

Таксация леса представляет собой трехэтапную двойную выборку и основана на сочетании методов дистанционного зондирования и наземной таксации леса. Дешифрирование аэрофотоснимков проводится с учетом классификации по типам растительного покрова, местонахождения насаждений и имеющихся лесовладений. Фотопробы представляют собой круговые пробы радиусом 25 м и закладываются систематически. Фотопробы классифицируют по фотографиям, и затем участки соотносят со стратами. Данные дешифрирования аэрофотоснимков проверяют на местности и затем корректируют.

Выбор ПП осуществляется случайным образом среди множества участков различных страт. ПП являются временными и состоят из трех концентрических круговых проб радиусом 6, 9 и 15 м, на которых осуществляется таксация деревьев. Лесовозобновление оценивается на 9 круговых пробах радиусом 2,26 м. Доля выборки в различных территориальных департаментах страны может различаться. Полученные данные сохраняются в национальной базе данных лесной таксации [68].

Швейцария

Система НИЛ Швейцарии является непрерывной. Она реализована на всей территории

страны. Контрольные выборочные обследования проводят на постоянных ПП [70].

Запасы леса на корню в Швейцарии рассчитывают исходя из тарифных функций. В Швейцарии традиционно принято определять объём стволовой древесины, исходя из измерения только одного параметра деревьев (высота, диаметр). В последние годы чаще всего используют диаметр на высоте 1/3 м, по результатам измерения которого рассчитывают тарифную функцию, как объём стволовой древесины деревьев в коре в зависимости от диаметра дерева на высоте 1/3 м [49]. Прирост определяется путем сравнения данных о запасах леса на корню, полученных в ходе двух следующих друг за другом НИЛ [70].

Со времени появления в Центральной Европе в начале 1980-х годов так называемых «новых повреждений» лесов, выраженных в ухудшении их состояния под воздействием «кислотных дождей», в Швейцарии ведётся мониторинг санитарного состояния лесов на национальном и местном уровнях. При таких обследованиях интерес представляют данные глазомерной оценки прозрачности и обесцвечивания древесных крон [32, 49].

Цель НИЛ в Швейцарии – учёт современного состояния и тенденций развития лесов. Упор делается на репрезентативность и воспроизводимость результатов НИЛ. Для достижения этой цели используют различные источники информации и разные методы. Например, при проведении второй НИЛ (1993–1995 гг.) использовалось следующее сочетание дистанционных и наземных методов лесной таксации. На первом этапе с использованием аэрофотоснимков осуществляли двукратный выборочный контроль на координатной сетке 0,5×0,5 км для оценки размеров страт, идентификации лесных участков и запасов за пределами леса. Это позволило в дальнейшем обеспечить взаимосвязь с результатами наземной таксации на ПП, создаваемых в соответствии с координатной сеткой 1,0×1,0 км. Второй этап НИЛ заключался в учёте характеристик индивидуальных деревьев и насаждений, в оценке роста молодняков и повреждений лесов, вызываемых дикими животными, а также в описании особенностей территорий, окружающих ПП [64].

Схема закладки ПП предусматривает наличие концентрических кругов площадью 200 и 500 м² для таксации деревьев диаметром соответственно до 12 и до 36 см.

Значения диаметра деревьев на высоте 7 м и значения высоты деревьев регистрировались для подвыборки деревьев на первом этапе для оценки объёмов стволовой древесины по схеме, в которой вероятность включения дерева в выборку пропорциональна ожидаемой ошибке оценок объёма.

Кроме того, на втором этапе регистрируются и оцениваются затраты труда и финансовые расходы, связанные с различными элементами наземной таксации.

В целях обеспечения высокого качества получаемых данных НИЛ проводится постоянное обучение таксаторов, а также организуются контрольные обследования [72].

Дополнительная информация о лесах поступала от местных лесных служб Швейцарии, из фондовых источников (публикации), из моделей описания лесорастительных условий, а также из специальных исследований систем лесных перевозок и влияния, оказываемого повреждением деревьев дикими животными на рост насаждений.

Данные вносили в реляционную базу данных и оценивали с использованием специально разработанного статистического программного обеспечения. Система управления базами данных (СУБД) – комплекс программных и лингвистических средств общего или специального назначения, реализующий поддержку создания баз данных, централизованного управления и организации доступа к ним различных пользователей в условиях принятой технологии обработки данных.

В реляционной базе каждый объект задается записью (строкой) в таблице. Такая база данных создается и затем управляется с помощью реляционной системы управления базами данных ([36] цит. по [8]).

Статические модели при проведении НИЛ Швейцарии применяют для оценки комплекса характеристик [64], включающих:

- запас леса на корню;
- объемы рубки леса;
- рост деревьев;
- стоимость заготовки и вывозки леса;
- устойчивость лесовозобновления;
- обеспечиваемая лесом защита от лавин и камнепадов;
- рекреационная ценность лесов;
- ценность биотопов в лесных насаждениях и на опушке леса.

В Швейцарии была разработана динамическая модель для получения прогнозов будущего развития каждого отдельного дерева при конкретных сценариях ведения хозяйства [50]. В настоящее время происходит её опытная проверка в рамках третьей НИЛ, в соответствии с новым руководством проведения полевых работ [44].

Украина

Современная система НИЛ Украины создаётся на основе тесного международного сотрудничества Института исследований лесных экосистем Чешской республики (IFER) и Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н.Высоцкого (УкрНИИЛХА).

С 2004 г. в рамках «Программы международного сотрудничества Чешской республики» на основании «Меморандума о взаимопонимании» в Украине осуществляется международный проект «Передача передовых методических и технологических знаний в области инвентаризации и мониторинга лесных экосистем». Проект получил сокращённое название «Техинлес» [25].

Проект «Техинлес» ориентирован на внедрение и развитие современных методов мониторинга и выборочно-статистической инвентаризации лесных экосистем Украины, на усовершенствование технологий лесоустройства и развитие нормативно-методической базы и общей информационной системы лесного хозяйства Украины. В качестве технической основы в проекте используется передовая технология Чехии для компьютерного сбора полевых данных Field-

Map [25]. Программно-аппаратный комплекс «Field-Map» (Internet) представляет собой портативный полевой компьютер с установленной ГИС (географической информационной системой), которая может работать с различными электронными измерительными приборами в полевых условиях и предназначена для картирования и измерения [23].

НИЛ Украины разработана на основе выборочно-статистических методов, что позволяет решать не только национальную задачу стратегического планирования и управления лесами всей страны, но и вопросы международной отчетности Украины перед Европейским союзом и организациями ООН.

Основу НИЛ составляет сеть постоянных ПП, которые называют инвентаризационными делянками.

В 2007 г. в составе объединения «Укрлеспроект» был создан специализированный «Центр по национальной инвентаризации и мониторингу лесов» [17]. В будущем планируется использовать комбинированный подход, который будет включать в себя методы дистанционного зондирования (использование аэрофото- и спутниковых снимков для отнесения инвентаризационных делянок к категориям лес/не лес) и детальных наземных наблюдений на этих делянках.

Опыт создания долгосрочных государственных программ инвентаризации лесов, в частности в Чехии [62] и Словакии [64], широко применяется в Украине [65]. Особенно это проявляется в использовании принципа совмещения лесной таксации и лесного мониторинга на репрезентативных участках (инвентаризационных делянках), которые используются в качестве инвентаризационных единиц, с последующей экстраполяцией данных натуральных измерений и наблюдений на всю территорию страны. Поэтому в системе НИЛ Украины большое значение придается планированию оптимальной выборки с целью достижения статистически достоверных результатов характеристики лесов. Положительной стороной такого подхода является возможность использования полученной при проведе-

нии НИЛ информации на всех уровнях управления лесами, вплоть до уровня отдельных лесохозяйственных предприятий, лесных заповедников и т. п. [2].

Важной составной частью НИЛ является создание и внедрение единого информационного стандарта лесного хозяйства Украины на основе современного открытого языка XML, признанного международным стандартом для обмена информацией [4]. Стандарт расширяемого языка разметки XML (Extensible Markup Language) был принят международным консорциумом W3C в феврале 1998 г. [84].

Поскольку язык XML не зависит от программного обеспечения конкретной ГИС, это позволяет сохранить условия развития разнообразных платформ лесных ГИС и не заменять их какой-нибудь одной ГИС-технологией. Тем самым созданы условия для перехода всей информационной системы лесного хозяйства под полный контроль со стороны государственных органов управления лесным хозяйством Украины. Причины очень просты: перенос таксационных и любых лесохозяйственных данных при помощи языка XML из одного программного обеспечения в другое поддерживают все современные ГИС-технологии [23].

Разработка информационного стандарта для лесного хозяйства и связанного с ним обменного формата данных стало методологической платформой НИЛ Украины.

Понятие информационного стандарта для лесного хозяйства включает в себя определение набора данных, которые будут содержаться в лесной ГИС. Стандарт определяет структуру и свойства данных. Обычно он строится постепенно и его первоначальной основой являются данные лесоустройства.

Информационный стандарт опирается на существующую информационную модель данных лесоустройства со всеми её макетами и нормативами. Затем в информационный стандарт могут добавляться хозяйственно-экономические показатели деятельности лесохозяйственных субъектов, а также другие источники данных, например данные по мониторингу состояния лесов. Обмен-

ный формат данных является отражением информационного стандарта в форме компьютерного файла и строится при помощи открытого языка XML [4].

Информационный стандарт лесного хозяйства Украины вместе с обменным форматом определяет единообразную терминологию и общий интерфейс для передачи данных, поддерживает обмен данными и определяет исходную информацию для разработки прикладного программного обеспечения.

Это повышает скорость внедрения инновационных решений и создаёт возможность подключения большего количества разработчиков различного рода задач, что всегда ускоряет общую скорость решения проблем. При этом частные проблемы могут решаться параллельно с использованием обменного формата. В итоге должно происходить снижение стоимости работ и снижение монополизма на информационные ресурсы по лесному хозяйству [23].

В системе НИЛ Украины предусмотрено 2 варианта проведения инвентаризации леса:

- как процесс, независимый от ведения лесного хозяйства,
- как необходимая основа составления планов организации и ведения лесного хозяйства.

В системе НИЛ Украины использованы приёмы стратифицированной выборки лесотаксационных показателей. Расчёт сети делянок (инвентаризационных участков) осуществлялся с помощью карты лесов Украины, созданной на основе имеющихся электронных карт и космических снимков, а также с использованием баз данных лесоустройства.

Густота сети делянок определялась путём имитационного (не картографического) моделирования густоты сети, при котором статистическими методами определяются обобщённые характеристики насаждений при разной густоте сети делянок. Применение изменяемой густоты сети делянок в различных административных областях означает, что каждая область Украины служит отдельной стратой (слоем) стратифицированной выборки таксационных показателей лесов. Расчёт параметров сети НИЛ показал, что

в каждом ее узле должно закладываться по 2 инвентаризационных площадки [11].

Инвентаризационную делянку образует круг радиусом 12,62 м, площадь которого 500 м². Эту делянку можно разделить на части (сегменты инвентаризационной площадки). Сегменты выделяют в случаях, когда через инвентаризационную делянку проходят границы государства и межи делянок разных категорий, явно размежевываются неоднородные части насаждения (части лесного насаждения, которые отличаются возрастом, составом или высотой) или явно выражена смена местности (разница между средними значениями склонов отдельных частей инвентаризационной площадки больше 20°, часть площадки недоступна и т.д.).

На инвентаризационной площадке измеряют и оценивают все деревья диаметром на высоте груди 12 см и более. В рамках отдельных сегментов размещены меньшие круговые площадки с радиусом 3 м², площадь которых составляет около 28, 27 м². Эти подплощадки служат для наблюдения за тонкими деревьями с диаметром на высоте 1/3 м от 70 до 119 мм включительно. Подплощадки размещают в центре сегмента. Если инвентаризационная площадка не разделена, то центр подплощадки сходится с центром инвентаризационной площадки [9, 24].

Для каждого выделенного сегмента инвентаризационной площадки устанавливают и вносят в базу данных полевого компьютера информацию о категории площадки, орографические характеристики (экспозиция, склон), отобранные характеристики насаждения (лесохозяйственная система, вертикальная структура, состояние насаждения и степень его естественности/автохтонности). Одновременно приводится информация о наличии эрозии почвы лавиноопасных делянок, указываются факторы влияния на лесные насаждения.

В общей сложности было отобрано 100 показателей состояния лесных экосистем Украины. Их можно разделить на следующие группы:

- Характеристика инвентаризационной площадки.
- Характеристика местопроизрастания.

- Качественные характеристики насаждений.
- Неоднородность насаждений.
- Дендрометрические показатели насаждений.
- Характеристика растительного покрова.
- Возобновление леса.
- Интенсивность и давность повреждений деревьев.
- Характеристика пней и остатков древесины.
- Характеристика условий для охотничьих животных.

В характеристику инвентаризационной площадки включены не только географические координаты, форма собственности и категория земель, но и доступность площадки, ее номер и размер площадки/сегмента.

