

УДК 630\*524,4

Е. Томппо, профессор Финского НИИ лесного хозяйства;  
О. А. Атрощенко, профессор; С. И. Минкевич, ассистент

### **ФИНСКИЙ ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫБОРОЧНЫХ ЛЕСОИНВЕНТАРИЗАЦИЙ**

Finland's forest resources have been investigated by means of the Finnish National Forest Inventories since 1921. The purpose of this article is to briefly review the history of the Finnish National Forest Inventory and to describe the present directions of techniques and methods for the combination of data sources from the Finnish National Multi-Source Forest Inventory which actively exploits satellite image data, digital map data, in addition to ground measurements and their model-based updating.

В Финляндии учет и статистику о лесных ресурсах получают на основе выборочных методов лесоинвентаризации. Начиная с 1921 г. проведено восемь полных государственных выборочных лесоинвентаризаций [1, 2].

Традиционно роль выборочной лесоинвентаризации в Финляндии заключалась в формировании лесной статистики и получении разносторонней информации о лесном фонде в целом для целей лесоправления. Информация о лесных ресурсах, полученная выборочными статистическими методами, используется различными лесовладельцами, также на основе этих сведений принимаются решения об объеме инвестиций в лесную и деревообрабатывающую промышленности [2]. Наряду с системой государственной выборочной лесоинвентаризации для целей оперативного лесоправления проводится и повыдельная лесоинвентаризация (standwise forest inventory) [3].

В большинстве своем леса в Финляндии находятся в частной собственности – таких порядка 54% (причем в Южной Финляндии, где леса в большинстве своем продуктивные, 73,4% лесов находятся в частной собственности). Примерно 33% всех лесов имеют форму государственной собственности (в основном непродуктивные лесные земли) и около 13% принадлежат различным компаниям и организациям.

Первая выборочная лесоинвентаризация проводилась в 1921–1924 гг. под руководством проф. Ильвесалло. В ее основу была положена «линейная выборка» – непрерывные линии с юго-запада на северо-восток, для большей части страны – через 26 км (для надежности получаемых результатов в провинции Ahvenanmaa сеть была усилена – через 10 км) – в целом около 100 параллельных линий, которые пересекали почти всю страну [1].

На линиях путем промера фиксировались расстояния до окружных границ различных категорий земель, а также до границ таксационных выделов (насаждений различной таксационной характеристики). Таксационные измерения производились на «линейных пробах» (полосах шириной 10 м и длиной 50 м) через 2 км. Расчет запасов был основан на использовании шведских объемных таблиц. Во время проведения третьей по счету выборочной лесоинвентаризации были впервые использованы круговые пробные площадки постоянной величины в зависимости от среднего диаметра (всего 15 000 площадок). В целом первые четыре выборочные лесоинвентаризации (1921–1963 гг.) были схожи в выборочной схеме и методике проведения полевых таксационных работ, за исключением интенсивности выборки.

Во время четвертой лесоинвентаризации был сделан вывод о необходимости проведения непрерывной выборочной лесоинвентаризации по районам управления лесным хозяйством страны за 7–8 лет. При пятой лесоинвентаризации впервые использована систематическая выборка в виде системы трактов (две взаимно перпендикулярные сто-

роны неполного квадрата), которая оказалась статистически более состоятельной и отвечала требованиям, предъявляемым к содержанию получаемой информации. Начиная с пятой лесоинвентаризации, данная система является непрерывной. Лесоинвентаризационные работы отныне ведутся ежегодно с юга на север по районам управления лесным хозяйством Финляндии (рисунок).

В это же время (1961 г.) впервые были использованы материалы аэрофотосъемки и в северной части страны применена двухэтапная стратифицированная выборка (стратификация выполнена по материалам аэрофотосъемки). Для остальной части страны осуществлялась систематическая выборка па tractам 2x2 км на расстоянии 8x8 км, по сторонам которых были заложены реласкопические круговые пробные площадки (angle gauge Bitterlich plots) – в каждом тракте 41 КПП через каждые 100 м. Двухэтапная стратифицированная выборка применена и в шестой лесоинвентаризации, фотоинтерпретация пробных площадок в северной Финляндии (здесь интенсивность выборки по сравнению с южной частью страны всегда меньше) выполнялась в седьмой лесоинвентаризации. Методические основы использования материалов аэрофотосъемки были разработаны и представлены в диссертации Симо Посо.

При проведении восьмой лесоинвентаризации (1986–1994 гг.) использованы четыре различные выборочные схемы для разных регионов страны (Финляндия расположена между географическими широтами 59,5° и 70,2°, длина страны с юга на север 1100 км), в целом было протаксировано 85672 КПП.

Начиная с 1989 г. на протяжении восьмой выборочной лесоинвентаризации научные сотрудники кафедры государственной лесоинвентаризации Финского научно-исследовательского института лесного хозяйства (Metla) начали развивать концептуально новую систему выборочной лесоинвентаризации, девятой по счету. Была изменена схема выборки. Однако главное отличие заключается в том, что действующая система государственной выборочной лесоинвентаризации в Финляндии направлена на активное использование различных источников информации. Помимо данных таксации на пробных площадках, широко используются космические многозональные снимки, система связанных цифровых топографических карт, изготовленных на основе геоданных и АФС, наложенных на единую топооснову масштаба 1:20 000 с размером одного пиксела 2x2 м, цифровые карты категорий земель в растровом формате (размер пиксела 25x25 м). Материалы дистанционного зондирования и данные цифровых карт используются для разделения различных категорий земель, а также для получения цифровых тематических карт пространственного распределения лесопокрытой площади (по преобладающим породам, классам условий произрастания, классам возраста, среднему диаметру, среднему запасу преобладающих пород, величине прироста по запасу и пр.).

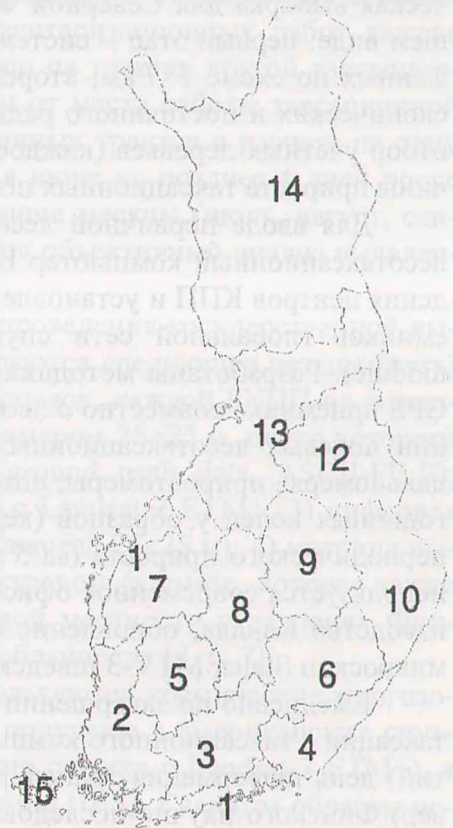


Рис. Районы управления лесным хозяйством в Финляндии

В течение полевого сезона 2002 г. (май – октябрь) лесотаксационные работы в системе девятой государственной выборочной лесоинвентаризации проходили в Северной Финляндии на территории двенадцатого – Kainuu и тринадцатого – Pohjois-Pohjanmaa районов управления лесным хозяйством (рисунок). Трехэтапная систематическая выборка для Северной Финляндии в настоящее время представлена в следующем виде: первый этап – систематическая выборка трактов размером 2,1×2,1 км, заложенных по схеме 7×7 км; второй этап – закладка круговых пробных площадок (релаксационных и постоянного радиуса) через 300 м вдоль стороны тракта; третий этап – отбор учетных деревьев (каждое седьмое дерево) для измерения высот и оценки величины прироста таксационных показателей.