В характеристику местопроизрастания, кроме высоты над уровнем моря, характеристики рельефа, экспозиции и угла наклона, включены оценки эрозии и риска оползней почвы, наличие лавинной опасности и потребность в противолавинных мероприятиях. Кроме того, приводится весьма полная характеристика почв: тип почвы, глубина ризосферы, форма гумуса, толщина подстилки и её компоненты, толщина гумусового горизонта. К качественным характеристикам насаждений отнесены распределение деревьев по классам Крафта, ярусность насаждений по терминологии IUFRO [48], наличие деревьев с раздвоенным стволом и сухостоя.

Неоднородность насаждений оценивается по составу пород (видовое богатство), по равновесию пород, по пространственному размещению древесных пород и отдельных деревьев, а также по разнообразию древесных пород по толщине и высоте.

К числу дендрометрических показателей насаждений отнесены: диаметр дерева на высоте 1/3 м, высота дерева, высота начала живой кроны и первой сухой ветки, диаметр и высота на 1/3 высоты ствола, качество ствола, количество тонких деревьев ($D > 7$ см и $D < 12$ см) и их жизнеспособность.

При характеристике растительного покрова оценивают: вид напочвенного покрова, проективное покрытие почвы растительностью, кустарниками, кустарничками, травянистой растительностью, мхами, папоротниками, а также ценность биотопа.

Оценка возобновления леса осуществляется с помощью следующих показателей: наличие естественного возобновления, его сохранность, происхождение возобновления, его площадь, размещение, форма смещения, состав возобновления по древесным породам и возрасту, разряд высоты возобновления. Кроме того, оцениваются необходимость предварительных мер возобновления леса, степень повреждения возобновления леса, факторы, ограничивающие возобновление леса, а также вид повреждения, интенсивность и давность повреждения возобновления.

При оценке интенсивности и давности повреждений деревьев учитывают: дефолиацию кроны, отдельно дефолиацию верхней трети кроны, интенсивность смены окраски, жизнеспособность (состояние) деревьев.

При характеристике пней и остатков древесины фиксируются: толщина, высота и степень разложения пней, покрытие поверхности почвы ветками, толщина, длина и степень разложения остатков отмершей древесины.

Для получения характеристики условий обитания для охотничьих животных фиксируется наличие корма для животных (вид корма и его количество), степень опадания плодов и листьев.

Методы сбора информации при проведении НИЛ включают как прямые измерения (дендрометрические данные), так и экспертные оценки, а также использование данных из существующих информационных ресурсов (например, «Лесной фонд Украины») и расчёт таксационных показателей. Отобранные показатели и методы их получения учитывают различные (отечественные и зарубежные) стандарты обеспечения необходимого уровня согласования с существующими национальными данными инвентаризации лесов других стран Европы [65].

В 2007 г. в рамках проекта «Техинлес» специалисты УкрНИИЛХА и чешского Института иссле-

дований лесных экосистем провели ряд пилотных экспериментов с использованием программно-аппаратного комплекса Field-Map, основу которого составляет полевая географическая информационная система для построения лесных карт (ГИС Field-Map). С использованием полевой ГИС Field-Map были апробированы новые подходы для решения практических задач лесного хозяйства и охраны природы – статистическая инвентаризация лесов и объектов природно-заповедного фонда, лесной мониторинг, лесоустройство и таксация лесов, отвод и сортиментация лесосек, оценка состояния городских зеленых насаждений, полевое электронное картографирование и др. При этом за сравнительно короткий срок было подготовлено программное обеспечение для управления базами данных мониторинга лесов Украины, проведена опытная статистическая инвентаризация лесов Нижнебыстрианского лесничества Хустского гослесхоза, Национального природного парка «Томольшанские леса». В этих объектах были проведены эксперименты по применению передовых технологий для отвода и таксации лесосек, оценки запасов и сортиментной структуры древостоев, а также эксперимент по картированию и оценке состояния городских зеленых насаждений [7, 24].

Технология сбора данных на инвентаризационных делянках, основанная на использовании программно-аппаратного комплекса «Field-Map», обеспечивает комплексный подход для сбора данных, начиная с подготовки структуры базы данных и генерирования полевой прикладной программы, завершая собственно сбором данных на ПП, включая контроль структуры и качества данных [2]. Работа заканчивается обработкой данных и автоматизированным представлением результатов работ.

Непосредственно на инвентаризационных делянках данные заносят в базу данных компьютера в стандартных форматах, проверяют и сравнивают визуально. Таким образом, исчезает необходимость переписки форм в компьютер вторичной зарисовки полевых эскизов, а также уменьшаются затраты времени на разработку структуры базы данных.

Такая технология дает возможность работать в глобальной или локальной системе координат, поддерживает GPS навигацию, в том числе применение лазерного дальномера\высотомера, комбинированного с электронным компасом. Кроме коммуникации таксатора с электронными приборами, применяемыми на полевых работах, технология предоставляет возможность «свободного передвижения по площади с постоянной геодезической привязкой [24].

Создаваемая в формате Field-Mar полевая карта лесов используется непосредственно в лесу в сочетании с портативным полевым компьютером при проведении полевых лесоустроительных работ, или же для ввода данных из карточек таксации на настольных ПК. В последнем случае таксатор в лесу записывает данные в бумажные карточки таксации и тот же день заносит их в компьютер.

Наличие в компьютере у таксатора электронной карты лесов, связанной с базой данных в среде системы «Field-Mar», дает возможность эффективного ввода данных, контроля и корректировки возможных ошибок, одновременного редактирования картографической и объектной баз данных.

Национальная инвентаризация лесов Украины представляет собой долгосрочную программу получения статистически достоверной информации о состоянии и развитии лесов с точки зрения государственного управления и планирования ведения лесного хозяйства. В соответствии с этим основной целью НИЛ является создание надежной и достоверной системы статистически репрезентативных данных о состоянии и развитии лесных экосистем на территории Украины, ориентируясь на создание количественных и качественных критериев управления лесами, под которым понимается поддержание состояния и жизнедеятельности лесных насаждений, сохранение и развитие продуктивной функции лесов, сохранение биологического разнообразия лесных экосистем и т. п.

Важной задачей НИЛ Украины является оценка результатов ведения лесного хозяйства (сохранение леса как воспроизводимого продук-

та древесных и средообразующих ресурсов и использование принципов постоянного лесопользования). Данные НИЛ Украины доступны и могут быть использованы органами государственного управления в отраслях лесного хозяйства и охраны окружающей природной среды, научными и учебными учреждениями, гражданскими организациями и т. д. [65].

Опыт создания НИЛ в Скандинавских странах

Норвегия

В Норвегии, как и в других скандинавских странах, НИЛ после окончания Второй Мировой войны проводится на регулярной основе. Шестая НИЛ была завершена в 1986 г. и её результаты были опубликованы в 1990 г. Результаты 7-й НИЛ стали доступны в 1996 г.

Система НИЛ Норвегии базируется на координатной сетке, по которой кластерами закладывают ПП. При шестой НИЛ кластеры закладывались по всей стране с интервалом 3 км по координатной сетке. Выборка показателей на ПП осуществлялась на систематической основе. Кластеры обследовались по одноступенчатой выборочной схеме.

Форма каждого кластера в основном представляла собой половину квадрата (L-образная форма), а ПП внутри каждого кластера располагались на расстоянии 300 м друг от друга. Самая южная ПП закладывалась в качестве постоянной площади, а остальные ПП считались временными.

Количество ПП и расстояние между ними в пределах кластера иногда меняется в различных административных округах. Количество ПП возрастает, если лесистость или общая площадь округа невелики [76].

Постоянные ПП имеют круговую форму и размер 250 м². Временные ПП имеют площади по 100 м² и 250 м² и их используют для таксации деревьев диаметром более 5 и 20 см соответственно [68].

Результаты НИЛ применяют при разработке планов ведения лесного хозяйства. В Норвегии планы развития лесного хозяйства составляются негосударственными институтами, которые преимущественно принадлежат лесовладельцам, обслуживая как их самих, так и других заинтересованных лиц. Процедура планирования заключается в следующем.

1. Осуществление аэрофотосъемки территории, для которой нужно составить план развития лесного хозяйства.

2. Аэрофотоснимки сопоставляют с картой территории, а лесные насаждения идентифицируются и классифицируются.

3. Учет проводится на местности с помощью карты. Все насаждения систематически изучаются, и при этом регистрируются различные показатели, такие как средняя высота и диаметр деревьев, количество деревьев, класс бонитета и возраст, а также данные, связанные с наличием разных видов землепользования (краевые зоны леса вблизи водных объектов, заболоченные участки, реки и дороги, наличие крупных лиственных деревьев и дуплистых деревьев, количество сухостоя, типы растительности т.п.).

4. После обработки данных полученные результаты включают в план развития лесного хозяйства.

Финляндия

Первая национальная инвентаризация лесов в Финляндии началась в 1921 г. и длилась до 1924 г. включительно. Всего в Финляндии проведено 9 государственных инвентаризаций лесов. Девятая по счету НИЛ состоялась в 1996–2003 гг. Сейчас идет десятая НИЛ, которая началась в 2004 г.

Главная цель НИЛ в Финляндии – получение информации для планирования лесозаготовок, лесовосстановления и лесомелиорации на региональном и государственном уровнях, а также для принятия решений об инвестициях в лесную промышленность. Важной дополнительной целью НИЛ всегда было создание основы для налогооб-

ложения лесного дохода. Эти цели НИЛ актуальны и в настоящее время. С течением времени изменялись только методы закладки ПП и таксации насаждений.

При проведении первой НИЛ для таксации леса использовался метод ленточных ПП. В большинстве районов Финляндии расстояние между линиями ПП составляло 16 км, на Аланских островах – 10 км. Для оценки ошибок в одной из провинций Финляндии был выбран интервал 13 км. Ленточная ПП была шириной 10 м и длиной 50 м. Интервал между ПП составлял 2 км. Аналогичная система таксации леса при различной интенсивности закладки ленточных проб применялась и во время трех последующих инвентаризаций вплоть до 1963 г. [75].

Начиная с пятой НИЛ (1964–1970) вместо непрерывных линейных ПП стали применять обособленные участки леса. Было показано, что такой метод закладки ПП способствует повышению точности оценок запасов древесины, а его распространению благоприятствовало развитие сети лесных дорог. После пятой НИЛ инвентаризация леса стала непрерывной и проводится с юга на север по всем регионам Финляндии. Пробные площади фиксированного размера были заменены на круговые ПП по Биттерлиху. Учет деревьев в выборке на ПП стал осуществляться с помощью полнотомера Биттерлиха, а размер проб для учета деревьев определялся исходя из площади поперечного сечения ствола на высоте 1/3 м. Особенностью пятой, шестой и седьмой НИЛ стало использование на севере Финляндии аэрофотоснимков [75].

При проведении пятой и шестой (1971–1976 гг.) НИЛ в Финляндии применялась двухфазная послойная выборка, при которой стратификация основана на данных аэрофотоснимков. Начиная с седьмой НИЛ (1977–1984 гг.) при закладке ПП стали применять материалы дешифрирования аэрофотоснимков. Интенсивность закладки ПП адаптировалась к изменчивости лесов и корректировалась условиями бюджетного финансирования. На севере Финляндии интенсивность закладки ПП была ниже, чем на юге страны [76].

При проведении восьмой НИЛ (1992–1994) примерно 20% ПП на севере Финляндии стали постоянными, а в ходе девятой инвентаризации (1996–2003 гг.) создание таких площадей было завершено на всей территории страны. Переход к использованию постоянных ПП был вызван необходимостью повышения точности некоторых оценок и др. причинами.

Продолжительность НИЛ зависит от размера средств, выделяемых из государственного бюджета, от минимального размера площадей, для которых требуется получать результаты, и от желаемой статистической точности оценок. Первые четыре НИЛ длились каждая примерно по 3 года, последующие 5 – от 6 до 9 лет. Начиная с десятой инвентаризации (к которой приступили в 2004 г.), этот период сокращен до 5 лет.

Основной административной единицей в лесном хозяйстве Финляндии является лесное управление, обычно охватывающее 0,8–5,0 млн га лесных земель. Материковая часть страны разделена на 13 таких управлений, и отдельное лесное управление охватывает Аланские острова. Средняя квадратическая ошибка оценок запаса древостоя на территории этих управлений варьирует от 2,7 до 1,9%, а для всей страны она составляет 0,6% [75].

С 1990 г. все характеристики лесов для больших площадей рассчитываются на основе спутникового картирования и цифровых карт. Например, данные о землепользовании, высота над уровнем моря, характеристика почв. Эти данные дополняются результатами полевых измерений НИЛ. Во время девятой НИЛ (1996–2003 гг.) в качестве единицы выборочных исследований была принята группа ПП (кластер), которую также называют «массивом выборки». Метод закладки ПП был адаптирован к изменчивости структуры и состава лесов, при этом 2 массива выборки (2 кластера) разделялись участками от 6×6 км на юге страны до 10×10 км в Лапландии [79].

В рамках девятой НИЛ в южной, центральной и северной Финляндии, за исключением трех самых северных муниципалитетов, в которых применяли двухфазную послойную выборку, использовали чередование временных и постоянных кластеров.

Кластеры размещали в углах квадратов 6×6 км, 7×7 км и 10×10 км. Размер квадратов увеличивается при продвижении с юга на север Финляндии. В трёх углах каждого квадрата размещаются временные кластеры, а в четвёртом углу – постоянный.

В постоянных кластерах натурные измерения не проводятся на ПП 1, 2, 13, 14 (в квадратах 7×7 км) и на ПП 1, 2, 14, 15 (в квадратах 10×10 км). При этом во временных кластерах измерения производятся на всех ПП, а в постоянных кластерах измерения производятся на ПП только каждого 4-го кластера.

В Финляндии идёт постоянный процесс оценки эффективности различных методов закладки ПП. В настоящее время для этих целей используются цифровые карты запасов насаждений, полученные на основе спутниковых изображений, и имитационное моделирование выборки. Для каждого проверяемого метода выбирают 1000 опытных участков и рассчитывают среднее квадратическое отклонение среднего запаса, которое принимается в качестве средней квадратической ошибки среднего запаса. Другой довольно важный аспект состоит в том, что единица выборочных исследований (кластер) должен в среднем соответствовать одному дню работы. Было обнаружено, что «оптимальный» метод закладки ПП зависит, например, от распределения лесных земель и неоднородности лесов, и по этой причине не меняется в направлении с юга на север и с востока на запад. Интенсивность выборки на ПП осуществляется в соответствии с пространственной изменчивостью лесов по всей территории страны, а она ниже на севере, чем на юге [75].

Двухфазная послойная выборка использовалась на территории трех самых северных муниципалитетов и основывалась на учёте трех переменных: процента пустошей (напр., открытых болот и очень бедных минеральных почв, в том числе открытых горных пород); запаса древостоя; прогнозируемой кумулятивной дневной температуры. Две первые переменные прогнозировались на основе данных лесоинвентаризации, полученных из разных источников, в форме тематических карт.

Закладка круговых ПП осуществлялась с помощью полнотомера Биттерлиха. Деревья для перечёта выбирали с помощью реласкопа. Там, где нельзя было использовать реласкоп, измеряли расстояния до дерева из центра круговой ПП и диаметр дерева на высоте 1,3 м от уровня земли. Каждое 7-е дерево измерялось в качестве модельного дерева [75].

Согласно принятой в Финляндии схеме НИЛ и выделения категорий земель, лесохозяйственные земли подразделяются на продуктивные, малопроодуктивные и непродуктивные лесные земли (называемые пустошами) и лесные дороги. Лесные и лесохозяйственные земли подразделяются на подклассы в зависимости от лесорастительных условий, характера собственности, режимов лесокультурных мероприятий и организации рубок, видов хозяйства и характеристик насаждений (например, состава древесных пород, возраста и среднего диаметра деревьев) [51].

Характерно, что принятые в Финляндии формулировки категорий лесных земель и малопроодуктивных лесных земель, как и во многих других странах, отличаются от используемых ФАО определений лесных земель и прочих покрытых лесом земель [41], тем не менее, определения ФАО стали применяться в Финляндии наряду с определениями, принятыми при проведении НИЛ.

Количество обследуемых участков при проведении девятой НИЛ составило (в целом по стране) 81 249, из которых 67 264 участка были расположены на лесохозяйственных землях, 62 266 – на лесных землях и малопроодуктивных лесных землях и 57 457 – только на лесных землях. Заметим, что площади суши и водной поверхности по муниципалитетам предполагаются известными, и соответствующие цифры основаны на статистических данных, полученных при топографической съемке на территории Финляндии. Расположение обследуемых участков определялось с помощью системы GPS, и на этих участках, включавших лесные земли и малопроодуктивные лесные земли, проводилась таксация деревьев [75].

Результаты НИЛ Финляндии представляют собой оценки площади, объемов древесины и

прироста. Поскольку НИЛ охватывает всю территорию страны, т.е. всю сушу и водные объекты, это позволяет получать количественные оценки для всех видов землепользования. В отношении лесов определяется площадь каждого выдела, исходя из величины общей площади суши и внутренних вод, которые известны или считаются не содержащими ошибок, и из результатов НИЛ [75].

В Финляндии объёмом дерева принято считать объём ствола дерева с учётом коры от пня до вершины, исключая ветви. Для определения объёма измеряют все деревья высотой не менее 1,3 м. Средний объём древесины ($\text{м}^3/\text{га}$) для каждого выдела вычисляют на основе сплошного по-деревного перечёта, а общие объёмы запаса древесины путём умножения среднего объёма древесины на площадь выдела. Методика вычисления средних объёмов ($\text{м}^3/\text{га}$) и общих объёмов (м^3) кратко заключается в следующем [79]:

1. Объёмы древесины и объёмы древесины по классам сортиментов предварительно рассчитываются для модельных деревьев (каждое 7-е учитываемое дерево) с использованием функций объёмов и моделей кривых сбегая, а также размеров модельных деревьев [51, 75].

2. Объёмы пересчитываемых деревьев предварительно рассчитываются по таксационным группам с использованием объёмов модельных деревьев и переменных, соответствующих данным натурного перечёта деревьев, характеристикам древостоя и лесорастительных условий.

3. Средние объёмы сводятся в таблицу по расчетным таксационным группам.

4. Площади рассчитываются по объёмным таксационным группам.

5. Общие объёмы сводятся в таблицу по расчетным таксационным группам.

В Финляндии прирост по объёму понимается как увеличение объёма ствола с корой от пня до вершины. Ежегодный прирост по объёму рассчитывается как среднее значение за 5 лет, с учетом только полных периодов роста и при предположении, что рост дерева заканчивается до 1 августа. Таким образом, значения прироста за 5 лет, предшествующих году проведения инвентариза-

ции, используют для деревьев, измеряемых до 1 августа, в то время как для деревьев, измеряемых начиная с этой даты, используют значения прироста в год проведения инвентаризации и за 4 предшествующих года [75].

Поскольку в Финляндии, как и в других странах Европы, данные по запасу древесины учитываются без коры, то при вычислении объёма большое внимание уделяется изменениям толщины коры дерева. Обычно это достигается благодаря использованию коэффициента, равного частному от деления объёма с корой на площадь поперечного сечения без коры (на высоте 1,3 м). Предполагается, что изменение этого коэффициента происходит параллельно среднему изменению, рассчитанному из большой совокупности модельных деревьев [75].

В Финляндии при проведении НИЛ оценивают как общий прирост, так и прирост отпада, в который включают вырубленные и погибшие деревья. При натурных работах на ПП измеряют прирост только тех деревьев, которые сохранились к моменту проведения НИЛ. Поэтому для расчета общего прироста за 5-летний период к общему приросту оставшихся деревьев прибавляют прирост тех деревьев, которые за указанный период были вырублены или погибли естественным путем. Если, например, дерево было срублено за 2 года до инвентаризации, то следует принимать во внимание значение прироста за первые 3 года расчетного периода. Суммарная величина отпада определяется из учета следующих компонентов:

- 1) вывозка заготовленной древесины согласно информации лесопромышленных компаний;
- 2) вывозка нетоварного круглого леса, например пиловочника или топливной древесины, используемой в бытовых целях;
- 3) оценка лесозаготовительных потерь, включая потери от проведения лесоводственных мероприятий, исходя из данных специальных исследований Научно-исследовательского института леса Финляндии;
- 4) объем невозобновляемых естественных потерь (в настоящее время – 2,5 млн м³).

Предполагается, что величина прироста впоследствии вырубленных или погибших деревьев составляет в среднем 70% величины прироста оставшихся деревьев [79].

Следует учитывать тот факт, что статистические данные об отпаде собираются по календарным годам, в то время как инвентаризация в регионе осуществляется в течение периода роста, нередко до 1 августа, а отчасти в том же регионе после этой даты. Это необходимо учитывать при расчете прироста, приходящегося на долю отпада, при этом исследуемая при инвентаризации территория разделяется по площади на два субрегиона. Таксационными группами древесных пород при рассмотрении статистических данных об отпаде являются сосна, ель и широколиственные деревья [79].

Опыт развития НИЛ Финляндии показывает, что поиск методов закладки ПП, да и вся система НИЛ, являются итеративным процессом, т.е. осуществляются на основании опыта и данных предыдущих инвентаризаций. При этом во всех регионах Финляндии осуществлялись дополнительные исследования с целью оптимизации закладки ПП, принимая во внимание допустимые максимальные стандартные отклонения среднего объёма запаса древесины, а также общий объём запаса древесины в насаждении и оценку стоимости проводимых измерений. Поэтому современный вид методы оценки измеряемых параметров НИЛ Финляндии приобрели постепенно, в течение предыдущих НИЛ.

Было проведено сравнение двух методов оценки прироста по запасу, один – с помощью приростного бурава на модельных деревьях с соответствующими измерениями их прироста в высоту (модели прироста в высоту в случае широколиственных деревьев), второй – путём сравнения разницы в объёмах запасов древесины на постоянных ПП. Сравнение показало, что первый метод, особенно при его использовании на постоянных ПП, даёт меньшую среднеквадратическую ошибку по сравнению со вторым методом. Как отмечает Ерки Томппо [79], ошибки при измерении диаметров деревьев обычно бывают значительно больше, чем ошибки измерения кер-

нов, полученных приростными буравами. Проводимая с 2004 г. десятая НИЛ существенно отличается от девятой. В частности, ежегодная таксация леса осуществляется только на 1/5 всех участков НИЛ, заложенных на территории Финляндии. Это позволяет обновлять оценки лесов всей Финляндии в целом ежегодно, а для отдельных регионов обновлять данные через 2–3 года после начала инвентаризации. В настоящее время разрабатывается метод оценки состояния лесов, при котором одновременно используются как временные, так и постоянные ПП (приблизительно 1/5 ПП являются постоянными) [75].

Швеция

Система государственной инвентаризации лесов Швеции была основана в 1923 г. В настоящее время НИЛ проводится Шведским университетом сельскохозяйственных наук на средства государственного бюджета. Чтобы обеспечить независимость результатов инвентаризации лесов от лесопромышленных компаний, они не привлекаются к финансированию этой работы. Организационно работы делятся на 2 периода: полевой и камеральный (обработка данных) [78].

В Швеции данные, необходимые для оценки состояния лесов и управления ими на уровне страны и отдельных провинций, собирают отдельно от данных, необходимых для оперативного хозяйственного планирования. Для нужд НИЛ Швеции используется выборочная статистическая инвентаризация, основанная на регулярной сети ПП, подлежащих периодическому описанию с использованием инструментальных методов оценки. А для нужд оперативного хозяйственного планирования (составления планов ведения хозяйства) проводится поведельная инвентаризация лесов конкретного владения, аналогичная российскому лесоустройству. Такое разделение обуславливается одной причиной. Единовременная поведельная инвентаризация лесов в пределах крупных территорий или обеспечивает повсеместно высокую точность данных, но при этом оказывается неприемлемо до-

рогой для собственников, или осуществляется за разумную цену, но при этом приемлемая точность обеспечивается лишь по отдельным участкам (например, по тем, в пределах которых планируется проведение каких-либо хозяйственных мероприятий) [78].

К настоящему времени система НИЛ Швеции обслуживается штатом 15 постоянных сотрудников Шведского университета сельскохозяйственных наук. Большинство из них заняты не столько сбором данных, сколько их анализом и составлением сценариев и прогнозов развития лесного хозяйства. Ежегодно привлекаются около 60 специалистов для проведения летних полевых работ. Они заняты в системе НИЛ Швеции 6 мес. ежегодно. Большинство из них – частные лесовладельцы и фермеры, занятые зимой другими работами. Значительная часть этих людей работает в системе государственной инвентаризации лесов много лет подряд, несмотря на сезонный характер этой работы. Ежегодно в начале сезона полевых работ для всех участников проводится обучающий курс. В течение полевого сезона работа каждой группы таксаторов, состоящей из трех временных работников, обязательно проверяется контрольной группой из числа постоянных сотрудников университета. При этом группа временных работников не знает, какая именно из их площадок будет повторно обследована с целью проверки качества. Ни одна из групп не обследует свои же площадки повторно, равно как и не имеет доступа к описаниям этих площадок, сделанным при предшествующем обследовании [71].

Вся территория Швеции поделена на 5 регионов инвентаризации лесов, отражающих широтную поясность распределения растительности. Факторами, определяющими выделение регионов, являются:

- пространственная изменчивость наиболее важных показателей;
- эксплуатационные условия на данной площади;
- размер и структура округов.

Интенсивность выборки выше в южной части Швеции, так как размеры округов в ней гораздо меньше, чем в северной.

Собственно полевое обследование заключается в описании круговых ПП с радиусом 7 или 10 м (в зависимости от ситуации) с инструментальным измерением всех деревьев в пределах ПП. Круговые ПП объединяются в группы по 16 шт. Группы ПП объединены в кластеры. Для постоянных ПП – 8 групп на кластер, для временных ПП – 12 групп на кластер. Кластеры располагаются в узлах регулярной сетки, шаг которой составляет около 20 км (в южной части Швеции меньше, в северной – больше). При этом расположение групп ПП может несколько изменяться в зависимости от местных условий, в частности от транспортной доступности.

Единицей наблюдения является кластер, который может быть временным и/или постоянным. Временный кластер объединяет 12 ПП (в 5-м регионе – 8), а постоянный кластер – 8 пробных площадей (в 5-м регионе – 4). Длина стороны временного кластера колеблется от 1800 м в 1-м регионе до 1200 м в 4-м регионе; для постоянного кластера соответственно 1200 и 800 м. В 5-м регионе длина стороны временного кластера равна 400 м, а постоянного – 300 м.