Для ввода первичной лесоустроительной информации используется мобильный лесотаксационный компьютер Husky FS3 английского производства. Точность нахождения центров КПП и установления их координат обеспечивается использованием приемников глобальной сети спутникового позиционирования GPS (Trimble ACE II module). Разработаны методика, алгоритм и программное обеспечение использования GPS приемника совместно с лесотаксационным компьютером Husky FS3. При проведении полевых лесотаксационных работ широко используются лазерные высотомеры-дальномеры, приростомеры, оптические угломерные инструменты. Измерение ширины годичных колец у образцов (кernов) древесины для определения величины текущего периодического прироста (за 5 лет) производится в камеральных условиях. Для этого используется современное офисное оборудование – сканер Win Dendro (Duo scan, производство Канада, обновление программного обеспечения – ежеквартально), а также микроскоп Stalex MTV-3 шведского производства.

Ежедневно по завершении работы осуществляется передача (считывание) данных таксации с таксационного компьютера на жесткий диск ноутбука. Каждый второй (третий) день информация транслируется на головной компьютер (альфа-компьютер, сервер) Финского научно-исследовательского института лесного хозяйства на основе мобильной цифровой связи технологии GSM, где она проходит тщательную проверку на достаточность всех требуемых записей и их логическую корректность.

В настоящем лесоинвентаризационном цикле таксация и описание различных насаждений (и земель) ведутся для каждого насаждения и категории земель, если пробная площадка пересекает последние.

«Проблема» неполных КПП в текущей лесоинвентаризации решается путем установления максимального радиуса (12,45 м). Таким образом искусственно «отсекается» часть пробной площадки, и примерно на 15% уменьшается количество так называемых «неполных» и «разделенных» РКПП (пробных площадок, которые попадают на границу различных категорий земель и различных по своей лесоводственно-таксационной характеристике насаждений) [2].

Помимо пробных площадей радиусом 12,45 м, для оценки величины естественного отпада применяются пробные площадки радиусом 7 м, т. е. фактически одна и та же пробная площадка состоит из нескольких пробных площадок с различными радиусами. На пробных площадках радиусом 7 м учитывают деревья поваленные (у таких деревьев или их частей измеряется диаметр с обоих концов) и сухостойные на корню (измеряется диаметр на высоте 1,3 м), в обоих случаях минимальный измеряемый диаметр должен быть не менее 100 мм, оценивается класс состояния (деструкции), процент покрытия корой. При проведении полевых работ также фиксируются ключевые биотопы (все-го выделено 29 типов). В дальнейшем эти данные будут использованы сотрудниками

Metla в рамках государственного научного проекта, который разрабатывается как составная часть национальной программы по оценке состояния лесных экосистем и их устойчивости в условиях обостряющегося экологического кризиса [1, 2, 5].

В течение всего полевого сезона представители Финского научно-исследовательского института лесного хозяйства контролируют ход проведения таксационных работ. Кроме того, на протяжении лесоинвентаризационных работ каждая таксационная команда проводит контрольную таксацию на трактах другой таксационной команды. Выборка производится в радиусе 100 км от места работы таксационной команды, объем выборки – 5% от общего объема сезонных трактов в расчете на одну команду. Контрольная таксация должна проводиться в июне не позднее 4 дней после проведения на тракте основной таксации, в последующие месяцы (июль, август, сентябрь) – не позднее 6 дней. По завершении работ дается объективный анализ выявленных отклонений, делаются соответствующие выводы.

При обработке данных, получаемых в процессе проведения государственной выборочной лесоинвентаризации, первоначально формируются следующие четыре (пять) файлов входных данных: 1) база данных пробных площадок, каждой РКПП на космическом снимке соответствует определенный пиксел размером 25×25 м, центр которого географически близок к центру пробной площади (ground truth data, ASCII-FILE); 2) многозональный космический снимок, полученный с Landsat-7 ETM+; 3) цифровая карта категорий земель в растровом формате (размер пиксела 25×25 м); 4) матрица высот (DEM) с шагом 25×25 м (разрешение 10 см) в растровом формате, которая также учитывает угол солнечной иллюминации для рельефной местности в условиях Финляндии; 5) если необходимо, файл, содержащий маску облачности [4, 6, 7].

В девятой выборочной лесоинвентаризации используются космические многозональные снимки (multispectral images), которые были получены с американских спутников серии Landsat Thematic Mapper (преимущественно снимки с Landsat-7 ETM+), а также с индийских спутников серии Indian Remote Sensing (IRS). Главным образом используются снимки, полученные с Landsat-7 ETM+ (спектральные зоны 1, 2, 3, 4, 5, 7 (0,45–0,52, 0,52–0,60, 0,63–0,69, 0,76–0,90, 1,55–1,75, 2,09–2,35 мкм, пространственное разрешение 30 м). Установленная на спутнике Landsat-7 ETM+ съемочная аппаратура – сканирующий радиометр Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), который является усовершенствованным вариантом сканеров серии TM (Thematic Mapper), обеспечивает съемку земной поверхности в шести каналах с разрешением 30 м, в одном ИК-канале с разрешением 60 м и одновременную панхроматическую съемку с разрешением 15 м при ширине полосы обзора для всех каналов около 185 км. Отличительной особенностью ETM+ является наличие панхроматического канала высокого (15 м) разрешения (0,52–0,90 мкм), теплового ИК-канала, а также 5%-ная погрешность абсолютной калибровки [4].

При неудовлетворительном качестве снимков Landsat TM (наличие облаков более 30% пространства снимка) используются космические многозональные снимки с разрешением 20 м, которые были получены при помощи датчика LISS-3, установленного на борту индийских спутников серии Indian Remote Sensing (IRS).

В настоящее время заказ космических снимков Landsat для целей выборочной лесоинвентаризации в Финляндии производится не из глобального архива геологической службы США, а через Финскую компанию «Novosat», которая покупает снимки для потребителей внутри страны по специальным заказам со шведской станции приема космической информации «Kiruna». Помимо данной станции, в Европе принимают

космические снимки с искусственных спутников серии Landsat немецкая станция «Neustrelitz», испанская «Maspalomas» и станция «Matera», расположенная в Италии.

Выбор снимков для целей текущей выборочной лесоинвентаризации осуществляется сотрудниками Metla на основе интерактивных интернет-каталогов на официальных веб-сайтах. Для удобства поиска изображения интересующей территории на всех сайтах, которые предоставляют доступ к catalogue search and visualisation of digital quick looks (в режиме предварительного просмотра), реализован схожий принцип – необходимо указать либо географические координаты (широта, долгота), либо «координаты» центров получаемых снимков, т. е. код WRS1 (2) – path/row, либо на основе базовой карты указать интересующую территорию, на которую осуществляется поиск снимков, условие наличия облаков (не больше какого-то значения) и интервал времени съемки. После этого предоставляется список сцен, удовлетворяющих критериям запроса, и далее можно уточнить их свойства, географическое положение, посмотреть картинку с уменьшенным изображением, а также весь снимок. Предварительный подбор снимков из «Landsat-галереи» осуществляется на следующих веб-сайтах 1) <http://www.landsat.org/> (здесь можно самостоятельно подобрать и заказать из архива космические снимки, сделанные аппаратурой ETM+ со спутника Landsat-7). Последовательно выбирают пункты /Search for Imagery/. Центры снимков Landsat для территории Финляндии имеют WRS2 path 195–185, WRS2 row 11–18; для территории Беларуси WRS2 path 187–180, WRS2 row 21–24; 2) <http://www.eurimage.com/>. Далее /EiNet/experts/; 3) <http://edcdaac.usgs.gov/main.html> Далее /Landsat-7/Data Ordering/Earth Explorer/. На данном веб-сайте при подборе снимков возможно выбрать Enhanced Thematic Mapper Plus (Landsat-7), MultiSpectral Cannels (Landsat-1–5), Thematic Mapper (Landsat-4, 5) и пр.