Кластер представляет собой рабочую единицу, эквивалентную затратам труда в течение одного дня работы полевой партии. Установлено, что в условиях Швеции кластер должен быть квадратным. На юге Швеции в 5-м регионе инвентаризации, где очень густая дорожная сеть, а эксплуатационные условия варьируют в широких пределах, более подходящими оказались кластеры, на которые расходуется половина рабочего дня. Пробные площади в пределах одного кластера не должны располагаться слишком близко друг к другу, поскольку это повышает корреляцию между ними и снижает точность информации. С другой стороны, если расстояния между ПП слишком велики, то затраты на каждую из них будут очень высоки. Поскольку пространственная изменчивость лесов в южной Швеции гораздо больше, чем в северной (более низкая корреляция между соседними точками при неизменном расстоянии между ними), расстояние между пробными площадями (и соответственно протяженность сторон кластера) в южной Швеции

меньше. Теперь временные ПП имеют радиус 7,07 м, постоянные – 10 м, чтобы сделать последние более подходящими для определения выхода древесины [78].

Исследования в рамках НИЛ Швеции показали, что число постоянных и временных кластеров должно быть приблизительно равным. Слишком малая доля постоянных кластеров дает низкую точность при оценке изменений, в то время как слишком малая доля временных кластеров приводит к неприемлемо высокой среднеквадратической ошибке при оценке измеряемых параметров. Поэтому из таксируемых каждый год кластеров половина – постоянные, другая половина – временные тракты. Каждый год инвентаризируется около 2300 кластеров (1150 постоянных и 1150 временных). Кластеры намечают на картах по всей площади страны одновременно [78].

В системе НИЛ Швеции, кроме основных ПП для определения объема (запаса) древесины – «объемных» ПП – приняты и так называемые «регенерационные» (или возобновительные) и «пнёвые» ПП. Объемные ПП закладывают везде, регенерационные – на лесной площади, где насаждение имеет среднюю высоту меньше 1,3 м, а пнёвые – только на свежих вырубках, где рубка проводилась за год до данной инвентаризации. Для регенерационных и пнёвых ПП, менее распространенные, чем объемные, интенсивность выборки, согласно статистике, должна быть выше. Все пнёвые и регенерационные ПП являются временными, даже если они входят в состав постоянного кластера. Пнёвые ПП имеют радиус 7,07 м, а регенерационные представляют собой группы, состоящие из пяти площадок радиусом 1,78 м, которые систематически размещены в пределах ПП радиусом 20 м [78].

На объемных ПП диаметр всех растущих деревьев измеряют мерной вилкой. Часть деревьев отбирают в качестве модельных для определения объема, возраста и прироста.

Система инвентаризации с использованием постоянных и временных ПП позволяет получить оценку прироста с относительной среднеквадратической ошибкой в 4–5 раз меньшей, по сравне-

нию оценкой, которая получается в случае использования лишь временных кластеров.

Кластеры размещают независимо от формы собственности на лес. Причем собственник не уведомляется о том, что на его земле располагается учётный кластер НИЛ Швеции, и не знает, где именно он располагается. В пределах кластера ПП располагаются по углам и сторонам квадрата, сторона которого составляет в зависимости от ситуации от 300 до 1800 м [71].

Как правило, одна группа ПП обследуется одной группой исследователей (состоящей из 3-х человек) в течение одного рабочего дня. В задачи группы входит также проведение почвенного исследования территории (в том числе отбор образцов для лабораторного анализа), а также некоторые задачи, связанные с исследованием биологического разнообразия лесов.

Результаты выборочного статистического обследования лесов в ходе НИЛ используются для построения аналитических моделей развития лесов Швеции, а также для определения возможных объемов изъятия лесных ресурсов в длительной перспективе.

Крупные лесные компании на своей территории проводят инвентаризацию лесов примерно по той же методике, что и государство на всей территории Швеции – только с большей плотностью сети ПП. Это не отменяет определения границ насаждений (выделов) для нужд оперативного хозяйственного планирования, но долгосрочное планирование и определение возможных объемов рубок производится именно на основании инвентаризации лесов статистическими методами [26].

В ходе НИЛ Швеции учитывают около 200 параметров лесов. Получаемую информацию сводят в 5 больших информационных блоков:

- лесорастительные условия;
- площадь;
- запас, прирост и естественный отпад;
- возобновление;
- годовая лесосека.

Кроме того, имеется еще один информационный блок, включающий данные специальной инвентаризации растительности и почвы, кото-

рую проводят на постоянных ПП; её главная цель – мониторинг окружающей среды.

В ходе НИЛ все полевые данные вводят в микрокомпьютер. Каждая партия оснащена двумя компьютерами с одинаковым программным обеспечением. Важным преимуществом использования микрокомпьютеров является возможность проверки достоверности и полноты всех данных непосредственно в поле. Собранные данные примерно передают по телефону в центральный компьютер, где проводят более сложные проверки. Результаты этих проверок высылают партии почтой. После корректировки данные записывают на дискеты для дальнейшей обработки.

Результаты НИЛ регулярно публикуют в ведомственных отчетах и статистических ежегодниках.

Опыт создания НИЛ на американском континенте

Канада

Особенности государственной инвентаризации лесов Канады во многом определяются общим конституционным устройством страны и управлением природными ресурсами. Канада является федеративным государством, занимает значительную часть материка Северная Америка и примыкающие к нему многочисленные острова. В составе Канады 10 провинций (Альберта, Британская Колумбия, Квебек, Манитоба, Новая Шотландия, Нью-Брансуик, Ньюфаундленд и Лабрадор, Онтарио, Остров Принца Эдуарда и Саскачеван), обладающих весьма широкими полномочиями в распоряжении своими природными ресурсами, и 3 территории (Нунавут, Северо-западные территории и Юкон).

Управление лесным хозяйством осуществляет Канадская лесная служба, являющаяся одним из департаментов Министерства природных ресурсов Канады. Министр природных ресурсов ежегодно представляет Парламенту страны до-

клад – балансовый отчет «Состояние лесов Канады». Основные правовые нормы лесопользования устанавливаются в Канаде законодательными и подзаконными актами провинций. Значительная часть лесохозяйственных мероприятий финансируется из бюджетов провинций.

В частной собственности (425 тыс. лесовладельцев) находится лишь 6% лесов Канады. Под управлением правительств провинций находится 71% лесов, под управлением федерального правительства и администраций Территорий – 23% [67]. Тем не менее, федеральное правительство Канады не занимается проведением НИЛ, а основывается на сводных данных, присутствующих в национальных и международных статистических отчетах.

Проведение НИЛ в Канаде основано на использовании данных о лесных ресурсах, получаемых от множества организаций. Каждая провинция вкладывает значительные инвестиции в проведение инвентаризаций лесов, ведение лесного хозяйства и использования лесов. В первую очередь инвестиции идут на организацию инвентаризации леса, закупку технических средств и на предоставление необходимой для проведения инвентаризации информации. Первое время федеральное правительство Канады через Министерство природных ресурсов Канады принимало непосредственное участие в разработке НИЛ. К настоящему времени роль федерального правительства ограничивается финансированием научно-исследовательских работ, инвентаризацией федеральных лесных земель и сбором статистических данных по стране [62].

Существует множество механизмов, обеспечивающих сотрудничество провинций при проведении инвентаризаций, наиболее важным из которых является деятельность Канадского комитета по инвентаризации леса. Это форум, в рамках которого специалисты по инвентаризации со всех территориальных уровней могут встречаться, обмениваться информацией и решать интересующие их проблемы. Совместными усилиями этого комитета были разработаны процедуры для объединения множества данных, получаемых в ходе инвентаризации провинций

страны, в единую инвентаризацию лесов на национальном уровне. Все рабочие вопросы решаются с каждой провинцией отдельно [14].

Первоначально НИЛ в Канаде представляла собой периодический (примерно каждые 5 лет) сбор информации о лесах, путем суммирования данных лесоустройства в провинциях и на территориях и данных дистанционного зондирования. Органы лесного хозяйства провинций и территорий предоставляли Лесной службе Канады данные о лесных насаждениях, где они преобразовывались в соответствии со схемой национальной классификации лесов [38], а затем сводились вместе на листах карт по провинциям и территориям для хранения, анализа и отчетности.

Собранные данные использовались как внутри страны, так и на международном уровне. НИЛ Канады по такой технологии проводились в 1981, 1986, 1991 и 2001 гг. После НИЛ 2001 г. Канада перешла на новую систему инвентаризации лесов.

Инвентаризация лесов провинции обычно продолжалась 10 или 15 лет, после чего постепенно начиналась новая инвентаризация. Данные НИЛ были предназначены для периодического планирования на уровне организационных единиц управления лесным хозяйством и должны предоставляли обоснованную общую информацию по каждому насаждению. Они могли также служить основой для последующего проведения местных и более специализированных обследований эксплуатации лесов. В регионах с более высокой активностью ведения хозяйства НИЛ стремились проводить чаще и интенсивнее, чем в регионах, менее привлекательных для эксплуатации.

Органы лесного хозяйства Канады постоянно совершенствовали инвентаризации лесов, менялась и их продолжительность. В результате НИЛ Канады представляла собой накопленную информацию различной давности, полученную исходя из различных критериев сбора данных.

При последней НИЛ Канады по такой технологии (НИЛ-2001) было использовано 57 исходных инвентаризаций леса. Длительное время такая технология была эффективна в том отноше-

нии, что она основывалась на существующих данных лесоустройства. Её методика была достаточно хорошо обоснована и обеспечивала получение подробной информации о лесах Канады в соответствии с данными лесоустройства. В определённой степени НИЛ позволяла также получать и специфические для конкретной местности данные о характеристиках и количестве лесных ресурсов, обеспечивала возможности картирования и пространственного анализа лесопользования. Но, несмотря на то, что периодический сбор данных НИЛ имеет множество преимуществ, некоторые данные НИЛ могут иметь возраст до 25 лет. Примерно 20% данных, представленных в отчетах НИЛ-2001, использовались также в отчетах НИЛ 1991 г. В силу различий между НИЛ-1991 и НИЛ-2001, результаты этих инвентаризаций не удалось должным образом сопоставить [39]. Причины этого таковы:

- Площадь инвентаризации увеличилась с 653,1 до 979,1 млн га, что соответствует всей площади страны.
- При проведении НИЛ в 2001 г. были использованы другие определения земель и видов растительного покрова с целью учесть постепенное расширение внимания с древесной растительности на всю совокупность растительных видов.
- От цикла к циклу происходят изменения в исходных инвентаризациях, что может приводить к различиям между следующими друг за другом национальными инвентаризациями.

Кроме того, НИЛ Канады не позволяла проследивать скорость и характер изменения лесных ресурсов с течением времени, и она также не всегда адекватно отражает текущее состояние лесов. Она обычно не содержала информации о характеристиках недревесных ресурсов леса, и точность НИЛ Канады была неизвестна и не могла быть оценена статистическими методами [39].

С целью преодоления недостатков НИЛ, учитывая новые потребности лесного сектора страны, была разработана новая технология осуществления национальной инвентаризации лесов страны. Вместо периодического сбора информа-

ции по всей стране НИЛ Канады основывается на использовании ПП, состоящих из постоянных единиц наблюдения и расположенных на общенациональной координатной сетке. Цель НИЛ состоит в своевременной и точной оценке и мониторинге размеров, состояния и устойчивого развития лесов и лесных ресурсов Канады. В рамках НИЛ создана общенациональная отчётность о лесах, посредством сбора информации и составления отчётов, соответствующих единым стандартам. Эта отчётность отражает размеры и состояние земель страны, что является основанием для получения сведений о размещении лесных ресурсов и характере их изменения с течением времени [39].

Кроме этого, НИЛ Канады обеспечивает основу для сбора дополнительных данных, имеющих отношение к национальному отчёту о продвижении лесного сектора страны в направлении устойчивого развития. В частности, эти данные включают в себя социально-экономические показатели развития, данные о санитарном состоянии лесов, о биоразнообразии и продуктивности лесов [39].

Система НИЛ Канады имеет следующие обязательные элементы:

- Сеть (система) для закладки ПП по всей территории страны.
- Стратификация выборки по административному членению страны на провинции и территории и по наземным экологическим зонам.
- Оценка площадей и других характеристик, исходя из данных дистанционного зондирования.
- Оценка разнообразия древесных пород, запасов древесины и других требуемых характеристик, исходя из проведения наземной подвыборки для определения показателей, оценить которые по фотопробам невозможно.
- Оценка происходящих с течением времени изменений, исходя из регулярных повторных измерений на всех ПП в целях мониторинга.

Параметры сети наблюдений в новой модели НИЛ Канады определены следующим образом. Генеральной совокупностью является вся территория Канады. Основная сеть НИЛ имеет

стандартную ячейку 4×4 км [42]. Из этой сети были выбраны 7 альтернативных сетей с меньшим числом участков отбора проб. Густота участков отбора проб в альтернативных сетях кратна базовой сети 4×4 км и составляет: 8×8 км, 12×12 км, 16×16 км, 20×20 км, 40×40 км, 60×60 км и 80×80 км. Предпочтительная интенсивность выборочных исследований – выборочные точки на сетке 20×20 км (сетка 20×20 км входит в национальную сеть 4×4 км).