Предварительный подбор IRS снимков осуществляется на веб-сайте [http://www.euromap.de/theIntelligentSatelliteDataInformationSystem \(ISIS\):](http://www.euromap.de/theIntelligentSatelliteDataInformationSystem(ISIS):) <http://isis.dlr.de/services/ISIS/ISDN.html>. Для того чтобы получить доступ к «Satellite Data Information Service» (IRS-1C and IRS-1D PAN, LISS-III and WiFS sensors), необходимо предварительно инсталлировать Graphical Interface – GISIS Client Software, компонент «The Intelligent Satellite Data Information System (ISIS)».

Первичной вычислительной единицей при обработке космических снимков является мельчайший элемент снимка – пиксел. Размер пиксела в 25 м применяется при обработке космических снимков, полученных с искусственных спутников земли серии Landsat TM. При обработке материалов дистанционного зондирования удобнее принимать в расчет средний запас на единицу площади, нежели объем учтенных деревьев в отдельности [4].

Главным образом используются снимки, полученные с Landsat-7 TM, поскольку один снимок Landsat покрывает большую территорию, нежели Spot, что важно в условиях повышенной облачности [4, 7]. По времени их получения используются снимки, относящиеся к периоду полевого сезона наземных лесоинвентаризационных работ. Снимки, полученные в июне, наиболее оптимальны для классификации условий произрастания, а также для дифференциации древесных пород. Для целей последующей обработки важно, чтобы снимок покрывал площадь лесного массива, на которой заложено не менее 2000 пробных площадок [2, 4, 7].

Для обработки данных дистанционного зондирования используется специализированное лицензионное многофункциональное программное обеспечение, позволяющее подготовить снимки для работы, произвести с помощью обширного инструментария анализ содержащейся в них информации, представить результат в картографиче-

ской и табличной форме для печати и ввода в ГИС в качестве информационного слоя. С помощью программы Erdas Imagine 8.4. осуществляется весь комплекс работ по геометрической коррекции и трансформации космических снимков в географическую проекцию, т. е. по приведению координат снимка (lin, col) к финской системе прямоугольных координат (x, y). Программа Erdas Imagine используется для решения задач геометрической коррекции и преобразования в заданную проекцию растровых данных дистанционного зондирования, поддерживает проекции Меркатора, Ламберта, Полярную стереографическую, Альберса, Гаусса – Крюгера, UTM, а также содержит средства для выполнения трансформации в произвольную проекцию, подготовленную пользователем.

Данная программа содержит не только средства трансформации, но и модуль просмотра результатов, а также модуль подготовки опорных точек (GCP Tool) для выполнения последовательных коррекций раstra в интерактивном режиме и сохранения координат получаемых опорных точек (координаты контрольных точек записываются в отдельный файл с расширением gcs).

В качестве опорных (контрольных) точек выбираются хорошо заметные ориентиры на космическом снимке (размер пиксела 25x25м); на базовой растровой цифровой топографической карте, которая содержит пункты триангуляции, элементы гидрографии, населенные пункты, автомобильные и железные дороги, административные границы; на цифровой карте категорий земель в растровом формате (в процессе корректировки используется только для ориентирования, размер пиксела 25x25 м) [4, 6].

Результаты трансформации сохраняются в растровом формате с сохранением географической привязки, т. е. с передачей координатной информации, к примеру, в формате наиболее распространенных ГИС (ArcInfo, ArcView, MapInfo), предназначенном для дальнейшей обработки и дешифрирования изображений либо без координатной информации, к примеру, растровые изображения в формате, воспринимаемом стандартными графическими программами для последующего вывода на твердые копии в неискаженном виде (например, в форматах 256 Color Bitmap BMP, True Color Bitmap BMP и др.).