Всего по провинциям Канады выделено 15 126 наземных ПП НИЛ. Кроме того, в Ньюфаундленде выделено 5747 участков, в Северо-Западных территориях – 3 537, и на Юконе – 1 236 участков для отбора проб.

Сеть выборочных наблюдений может быть заменена другими статистически оправданными системами выборочных исследований, например, стратифицированной случайной выборкой для больших территорий (провинции или территории) при условии получения требуемых данных. Это позволяет провинциям или территориям, уже проводящим статистически обоснованные повторные инвентаризации (Квебек, Новая Шотландия, Британская Колумбия), использовать для НИЛ получаемые ими данные (возможно, с некоторыми изменениями). Стратификация и описание генеральной совокупности (всей территории Канады) осуществляются по традиционно выделяемым экологическим зонам (экозонам) [38].

Интенсивность выборочных исследований НИЛ Канады меняется в зависимости от экозоны: она может уменьшаться в экозонах с незначительной растительностью или ее отсутствием, или возрастать в экозонах, представляющих особую важность или подверженных значительным изменениям. В некоторых (не покрытых лесом) стратах выборка может не производиться, и указывают только величины площадей. Генеральная совокупность делится на страты в виде провинций/территорий, однако соответствующие отчеты НИЛ по провинциям/территориям предоставляются только после утверждения этими провинциями/территориями. Стратификация по провинциям/территориям требуется в связи с тем,

что можно ожидать значительных различий в моделях интенсивности выборочных исследований в отдельных провинциях/территориях. Таким образом, страты НИЛ Канады вполне могут быть комбинациями экозон и границ провинций/территорий. Считается, что это не создаёт значительных проблем при сборе статистических данных.

Оценка площади на основании данных дистанционного зондирования осуществляется следующим образом. Там, где используется сеть выборки, участки отбора проб выбираются из координатной сетки 4×4 км (или сетки 20×20 км, при этом выбирается каждая 5-я точка вдоль строк и столбцов координатной сетки). Размер выборки может варьироваться по стратам, чтобы инвентаризация была эффективной с точки зрения затрат.

Исходные данные дистанционного зондирования (аэрофотоснимки или космические снимки) ПП используются для получения ряда характеристик (часть характеристик получают из наземных выборочных обследований). Аэрофотоснимки используются для изучения покрытых лесом или иной растительностью площадей, спутниковые изображения – для изучения площадей с незначительной растительностью или там, где растительность отсутствует. При аэрофотосъёмке единицы наблюдения имеют площадь 2×2 км и позволяют производить выборочный контроль примерно 1% площади поверхности. Метод оценки характеристик в пределах единицы наблюдения основывается на использовании полигонов или координатной сетки. Аэрофотоснимки должны иметь масштаб не менее 1:20 000; выбранный масштаб должен обеспечивать получение требуемых характеристик. Могут использоваться уже имеющиеся свежие аэрофотоснимки или спутниковые изображения. Возраст снимков или изображений может быть различным, в зависимости от предполагаемых изменений на данной площади. Новые снимки/изображения рекомендуется использовать в тех случаях, когда можно предположить, что на более чем 10% площади единицы наблюдения земля перешла из одной категории в другую, а также если

можно ожидать изменение какой-либо непрогнозируемой характеристики не менее чем на 10%. Необходимую информацию можно извлечь из существующих карт, основанных на применении ГИС, если только нанесенные на карту данные являются свежими, а точность расположения объектов на карте составляет до 50 м [55].

В системе НИЛ Канады может использоваться двойная выборка: для некоторых характеристик (например, объемов древесины) получают оценки на основании аэрофотоснимков (большая выборка) и небольших наземных обследований, после чего рассчитывают статистическую корреляцию. Цель этого метода состоит в повышении точности выборочных исследований. Но если корреляция между упомянутыми оценками не высока, он не оправдывает затрат.

В каждой экологической зоне рекомендовано закладывать не менее 50 наземных ПП. В непокрытых лесом экозонах выборочный контроль не планируется. В большинстве случаев намеченная точность определяет интенсивность выборочных обследований, но большое количество участников НИЛ Канады, и значительное число измеряемых показателей вносят неопределенность в этот вопрос. Считается, что накапливаемый опыт НИЛ Канады позволит разработать более конкретные рекомендации [29–31].

Расположение участков для выборочных исследований является систематическим или случайным, и они выбираются из имеющихся узлов сетки на основе принятой сети фотопроб (фотоучастков), используемых для данной экологической зоны. Всякий раз, когда выбранный участок оказывается на постоянно непокрытой лесом площади, ему находят замену из списка имеющихся наземных ПП. Эта процедура повторяется, пока не удастся определить положение 50 пробных участков. «Отбракованные» таким образом участки сохраняют свой статус действительных наземных участков НИЛ Канады, хотя никаких полевых измерений на них не проводят до тех пор, пока они не окажутся покрытыми лесом. При выполнении данной процедуры может оказаться исчерпанным количество имеющихся ячеек сетки. Этого можно избежать посредством ис-

пользования более густой сетки. Важно документировать процедуру выбора пробных участков и сохранять «отбракованные» участки для анализа. Такие участки не содержат каких-либо данных, но «отбраковка» интерпретируется как «нулевая» запись, имеющая значение для статистического анализа. Чтобы обеспечить, как минимум, 90%-ное наложение площадей участков на последующие измерения, погрешность местоположения не должна превышать 0,5 м для участка площадью 100 м², 0,7 м – для участка площадью 200 м² и 1,5 м – для участка площадью 500 м² [47].

Расположение наземных ПП не ограничивается местами, указываемыми лишь одной сеткой выборки. Могут дополнительно использоваться новые и/или существующие наземные ПП, при соблюдении нескольких условий:

- 1) они располагаются внутри или вблизи от одной из полностью дешифрованных фотопроб;
- 2) измерения совпадают по времени с дешифрированием фотопроб;
- 3) точное расположение ПП известно.

Эти требования обеспечивают возможность расчета статистической репрезентативности наземных ПП. Главное, чтобы наземные ПП располагались случайным образом внутри дешифрируемой области фотопроб.

Наилучшее расположение наземной ПП – в центре фотопроб, особенно для новых ПП, поскольку это улучшает настройку, обеспечивает принцип случайного расположения и репрезентативности.

Система НИЛ Канады предлагает интенсивность наземной выборки в соотношении примерно 1: 10 фотопроб. Основная совокупность наземных ПП должна быть постоянной и желательно иметь центральное расположение в узлах национальной координатной сетки, используемой в регионе. Система НИЛ Канады также ориентирована на использование, по возможности, существующих постоянных ПП. Места расположения постоянных ПП должны быть отмечены металлическими кольями, чтобы обеспечить надлежащую настройку системы. Карты расположения колея должны быть достаточно подробны, что-

бы минимизировать усилия по настройке. Но методы закладки наземных ПП могут быть самыми различными [47].

Размер участка должен соответствовать размерам измеряемых деревьев. Размер выборки, составляющий 30 деревьев на пробу, часто бывает достаточным для достоверной оценки важнейших характеристик, если исходить из того, что коэффициент вариации признака внутри пробы равен 50%; что делает среднюю квадратическую ошибку среднего значения характеристики примерно равной 10%. Основные наземные ПП должны иметь размер не менее 100 м² [47].

Для каждой наземной ПП фиксируются следующие показатели: местонахождение, метка координатной сети, идентификация полигона, год проведения измерений, схема и размер пробы, нарушения, растительный покров, древесные породы (%), подлесок, живой напочвенный покров, возраст насаждений, происхождение, возобновление, структура, отпад, стадия сукцессии, эрозия почвы, биомасса (деревья, пни, кустарники, травы и крупные порубочные остатки), общий запас древесины, прирост по запасу за 5 лет, характеристики почв, землепользование, владение, объем заготовки леса, экзоты, статус защиты, трансформация лесных земель.

Характеристики, получаемые на основе дешифрирования фотопроб, составляют основную совокупность данных НИЛ Канады. Для обеспечения надежности территориальной статистики ставится задача обследования примерно 1% площади суши Канады (1% получается из общих рекомендаций по использованию координатной сетки 20×20 км и фотопроб размером 2×2 км. Для фотопроб, размещенных на сетке 20×20 км, это означает, что площадь 2х2 км вокруг каждого узла дешифрируется полностью в соответствии с «Системой классификации растительного покрова НИЛ Канады» [57], «Системой классификации землепользования НИЛ Канады» [58] и существующими процедурами получения других характеристик лесных насаждений («Национальные стандарты для фотопроб: процедуры сбора данных» и «Национальный стандарт для

наземных пробных площадей: процедуры сбора данных» [27].

Масштаб аэрофотоснимков должен составлять 1:20 000 или более. Фотопробы имеют квадратную форму, но их размер зависит от выбранного размера сети НИЛ Канады. Все фотопробы должны иметь одинаковую географическую ориентацию, чтобы обеспечить согласованность с течением времени и по отношению к другим участкам. Центры фотопроб расположены в узлах национальной сети (координатной сетки) инвентаризации. Вся площадь фотопробы разделяется на полигоны согласно [62] или совместимой с ней системе (при этом один или несколько классов альтернативной схемы классификации соотносятся с единственным классом национальной схемы). Требование деления всей площади фотопробы на классы является существенным. Фотопробы, покрывающие границы провинций/территорий, национальные границы и береговые линии, неизменно имеют фрагменты площадей, не принадлежащие классам растительного покрова, предусмотренным документацией НИЛ Канады. Такие неклассифицированные фрагменты помечаются, используя один из классов землепользования [53].

На каждом полигоне фотопроб регистрируются следующие характеристики: расположение полигона, номер полигона, площадь полигона, нарушения, растительный покров, древесные породы (%), возраст, происхождение лесного покрова, возобновление, структура леса, отпад, эрозия почвы, общий запас насаждений, владение, объем заготовки леса, экзоты, землепользование, статус защиты, трансформация лесных земель.

Спутниковые изображения позволяют получать данные по характеристикам для площадей, не охваченных ни наземными ПП, ни фотопробами. Эти площади в основном сосредоточены на севере Канады, но они также включают и труднодоступные территории. Спутниковые изображения используются также для оценки степени изменений и необходимости повторного посещения участков, обследованных в прошлом. Широкое использование спутниковых изображений

для больших прилегающих друг к другу регионов может служить для подтверждения данных инвентаризации, т.е. для проверки наличия той или иной систематической ошибки в данных, полученных на фотопробах и наземных ПП. Полученные с помощью этих изображений данные могут быть более «широкополосными» по сравнению с соответствующими характеристиками, полученными на фотопробах и наземных ПП. Разрешающая способность и качество изображений могут налагать определенные ограничения на дешифрирование характеристик. С помощью «спутниковых» проб можно получить данные по следующим дополнительным характеристикам: время и место изображения, тип спутника, облачный покров, размер в пикселях, типы растительного покрова [56].

Для фотопроб ожидаемая минимальная интенсивность выборочного контроля соответствует обследованию примерно 1% суши страны; эта интенсивность достигается, например, посредством выборки «окон» размером 2×2 км на координатной сетке 20×20 км. При классификации спутниковых изображений изыскиваются также возможности картирования целых регионов там, где это выполнимо. Из документов лесного хозяйства и других источников получают характеристики, относящиеся к землепользованию, владению землей, статусу защиты, преобразованию лесных земель и происхождению экзотических деревьев [62].

Оценка изменений в состоянии лесов Канады опирается на общий подход, суть которого заключается в осуществлении непрерывной НИЛ (в противоположность, например, периодической инвентаризации, при которой измерения на всех участках производятся в определенный год (годы)). В случае инвентаризации с 10-летним циклом ежегодно повторные измерения осуществляются на 1/10 всех единиц наблюдения (на основании данных дистанционного зондирования и полевых наземных обследований). При этом измеряются требуемые характеристики, собираются данные о различиях между предыдущей и текущей оценками, рассчитывается соответствующая статистика. Там, где не произошло

существенных изменений или же возможные изменения в будущем удастся эффективно предсказать (с точки зрения погрешности прогноза), повторные измерения не требуются. Например, если аэрофотоснимки свидетельствуют об отсутствии изменений, то наземным отбором проб можно пренебречь. Кроме того, в Канаде есть много площадей лесов, изменения которых происходят крайне медленно и поэтому для них более уместен 20-летний, а не 10-летний цикл проведения таксационных измерений. Процедуры оценки состояния лесов составления отчетных характеристик НИЛ Канады основаны на деятельности Канадской Лесной Службы, которая отвечает за оценку статистических характеристик инвентаризации лесов [31]. Подробные процедуры расчёта характеристик НИЛ Канады изложены в соответствующих документах [47].

Смена технологии инвентаризации лесов Канады произошла в 2002 году. По старой технологии НИЛ Канады проведена последний раз в 2001 г. [39].

Новая технология НИЛ Канады отвечает потребностям слежения за происходящими изменениями растительного покрова, лесной площади, запасов насаждений и позволяет получать дополнительную информацию о лесных ресурсах. Это даёт возможность производить сравнение данных о состоянии лесов и лесных ресурсов страны с течением времени. Публикация первого отчета по новой инвентаризации лесов Канады состоялась 31 марта 2005 г. [29–31].

Новая технология использует данные, получаемые на постоянных ПП в лесах на территории всей страны. Система этих ПП была спроектирована к 2006 г., но практические работы на них ещё не завершены. По состоянию на 01.01.2008 г. из 1079 наземных ПП выборка таксационных показателей лесов произведена только на 640 площадях, а из 19 242 фотоучастков на 7024 участках.

НИЛ Канады основана на партнерских отношениях. Федеральное Министерство природных ресурсов Канады в лице Лесной службы Канады, через Канадский комитет по инвентаризации леса, координирует её проведение. Партнеры из

Провинций и Территорий Канады разрабатывают свои планы выборочных обследований и предоставляют получаемые ими данные. Правительство Канады разрабатывает необходимые стандарты и процедуры, а также обеспечивает инфраструктуру для проведения исследований и получения отчетов.

Соединённые Штаты Америки

Инвентаризация лесов на территории США осуществляется государственными органами управления лесным хозяйством и пастбищными территориями (Лесная служба Министерства сельского хозяйства США) на уровне страны в целом и отдельных штатов, и лесопромышленными компаниями на уровне насаждений при проведении лесоустройства. В первом случае речь идёт собственно о государственной инвентаризации лесов США. Она включает в себя анализ состояния лесов и получение оценок таксационных показателей лесов страны [73].

Первоначально она осуществлялась с 1930 г. как государственный учет лесов. В его рамках собирались сведения о расположении и состоянии лесных площадей, о древесных породах, размерах и санитарном состоянии деревьев, общем приросте деревьев, величине отпада, о тенденциях развития лесов, а также о заготовке и вывозке заготовленной древесной продукции. Оценивалась интенсивность заготовки леса в отношении различных видов продукции и лесовладения [68].

В настоящее время НИЛ США включает, кроме перечисленного, получение информации о состоянии древесных крон, почв, растений-индикаторов озона, обо всех разновидностях растительности и крупных древесных остатках. Руководство программой НИЛ США осуществляется научно-исследовательской организацией, входящей в структуру Лесной службы Министерства сельского хозяйства США, в тесном сотрудничестве с государственными и частными лесохозяйственными организациями и системой национальных лесов. НИЛ США проводится уже в течение

70 лет под различными названиями (она называлась «Лесная таксация», «Оценка возобновляемых ресурсов», а сейчас носит название «Инвентаризация и анализ состояния лесов») [63].

НИЛ охватывает леса на всех лесных землях США. НИЛ осуществляется в сотрудничестве с целым рядом партнеров, включая лесные агентства штатов и частных землевладельцев, разрешающих доступ на свои земли для сбора информации. Благодаря этому НИЛ США обеспечивает получение объективной информации об основных процессах, происходящих в лесных экосистемах страны. НИЛ США является главной национальной программой периодического получения совместимой и достоверной информации о состоянии всех лесных земель (как государственных, так и частных) на территории США. Результаты НИЛ США публикуются Лесной Службой Министерства сельского хозяйства США [45].

НИЛ США имеет 3 уровня управления [60]:

- Высший административный уровень, который включает руководителей высшего ранга из Лесной службы США и лесных агентств штатов, обеспечивающих общее стратегическое руководство;
- Руководящий уровень, включающий руководителей программы НИЛ из Лесной службы и соответствующих штатов, ответственных за повседневную реализацию программы на местах;
- Технический уровень, куда входят группы технических специалистов из Лесной службы и соответствующих штатов, занимающиеся разработкой документов и анализом технологических процедур.

Работы по НИЛ на территории США координируются из пяти региональных филиалов, причем каждый регион имеет своих региональных заказчиков и партнеров, сотрудничающих в реализации программы. Система НИЛ США включает в себя согласованную на национальном уровне базовую программу инвентаризации лесов, которая может быть расширена с учетом особых интересов региона, отдельного штата или местности [60].

Для целей НИЛ вся территория США с общей границей покрыта сеткой с размером ячеек 5 × 5

км. Всего в США имеется 360 тыс. ПП, из которых 120,5 тыс. покрыты лесом. Повторные измерения на каждой такой площади проводятся:

- на востоке каждые 9–12 лет (стоимость работ – 1800–2600 долл. на одну покрытую лесом ПП);
- на западе каждые 20 лет (стоимость работ – 3700–7600 долл. на одну покрытую лесом ПП).

Одна бригада специалистов из двух человек может обследовать в среднем одну покрытую лесом ПП за один рабочий день. Всего в работах по НИЛ США участвуют 300 постоянных сотрудников Лесной службы и её научных учреждений (региональных лесных станций). Для повышения точности (статистической эффективности) используется стратификация выборки [73].

Основная программа НИЛ включает 3 фазы:

Фаза 1 – классификация земель на лесные и нелесные на основе дистанционного зондирования, во время которого производятся пространственные оценки фрагментации, урбанизации, расстояния, т.п. Этот этап исторически осуществлялся на основе аэрофотоснимков, но в настоящее время он основывается на использовании изображений, получаемых со спутников.

Фаза 2 – использование совокупности пробных участков, распределенных по территории ландшафта с примерной густотой: один участок НИЛ на каждые 6 тыс. акров⁴. Лесоустроительные партии посещают эти участки для сбора разнообразных данных о лесных экосистемах. Посещают при необходимости также и не покрытые лесом участки, чтобы получить количественную оценку темпов изменения землепользования.

Фаза 3 – использование подмножества пробных участков, о которых шла речь выше (примерно один такой участок на каждые 96 тыс. акров). Участки из этого подмножества посещают в течение вегетационного периода для сбора дополнительной совокупности экологических данных, включающих таксационные показатели всей растительности, оценку состояния деревьев и крон, информацию о почвах, лишайниках, крупных древесных остатках и повреждениях, вызванных озоном. При работе на ежегодной основе данные

собираются на упомянутом подмножестве участков во всех штатах страны каждый год. Это представляет собой отход от исторических традиций проведения НИЛ последовательно в выбранных штатах в течение определенного цикла.

Исследования проводят на 20% всех ПП в каждом из штатов ежегодно [65]. Для оптимальной закладки ПП используют карты, аэрофотоснимки/изображения и геопозиционеры [мобильные устройства системы глобального позиционирования (GPS)]. Данные фотографий используются для определения исходной точки (SP) – легко распознаваемого признака, который можно увидеть на фотографии и/или обнаружить, исходя из типов землепользования. После этого лесоустроители перемещаются к центру ПП (PC), пользуясь или этой информацией, или приборами GPS. Как только они переместятся по азимуту и подойдут к центру участка из исходной точки, они изучат фотографию, проверят, действительно ли находятся в центре участка, и запишут показания GPS. Эта информация используется впоследствии лесоустроителями для определения местонахождения ПП.

В рамках наземных работ осуществляется сбор количественных и качественных данных на всех находящихся в лесу ПП. Эти данные позволяют описать все основные таксационные и лесоустроительные показатели состояния древостоев, включая изменения характера землепользования и общих характеристик насаждений. Все текущие измерения, которые проводятся на подмножестве ПП на этапе 3, можно распределить по следующим категориям [65]:

- Состояние крон деревьев – обычно хорошее состояние кроны свидетельствует о жизнеспособности дерева, а плохое состояние является симптомом стресса.
- Состояние почв – оцениваются эрозия и уплотнение почв, и собирают образцы почвы для анализа физических и химических свойств, в том числе для оценки плодородия участка.
- Сообщества лишайников – оценивается обилие и разнообразие видов лишайников на данном участке. Наличие или отсутствие лишайников может служить характеристикой качества

окружающего воздуха, изменений климата и биологического разнообразия экосистемы.

- Разнообразие и структура растительности – оцениваются состав, обилие и пространственное размещение растительности (по видам и формам роста) в лесу, чтобы определить такие характеристики, как разнообразие растительности, наличие и изобилие экзотических и интродуцированных растительных видов, наличие древесного топлива, соответствие мест распространения флоры и фауны, а также круговорот углерода.

- Наземные древесные остатки – оценка количества крупной и мелкой древесины на поверхности почвы может обеспечить получение оценки запасов углерода, потенциальной эрозии почв, наличия горючего материала и (в сочетании с информацией о структуре растительности) мест распространения флоры и фауны.

При осуществлении НИЛ США используется ПП, состоящая из четырех круговых делянок, расположенных с фиксированными промежутками. ПП предназначена для проведения всех измерений в соответствии со 2-й и 3-й фазами НИЛ. Площадки никогда не меняют свою конфигурацию и не перемещаются, но сама ПП может охватывать более одного «класса условий», например, два типа леса или лес и луг.

«Класс условий» – это характерная комбинация таких отличительных признаков окружающей среды, как вид землепользования, тип леса, возраст насаждений и т.п., которые совместно характеризуют однородный ареал произрастания лесов.

Каждая ПП существует, по крайней мере, в одном классе условий и может охватывать несколько таких классов. Если на ПП присутствует несколько классов условий, то каждый из них описывается отдельно. Классы условий на ПП, покрытой лесом, подразделяются на следующие группы (перечислены в порядке приоритетности) [65]:

- статус резервирования,
- тип собственности,
- тип леса,
- класс размера насаждений,

- статус лесовозобновления и густота деревьев.

Если какой-либо из этих признаков в пределах рассматриваемой ПП изменяется, то возникает необходимость определить и описать дополнительный класс условий. Остальные переменные, характеризующие класс условий, используются для более подробного описания пробной площади, однако изменения этих дополнительных переменных не рассматриваются в качестве необходимости определить новый дополнительный класс условий.

На ПП размером 0,24 га (размер изображения 2×2 пикселя) заполняются протоколы первичных измерений. Согласно руководству [65] деревья измеряются на площади 0,06 га (размер изображения не превышает одного пикселя, соответствующего 30 м при использовании спутников Landsat).

В настоящее время используются аэрофотоснимки, получаемые в рамках Национальной программы аэрофотосъемки [56], при этом:

- координатная сетка имеет размер ячеек 1 x 1 км;
- фотосъемкой охватывается более 9 млн фотопроб на всей территории США с общей границей;
- номинальный размер каждого из таких «фото-участков» составляет 0,06 га (1 пиксель снимка Ландсат);
- каждый цикл программы НПА повторяется.

При использовании вместо программы НАП данных, получаемых со спутника Landsat 7, обеспечивается:

- лучшая координатная сетка, повторные измерения пробных участков могут производиться ежегодно;
- получение карт, а не просто «точечных сеток» «фото-участков»;
- экономия средств.

Классификация лесных и нелесных земель, проводимая с помощью спутников Landsat, опирается на общепринятую в США и Канаде классификацию типов лесов Северной Америки [38], и вполне достаточна для применения статистичес-

кой стратификации в системе НИЛ США. Каждые 5 лет целесообразно проводить новую классификацию растительного покрова, или же вносить коррективы, учитывающие произошедшие за 5 лет изменения.

Мексика

Проводимые в Мексике работы по национальному учёту лесов нельзя назвать инвентаризациями с точки зрения техники исполнения, поскольку они длительное время не включали всю совокупность параметров и процедур, типичных для таких работ национального масштаба. Тем не менее, в Мексике было проведено 3 вида мероприятий по национальному учёту лесов, которые в последние годы приобрели некоторые черты лесоинвентаризации. Первый учёт лесов национального масштаба состоялся в 1964–1980 гг. Для выполнения работ использовались аэрофотоснимки и наземная таксация лесов с целью определения местоположения, размеров, запасов и рыночной стоимости лесных ресурсов [58].

Второй национальный учёт лесов Мексики заключался в корректировке карт землепользования и растительного покрова страны с использованием материалов дистанционного зондирования земли, и фактически также не были полными лесоинвентаризациями. Таким образом, с начала 1980-х годов инвентаризация лесов является единственным одобренным государством источником информации по запасам древесины в Мексике [73].

Вторая инвентаризация лесов Мексики основывалась на анализе материалов, полученных с помощью радиометра высокого разрешения AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Созданные карты в масштабе 1: 1 000 000 выпускались в рамках отчетов Министерства сельского хозяйства Мексики. Цель этой инвентаризации состояла в получении «быстрой» оценки размера лесных земель для удовлетворения информационных потребностей страны, большинство которых были связаны с международными договорами [66].

Третья национальная инвентаризация лесов завершилась в Мексике в 1994 г. Она получила название «Национальной периодической лесной инвентаризации» и длилась 3 года (1992–1994). В результате этой инвентаризации были получены карты землепользования и растительного покрова страны. Для построения карт использовался автоматический построитель тематических карт на основе визуального дешифрирования изображений, полученных со спутника Landsat, а также использовались данные наземной таксации примерно 20 тыс. пробных участков, выделенных через систематическую выборку и предназначенных для определения типов растительности. Полученные карты имели масштаб 1 : 250 000 и должны были обеспечить данные о местоположении, размерах и запасах древесины на лесных землях для удовлетворения оперативных нужд страны. В действительности, эта инвентаризация позволила только получить данные о местоположении и размерах лесных насаждений для 75% площади страны, и не обеспечила никакой информации о запасах древесины. Общая площадь суши Мексики составляет 196,7 млн га. Третья НИЛ показала, что лесные земли занимают 141,7 млн га, что составляет 72% площади суши. Из них 30,4 млн га (15,5%) занимают умеренные леса, 26,4 млн га (13,4%) – дождевые леса, 22,2 млн га (11,3%) – нарушенные лесные земли. Водно-болотные угодья в лесных землях занимают 4,2 млн га (2,2%). Лесные земли с засушливыми условиями составляют 29,7% (58,5 млн га) от общей площади суши страны. Они заняты зарослями чапарала. По результатам НИЛ Мексики в 1997 г. была создана цифровая карта растительного покрова страны, на основе которой планировалась НИЛ 2000 г. [73], результаты которой легли в основу оценки скорости процессов обезлесения Мексики [61].