Для «нескорректированной» части космического снимка, т. е. для определения его координат (lin, col), применяется полином первого либо второго порядка как функция прямоугольных координат базовой цифровой топографической карты в растровом изображении [4].

В течение проведения выборочной лесоинвентаризации измеряют и оценивают более 100 различных характеристик. При оценке различных параметров, получаемых при проведении девятой выборочной лесоинвентаризации (the multi-source national forest inventory), в процессе обработки материалов космической съемки применяется метод «knn-оценки» (a k-nearest neighbour classification method). Уникальное свойство данного метода заключается в том, что все параметры для уровня одного пиксела размером 25x25 м могут быть оценены одновременно [1, 4, 6, 7, 8, 9].

При обработке космического снимка, т. е. при оценке одного отдельно взятого пиксела, программа «a k-nearest neighbour classification method» обращается к ASCII-FILE и ищет в исследуемой области k «ближайших» пикселей, которые имеют наиболее близкую характеристику (спектральную интенсивность (spectral value) для всех спектральных зон съемки, в числовом выражении она может быть представлена 0–255)) и которым соответствует ground truth data, т. е. центры этих пикселей географически близки к пробным площадкам выборочной лесоинвентаризации (проецируются на пробную площадку). Таксационная характеристика (the entire ground data vectors), соот-

ветствующая к «ближайшим» пикселям, будет добавлена к свойствам данного отдельно взятого пикселя [4, 6, 7].

В соответствии с эмпирическими расчетами стандартная ошибка оценки среднего запаса уменьшается с 50–60% для уровня одного пикселя до 20% для уровня площади в 100 га. Фактически для территории более 100 тыс. га оценка основных параметров (площадь, запас и т. п.) дается с достаточной степенью надежности на основе только данных таксации на РКПП [4].

В настоящее время разрабатывается статистический метод оценки надежности получаемых результатов в процессе обработки материалов в системе «многоисточниковой выборочной лесоинвентаризации» (multi-source national forest inventory) [6, 7]. Разработан уникальный метод актуализации планово-картографических материалов на основе материалов дистанционного зондирования и данных цифровых карт [8].

В соответствии с данными статистических расчетов по материалам восьмой выборочной лесоинвентаризации в Финляндии, относительная ошибка оценки общей лесопокрытой площади составила  $\pm 0,4\%$ , относительная ошибка оценки общих запасов  $\pm 0,7\%$ , общего прироста стволовой древесины  $\pm 1,0\%$ . Для одного района лесопользования в среднем эти показатели соответственно равны 1%, 2%, 3% [1, 2]. Суммирование величины прироста по данным текущей лесоинвентаризации и суммарного запаса по материалам предыдущей лесоинвентаризации с вычетом отпада дает величину настоящего запаса, которая отличается от величины, полученной на основе измерений в процессе проведения текущей лесоинвентаризации, менее чем на 1% [4].

Материалы выборочной лесоинвентаризации используются различными научными коллективами в рамках государственных научно-технических проектов.

С 1985 г. в системе государственной выборочной лесоинвентаризации Финляндии функционирует сеть пробных площадей для целей лесного мониторинга – 3006 пробных площадок в регионах страны, на которых проводятся измерения на разных уровнях (оценка лесовозобновления, наблюдения за динамикой накопления лесными экосистемами серы, тяжелых металлов, оценка общего состояния древостоя и пр.) [1, 5].