В настоящее время (2004–2009 гг.) в Мексике осуществляется новая НИЛ, которая определяет «лес» как «любую площадь, покрытую естественной древесной и кустарниковой растительностью или растительностью засушливых зон». Эту инвентаризацию выполняет «Национальный институт изучения леса» под руководством

«Национальной лесной комиссии». Функции лесной комиссии заключаются в разработке и предоставлении детальных руководящих материалов по сбору данных на основе методов лесной таксации. Эти данные должны обеспечивать оценки запасов древесины в лесах, и описывать специфичные категории землепользования (ведение лесного хозяйства) и состояния растительного покрова. Соответствующие методики, направленные на оценку баланса углерода в наземных экосистемах Мексики для характеристики климатических изменений, были разработаны Национальным научно-исследовательским институтом географии информации и статистики [73].

За планирование и контроль над проведением национальной инвентаризации лесов в Мексике отвечает Министерство защиты окружающей среды и природных ресурсов Мексики, которое строго следует модели инвентаризаций, проводимых Лесной службой Министерства сельского хозяйства США и Канадской лесной службой Министерства природных ресурсов Канады. Тем самым новая НИЛ Мексики позволит получить данные, которые для Мексики будут сопоставимы с данными, получаемыми на остальной территории Северной Америки. Определённый прогресс реализации новой НИЛ Мексики уже отмечается в бассейнах рек Лерма-Сантьяго в центральной Мексике и Пануко в штате Веракрус. Ограниченный прогресс также имеет место в отдельных районах штатов Идальго и Халиско [73].

Основу НИЛ Мексики составляет равномерная сетка участков для закладки ПП размером 5×5 км для тропических и умеренных лесов, 10×10 км – для территорий, поросших кустарником и 20×20 км – для аридных зон. Такие сетки накладываются на карты землепользования и растительного покрова, составляемые Национальным научно-исследовательским институтом статистики и географии Мексики ([37] цит. по [73]).

Несмотря на то, что в центре внимания НИЛ Мексики находится оценка коммерческого потенциала лесных земель, в ходе этого обследова-

ния также собирают данные, относящиеся к растительности территорий, поросших кустарником, и аридных зон [73].

НИЛ Мексики даёт возможность получать выборочные данные о запасах древесины для всех участков, отмеченных как «лес» на подготовленных картах. Созданные карты ограничиваются представлением «классов леса», т.е. территорий, на которых в рамках НИЛ Мексики собраны данные полевых обследований. Это означает, что сетка выборочного контроля НИЛ Мексики «выбирает» точки, попадающие в те или иные «классы леса» и исключает точки, относящиеся к другим категориям земель, таким как сельскохозяйственные угодья, городские районы или водные объекты.



В зарубежных странах основное содержание процесса формирования НИЛ как отдельного от лесоустройства вида лесоучётных работ, опирающегося на методы выборочных исследований и лесной таксации, заключалось в последовательном отделении процедур объективной и независимой оценки и измерения лесов от процедур использования результатов НИЛ в процессах планирования и организации ведения лесного хозяйства. При всём том, что материалы НИЛ в той или иной степени стали основой среднесрочного и долгосрочного планирования ведения лесного хозяйства и развития лесопользования во всех странах, которых создали НИЛ.

Главная особенность НИЛ в зарубежных странах, особенно, в европейском регионе, заключается в том, что процедуры планирования ведения лесного хозяйства и лесопользования постоянно адаптируются к существующим потребностям и условиям, что объясняет использование в странах Европы большого числа различных методик лесной таксации при проведении НИЛ.

Как правило, в зарубежных странах государство предоставляет право властям своих админи-

стративных областей (земель, провинций, территорий и т.п.) заниматься планированием лесного хозяйства и лесопользования. При этом в зарубежных странах существует сложно переплетённая между различными отраслями областями права законодательная система. В некоторых европейских странах (Швейцария, Франция, Великобритания и др.) законодательная система в отношении различных правил, регламентирующих хозяйственную деятельность в государственных лесах и в лесах частного владения, уходит корнями в XVIII–XIX вв. Следствием этого, а также следствием географических различий в распространении лесов и исторических различиях их сохранения в мире отсутствуют единые правила планирования в области лесного хозяйства и, соответственно, нет единых методов лесной таксации [33, 47, 54, 74] и общепризнанных технологий НИЛ [47].

В начале эпохи развития НИЛ информацию о лесах собирали обычно путем объединения различных суммарных данных о перечете деревьев, глазомерных оценок таксации и выборочных обследований. В ряде восточно-европейских стран в конце XX в. сложилась иная ситуация, поскольку реформы прав собственности и наличие в прошлом плановой экономики обеспечили основу для существования единообразных правил планирования [50]. По экономическим соображениям методика НИЛ в любой стране использует выборочный метод оценки таксационных показателей, потому что так дешевле. Формулировка генеральной совокупности НИЛ при этом может быть самая разнообразная, но, обычно, она состоит из тех элементов лесных экосистем и лесного хозяйства, которые можно описывать в терминах лесоводства, лесной таксации, лесного хозяйства, лесной экологии, лесного почвоведения и т.д. При выборочном методе характеристика генеральной совокупности даётся по части объектов генеральной совокупности, которую и называют выборочной совокупностью.

На практике реализация НИЛ заключается в решении значительного круга сложных задач, начиная от определения количества пробных

площадей НИЛ и их пространственного размещения по территории страны вплоть до порядка и методов их обследования, способов обработки, хранения и анализа собранных данных. Прежде всего для этого необходимо отбирать объекты в выборку с соблюдением определённых процедур. Формирование случайной и систематической выборки, но более всего, их сочетание, стало стержневым элементом НИЛ любой страны. Это выражается в использовании координатных сетей различной плотности и различной конфигурации ячеек (квадраты, прямоугольники, шестигранники, параллелепипеды и т.д.). Размеры ячеек тоже могут варьировать от 1–2 км (сторона квадрата в случае квадратной формы ячеек) до 80–100 км. Как правило, эти координатные сети для нужд НИЛ тесно связаны или даже совпадают с географическими координатными сетями конкретной страны, что существенно облегчает, упрощает и удешевляет технологии построения лесных карт различного содержания, и создания лесных ГИС.

Поскольку реализация системы НИЛ на основе случайной выборки связана со значительными финансовыми и трудовыми затратами, принято проводить стратификацию генеральной совокупности. При этом стратифицированная выборка может осуществляться случайным образом (жеребий, таблица случайных чисел и т.п.), систематическим образом (каждая чётная или нечётная ячейка, каждый второй кластер в год, и т.д.), в том числе путём сочетания стратифицированной случайной и систематической выборки.

Процедура стратификации является одинаковой в разных странах и заключается в предварительном разделении генеральной совокупности (содержащей N единиц), на страты (слои) для осуществления выборки в каждой страте (слое). Когда страты определены, из каждой извлекается простая случайная выборка и/или систематическая выборка, причем выборка в разных стратах производится независимо. Объем выборки из каждой страты определяется пропорционально объему (размеру) этой страты [77].

Вместе с тем существуют методические направления развития НИЛ, которых начинают придерживаться всё больше и больше стран мира. Например, в силу экономической целесообразности в Европе широкое распространение получила кластерная выборка при проведении НИЛ [47].

Сравнительно небольшие размеры европейских стран и хорошо развитая транспортная инфраструктура способствовали тому, что европейцы первыми стали использовать по преимуществу систематическую выборку пробных площадей при проведении НИЛ. С течением времени систематическая выборка стала наиболее часто используемой формой выборки таксационных показателей при проведении НИЛ во многих странах.

Важной стороной развития НИЛ в зарубежных странах является переход от системы сбора и обработки данных с применением различных приборов и устройств к системной автоматизации процесса НИЛ на основе специально создаваемых программно-аппаратных комплексов [портативный компьютер + навигатор (геопозиционер) + электронная мерная вилка + электронный полнотонер + электронный или ультразвуковой измеритель (высоты, углов, склонов, расстояния) + специализированная географическая информационная система + вычислитель + предустановленные табличные формы НИЛ и многое другое]. Следует отметить, что данная тенденция значительно повысила планку требований к подготовке таксаторов, но ещё не нашла достойного отражения в учебной и методической литературе зарубежных стран.

Разнообразие методов, приёмов, традиций и опыта НИЛ в зарубежных странах, особенно в ев-

ропейских, являются серьёзным препятствием для стандартизации приборов, инструментов, компьютерных программ, совместного использования данных о лесах. Поэтому происходит закономерный процесс оптимизации систем НИЛ. Главной движущей силой этого процесса является естественное стремление стран привести в соответствие возможности, которые предоставляют результаты НИЛ, с требованиями, которые вытекают из международного переговорного процесса по лесам.

Составными частями этого процесса являются консультационные вопросы выполнения международных конвенций, прямо или опосредованно затрагивающих леса, а также выполнения решений региональных процессов (Хельсинкского, Монреальского и т.д.), и решений международных организаций системы ООН. Без системы отчётности, основу которой теперь составляют НИЛ и глобальная инвентаризация лесов, осуществляемая ФАО, выполнить эти решения невозможно.

Кроме того, в последние годы разработчики НИЛ в зарубежных странах всё активнее приспособливают методологию НИЛ к решению глобальных задач:

- противодействия незаконным рубкам леса,
- противодействия климатическим изменениям,
- противодействия переводу лесных земель в сельскохозяйственные угодья, особенно, в тропических странах,
- сохранения биологического разнообразия, ассоциированного с лесными и лесоболотными экосистемами.

На наш взгляд, обзор мирового опыта в этих областях лесного хозяйства должен быть темой отдельного обзора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антанайтис, В. В. Опыт инвентаризации лесов Литовской ССР математико-статистическими методами / В. В. Антанайтис, И. Н. Репшис. – М. : Лесн. пром-сть, 1978. – 103 с.
3. Ведмідь, М. М. Інформатизація лісоуправління / М. М. Ведмідь, С. І. Костяшкін, В. В. Богомолів // Лісовий і мисливський журнал. – 2004. – № 2. – С. 12–14.
3. Государственное регулирование лесопользования, воспроизводства и охраны частных

лесов в зарубежных странах / В. В. Страхов, А. Н. Филипчук, З. С. Брунова [и др.]. – М. : ВНИИЦ-лесресурс, 1994. – 48 с.

4. Когаловский, М. Р. Глоссарий по стандартам платформы XML / М. Р. Когалавский // Институт проблем рынка РАН. – 2006. – Сайт rus/methodology/xmlbase/glossary_XML.

5. Креснов, В. Г. Нужна ли России информация о лесных ресурсах / В. Г. Креснов, В. Н. Манович // Геопрофи. – 2003. – № 5. – С. 3–6.

6. Креснов, В. Г. Нужна ли России информация о лесных ресурсах, если да – то какое должно быть лесоустройство // В. Г. Креснов, В. Н. Манович // Матер. 8-й междуна. науч.-практич. конф. – 2004. – С. 74–79.

7. Лесоводство и агролесомелиорация / И. Ф. Букша, В. П. Пастернак, Т. С. Мешкова, Р. Русс, М. Черны. – Харьков, 2005. – Вып. 107. – С. 111–116.

8. Мейер, М. Теория реляционных баз данных / М. Мейер. – М. : Мир, 1987. – 608 с.

9. Методика національної інвентаризації лісів України. – Харків, 2007. (проект, версія 2).

10. Национальные особенности лесовладения и государственного регулирования ведения лесного хозяйства в частных лесах / В. В. Страхов, А. Н. Филипчук, З. С. Брунова [и др.] // Лесн. хоз-во за рубежом : экспресс-информ. – М., 1996. – Вып. 1. – С. 1–29.

11. Обзор методов инвентаризации лесов в зарубежных странах / А. Н. Филипчук, В. В. Страхов, В. К. Тепляков [и др.]. – М. : ВНИИЦлесресурс, 1995. – 71 с.

12. Определение густоты сети пробных площадок национальной инвентаризации лесов Украины / М. Черны, П. Вепенка, Н. П. Левкивский, И. Ф. Букша // Научный вестник НАУ. – Киев, 2006. – Вып. 103. – С. 163–172.

13. Страхов, В. В. Лесоустройство и государственные интересы / В. В. Страхов // Лесохоз. информ. – 2000. – № 1–2. – С. 1–6.

14. Страхов, В. В. Лесное хозяйство и лесопользование в Канаде / В. В. Страхов, В. А. Борисов, В. В. Иевенко // Использование и охрана природных ресурсов России. – 2000. – № 8. – С. 101–105.

15. Страхов, В. В. О реформе лесочетных работ в России / В. В. Страхов, А. Н. Филипчук, А. З. Швиденко // Лесн. хоз-во. – 1995. – № 1. – С. 11–14.

16. Страхов, В. В. Устойчивое развитие лесного хозяйства России и стратегия лесочетных работ / В. В. Страхов, А. Н. Филипчук, А. З. Швиденко // Лесн. хоз-во. – 2001. – № 1. – С. 7–10.

17. Ткач, В. Особенности национальной лесной политики и реформирование лесного хозяйства Украины / В. Ткач // Поддержка реформ в лесном секторе России и стран Юго-Восточной Европы опытом стран – новых членов Евросоюза : докл. на Междунар. конф. – Пушкино, 21–22 марта 2007.

18. Федосимов, А. Н. Инвентаризация леса выборочными методами / А. Н. Федосимов. – М. : Лесн. пром-сть, 1986. – 192 с.

19. Филипчук, А. Н. Концепция лесного мониторинга в современных условиях / А. Н. Филипчук // Лесохоз. информ. – 2002. – № 10. – С. 2–8.

20. Филипчук, А. Н. Теоретические основы системы государственной инвентаризации лесов России : автореф. на соиск. уч. степ. д. с.-х. наук / А. Н. Филипчук. – М., 1996. – 34 с.

21. Филипчук, А. Н. О реформе лесочетных работ / А. Н. Филипчук, В. И. Архипов // Лесохоз. информ. – 2003. – № 2. – С. 11–16.

22. Швиденко, А. З. Теоретические и экспериментальные обоснования системы инвентаризации горных лесов. – Киев : УСХА, 1981. – 52 с.

23. Информационный стандарт для лесного хозяйства Украины – основа интеграции данных и развития ГИС / М. Черны, И. Ф. Букша, В. П. Пастернак // Лесоводство и агролесомелио-

рация. – Харьков. – 2005. – Вып. 108. – С. 9–16

24. Черны, М. Научно-методическое и технологическое обеспечение развития инвентаризации и мониторинга лесов Украины / М. Черны, И. Ф. Букша, В. П. Пастернак // Национальная инвентаризация лесов Украины : проблемы, вызовы, перспективы : докл. на конф. 14 февраля 2008 г. – Ирпень, 2008. – 89 с.

25. Чешско-украинский проект “ТЕХИНЛЕС”: передовые технологии для лесного хозяйства и охраны природы // Оборудование и инструмент для профессионалов.– 2005. – № 11. – С. 88–91.

26. Ярошенко А. Лесной форум Гринпис России: аналит. матер. – 2005.

27. A Plot-based National Forest Inventory Design For Canada. NFI design version 2.0 March 31, 1999. – Canada’s National Forest Inventory, 1999. – 62 p.

28. Акуа, А. Forest Inventory Systems in the Federal Republic of Germany. In : P.J.Kennedy, R. Paivinen, L. Roihuvuo. eds. 1995. Proceedings – International Workshop. – Designing a System of Nomenclature for European Forest Mapping. 13–15 June 1994. Joensuu, Finland. Report. 455 p.- Published by the Institute for Remote Sensing Applications, Joint Research Centre, European Commission and the European Forest Institute. – P. 207–214.

29. Annual Business Report for Canada’s National Forest Inventory for 2004-05. Canada’s National Forest Inventory Business Report Fiscal Year 2004–2005 (National Forest Inventory. Natural Resources Canada. Government of Canada). – Canada’s National Forest Inventory. March 31, 2005. – 19 p.

30. Annual Business Report for Canada’s National Forest Inventory for 2005–2006. Canada’s National Forest Inventory Business Report Fiscal Year 2005–2006 (National Forest Inventory. Natural Resources Canada. Government of Canada). – Canada’s National Forest Inventory. March 31, 2006. – 23 p.

31. Annual Business Report for Canada’s National Forest Inventory for 2006-07. Canada’s National Forest Inventory Business Report Fiscal Year 2006–2007 (National Forest Inventory. Natural Resources Canada. Government of Canada). – Canada’s National Forest Inventory. March 31, 2007. – 30 p.

32. Bechtold, W .A. and P.L. Patterson. The enhanced Forest Inventory and Analysis program – national sampling design and estimation procedures. – General Technical Report SRS-80. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC. – 2005. – 85 p.

33. Brandli, U.-B., Speich, S. Swiss NFI glossary and dictionary. [Published online 27.06.2007]. Available from WWW <<http://www.lfi.ch/glossar/glossar-en.php>>. – Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL. –2007.

34. Canada’s National Forest Inventory Design Overview. Version 3.2. February 24, 2004. – Canada’s National Forest Inventory, 2004. – 13 p.

35. Chuan-Zong L, Ranney B. The precision of the Estimated Forest Data from the National I Survey 1983–1987, 54, Department of Forest Survey, Swedish University of Agriculture. – 1992.

36. Codd E. F. A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks. – Communication of Association of Computing Machinery (CACM), 1970. – V. 13. – № 6. – P. 377–387.

37. Direccion del Inventario Nacional Forestal. Manual Para Realizar los Trabajos de Campo del Inventario Nacional Forestal y de Suclom 2000–2006. Mexico City: Subsecretaria de Gestion para la Proteccion Ambiental, Direccion General de Federalizacion Y Descentralizacion de Servicios Forestales Y de Suclom, 2002. – 63 p.

38. Eyre, F. H. Forest Cover Types of the United States and Canada: Society of American Foresters, 1980. – 148 p.

39. Gillis, M. D. Omule, A. Y. and Brierley, T. Monitoring Canada’s forests : The National Forest Inventory. – The Forestry Chronicle, March/April 2005. – V. 81. – № 2. – P. 214–221.

40. Global Forest Resources Assessment. Progress towards sustainable forest management // Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Rome, 2006, Forestry Paper 147, 2005. – 350 p.

41. *Global Forest Resource Assessment 2000*. FAO Forestry Paper 140. – Rome, 2001.
42. *Ground Sampling Guidelines*. Canada's National Forest Inventory. Version 4.1 February 13, 2004. – Canada's National Forest Inventory 2004. – 97 p.
43. *Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection, Germany, Internet Site/*
44. *Field manual for the third Swiss national forest inventory 2004–2007* (Schweizerisches Landesforstinventar. Anleitung für die Feldaufnahmen der Erhebung 2004–2007). Keller, M. (Redaktion), 2005. – Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. – 393 p.
45. *Forest Resources of the United States* (W. Brad Smith, Patrick D. Miles, John S. Vissage, and Scott A. Puch). U. S. Department of Agriculture, Forest Service. A Technical Document Supporting the USDA Forest Service 2005 Update of the RPA Assessment, 146 p. – Published by : North Central Research Station USDA Forest Service. – 2002.
46. *Forests in a Market Economy* (Editors: Erin O. Sills, Karen Lee Abt) / Springer Verlag, 1st edition, 2003. – 392 p.
47. *Forest Inventory: Methodology and Applications* (A. Kangas and M. Maltamo eds.), -Springer Verlag (Printed in the Netherlands), Managing Forest Ecosystems. – V. 10. – 2006. – 362 p.
48. *Forest Terminology : Living Expert Knowledge How to Get Society to Understand Forest Terminology* (Editors: Michele Kaennel Dobbertin, Renate Pruller). – IUFRO 2002, Occasional Paper 14. – 91 p.
49. *Kaufmann, E. Tariffs for bole volume over bark and for merchantable assortments*. – 2000 , Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. – 53 p.
50. *Kohl, M. Stand inventory techniques in Europe*. In : Proceedings of the Stand Inventory Technologies : an International Multiple Resource Conference, World Forestry Center, September 13–17, 1992. – Publ. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
51. *Kuusela, K. and Salminen, S. The 5th National Forest Inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing*. Communicações Instituti Forestalis Fenniae, 1969. – P. 1–72.
52. *Land Cover Classification Scheme*. Canada's National Forest Inventory. Version 4.0.1 January 15, 2004. – Canada's National Forest Inventory, 2004. – 19 p.
53. *Land Use Classification Scheme*. Canada's National Forest Inventory. Version 4.0.1 January 15, 2004. – Canada's National Forest Inventory, 2004. – 11 p.
54. *Mandallaz Sampling Techniques for Forest Inventories* Chapman & Hall/CRC (Applied Environmental Statistics), 2007. – 272 p.
55. *McRoberts, R. E. & Tomppo, E. O. Remote sensing support for national forest inventories*. – Remote Sensing of Environment 110. – 2007. – 412–419.
56. *McRoberts, R. E., Holden, G. R., Nelson, M. D., Liknes, G. C, Gormanson, D. D. Using satellite imagery as ancillary data for increasing the precision of estimates for the Forest Inventory and Analysis program of the USDA Forest Service*. Canadian Journal of Forest Research, 2006. – P. 2968–2980.
57. *Metodika opakovaného setfeni Narodni inventarizace lesu CR*. IFER-Ustav pro vyzkum lesnich ekosystemu, 2006. – 136 s.
58. *Mexico – National forest inventory, 1961–1964*. – General report. – FAO, 1965. – UNDP/SF Report 7/Mex. – 121 p.
59. *Narodna inventarizacia a monitoring lesov Slovenskej Republiky 2005–2006: Metodika terenneho zberu udajov (3 dopolnena verzia)*. – Narodne lesnicke centrum. Zvolen, marec 2006. – 130 p.
60. *National Forestry Handbook*, title 190, February, 2004. – United States, Ministry of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. – 216 p.
61. *Perry Hobie, Heath Linda, Amacher Mike. National inventories of forest ecosystem carbon stocks: documenting impacts of resource management on watershed carbon dynamics*. – Ocean

Carbon and Biogeochemistry Scoping Workshop on Terrestrial and Coastal Carbon Fluxes in the Gulf of Mexico, St. Petersburg, FL, USA, 6–8 May 2008. – 32 p.

62. *Plot-based National Forest Inventory Design for Canada : an interagency partnership project.* NFI design version 2.0 March 31, 1999. – 62 p.

63. *Powell, D. S., McWilliams, W. H., and Birdsey, R. A. History change and the U.S. Forest Inventory.* – *Journal of Forestry*, 1994. – V. 12. – P. 6–11.

64. *Results of the second Swiss national forest inventory 1993–1995* Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993–1995). Peter Brassel, Urs-Beat Brandli (Red.). – 1999. – 413 p.

65. *Soderberg, Ulf. An Ukrainian National Forest Inventory in an European context.* – Department of Forest Resource Management, SLU Umea, Sweden, 2008. – 32 p.

66. *State of Forestry Activity in Mexico.* Information Note. North American Forest Commission of the Forestry Committee FAO, XIX session in Villahermosa, Mexico, 16–20 November 1998. – 9 p.

67. *Strakhov Valentin V., Filipchuk Andrey N. Ecosystem Management of Forests in Russia: Strategy of Forest Account Works.* – IUFRO XXI World Congress, 2000. – V. 11. – P. 384–385].

68. *Study on European Forestry Information and Communication system.* V. 1, 2. Office for Official Publications for the European Communities. – Luxembourg, Belgium, 1997. – 1328 p.

69. *Survey instructions for Federal Forest Inventory II (2001–2002), 2nd corrected translation, February 2006, of the 2nd corrected and revised reprint, May 2001.* – Publ : Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL). 2006, Bonn, 110 p. Internet: [http:// www.verbraucherministerium.de](http://www.verbraucherministerium.de).

70. *Swiss National Forest Inventory Methods and models of the Second Assessment* (Eds. Brassel, P., Lischke, H.), 1999, Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Internet: publ/methoden-en.php.

71. *The Swedish National Inventory of Forests, 2004.* 4 pp. Brochure, See, [http:// www.nfi.slu.se](http://www.nfi.slu.se).

72. *Timotokola.* Chapter 18. Europe. In : *Forest inventory. Methodology and applications.* Kangas, A. & Maltamo, M. (eds.). – Springer, Dordrecht. *Managing Forest Ecosystems*, 2006. – V. 10. – P. 296–308.

73. *Timotokola.* Chapter 20. North America. In: *Forest inventory. Methodology and applications.* Kangas, A. & Maltamo, M. (eds.). – Springer, Dordrecht. *Managing Forest Ecosystems*. 2006. – V. 10. – P. 325–340.

74. *Tomppo, E. Resource assessment: Forest resources.* In: Burley, J., Evans, J. & Youngquist, J.A. (eds.). *Encyclopedia of forest sciences.* Elsevier, 2004. – P. 965–973

75. *Tomppo, E. The Finnish National Forest Inventory (Chapter 11).* – In : Kangas, A. & Maltamo, M. (eds.). *Forest inventory. Methodology and applications. Managing Forest Ecosystems.* Vol 10. Springer, Dordrecht. – 2006. – p. 179-194.

77. *Tomter, S.M. 1992. The National Forest Inventory of Norway.* Proceedings of Ilvessalo Symposium on National Forest Inventories, Finland 17-21. August 1992. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 444. 279 p.

78. *van Laar . Forest Mensuration.* - Springer: *Managing Forest Ecosystems*, 2nd ed., 2007). 383 p.

79. *von Segebaden 1992. The Swedish National Forest Inventory - a Review of Aims and Methods.* Proceedings of Ilvessalo Symposium on National Forest Inventories, Finland 17-21. August 1992. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 444. 279 p.

80. *White A. & Martin A. Who owns the world's forests? Forest tenure and public forests in transition* // Washington, DC, *Forest Trends 2002*, www.Forest-trends.org/resources/pdf/tenurereport]

81. *World Wide Web Consortium (W3C).* -Internet <http://www.w3.org/Consortium/>