Финская система выборочной лесоинвентаризации получила международное признание, и основные ее принципы (сочетание различных источников информации) внедрены в других странах [9].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tomppo E., Heikkinen J. 1999. National Forest Inventory of Finland – Past, Present and Future. In: Alho, J. (ed.) Statistics, Register and Science. Experiences from Finland. Statistics Finland. Otava. Keuruu. – P. 89–108.
2. Tomppo E. 1993. Multi-Source National Forest Inventory of Finland. Proceedings of Iivessalo Symposium on National Forest Inventories. Finland, 17–21 August, 1992. IUFRO S4.02. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 444. – P. 52–60.
3. Anttila P. 2002. Updating stand level inventory data applying growth models and visual interpretation of aerial photographs. *Silva Fennica* 36(2). – P. 549–560.
4. Tomppo E. 1997. Application of remote sensing in Finnish National Forest Inventory. In: Kennedy, P.J. Application of Remote Sensing in European Forest Monitoring. International Workshop, Vienna, Austria, 14 – 16 October 1996. Proceedings. European Commission. – P. 375–388.
5. Tomppo E. and Tonteri T. 1996. Biodiversity monitoring in National Forest Inventory of Finland. In: Nyysönen, A. and Ahti, A. (eds.). Proceedings of FAO Expert Consulta-

tion On Global Forest Resources Assessment 2000 in cooperation with ECE and UNEP with the support of the government of Finland (Kotka III), Kotka, Finland, 10–14 June 1996. AO, Italia. Research Papers of Finnish Forest research Institute, 620. – P. 353–356.

6. Halme M. and Tomppo E. 2001. Improving the accuracy of multi-source forest inventory estimates to reducing plot location error – a multi-criteria approach. *Remote Sensing of Environment*. 78(3). – P. 321–327.

7. Katila M. and Tomppo E. 2001. Selecting Estimation Parameters for the Finnish Multi-Source National Forest Inventory. *Remote Sensing of Environment*. 76(1). – P. 16–32.

8. Katila M., Heikkinen J. and Tomppo E. 2000. Calibration of small-area estimates for map errors in multisource forest inventory. *Canadian Journal of Forest Research*. 30. – P. 1329–1339.

9. Tomppo E., Korhonen K., Heikkinen J. and Yli-Kojola H. 2001. Multi-Source inventory of the forests of the Hebei Forest Bureau, Heilongjiang, China. *Silva Fennica* 35(3). – P. 309–328.

УДК 630\*443.3

Н. И. Федоров, профессор; В. П. Григорьев, доцент; В. К. Гвоздев, доцент;  
Н. Н. Юревич, аспирант; М. В. Житникова, аспирант

### **ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА НА СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА НЕЛЕСНЫХ ПОЧВАХ**

In this article the data on influence of thinnings on a condition of the pine cultures growing on non-forest grounds are resulted.

За последние полвека в Республике Беларусь было создано более 1,5 млн. га насаждений искусственного происхождения. Из них значительную часть представляют чистые повышенной густоты сосновые культуры, посаженные на участках, вышедших из-под длительного сельскохозяйственного пользования, или на других нелесных участках.

Одним из распространенных лесохозяйственных мероприятий, направленных на выращивание высокопродуктивных насаждений, повышение их товарной ценности, улучшение санитарного состояния и усиление многообразных полезных функций, являются рубки ухода [1]. Они, кроме лесоводственного значения, служат также источником получения заготовленной древесины. В настоящее время рубки ухода проводятся на больших площадях. Это потребовало определенного пересмотра и дальнейшего совершенствования методов и способов рубок ухода в хвойных молодняках с максимальной возможностью использования механизации лесозаготовительных работ и снижения затрат на их проведение. В середине прошлого века во многих странах Западной Европы, в том числе и в Беларуси, в чрезмерно густых культурах хвойных пород стали применять линейные рубки разной степени изреживания [2].

Для изучения влияния способов рубок ухода на рост и состояние сосновых культур кафедрой лесоводства университета в 1974 году начаты длительные стационарные исследования. Для этой цели весной того же года в Негорельском учебно-опытном лесхозе был заложен стационар 10-А в 12-летних сосновых культурах на площади 2,0 га. Посадка культур на территории стационара осуществлялась однолетними сеянцами вручную под меч Колесова с помощью маркировочных шнуров. Густота посадки составила около 10 тыс. шт./га с размещением 1,5×0,6–0,7 м. На 4-й год после посадки в