

основном из-за недостатка спелых в доступных включенных в расчет насаждениях водоохранных лесов и заказников. Рост лесосеки возможен еще на 14–15%, до 11,1–11,2 млн. га, если иметь достаточно подроста для ПР и РОиП (эквивалент 79% площади нормы спелых) и осваивать все труднодоступные включенные эксплуатационные леса.

УДК 630*587.5

И.В. Толкач, зав. кафедрой, канд. с.-х. наук (БГТУ, г. Минск);
А.В. Таркан, генеральный директор (РУП «Белгослес», г. Минск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГУСТОТЫ ЧИСТЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРО-И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ И ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

На современном этапе для оценки состояния и таксационных характеристик лесных насаждений все шире применяются материалы дистанционного зондирования лесов, современные цифровые технологии интерпретации материалов съемки с воздушных и космических летательных аппаратов. Автоматизированные методы обработки цифровых материалов дистанционного зондирования лесов привели к коренному изменению подходов к получению и актуализации информации о лесном фонде и лесных ресурсах в Беларуси. Сегодня цифровые методы лесотаксационного дешифрирования все более широко применяются для оценки состояния и текущих изменений лесных насаждений. Это стало возможным благодаря существенному улучшению пространственного и радиометрического разрешения материалов космической съемки, широкому применению воздушной съемки в оптическом диапазоне и лидарной съемки, в том числе с беспилотных летательных аппаратов.

Правилами проведения лесоустройства лесного фонда Беларуси определено применение камерального аналитико-измерительного дешифрирования при устройстве лесов с уровнем радиоактивного загрязнения более 15 Ки/км² и объектов, не вовлекаемых в хозяйственное использование, однако дешифровочные методы целесообразно применять и для простых по форме, чистых по составу одновозрастных древостоев, при условии обеспечения необходимой точности оценки таксационных показателей.

Все действующие в Беларуси нормативные лесотаксационные таблицы для определения запасов древостоев, назначения рубок ухода за лесом основаны на показателях относительной полноты. Полнота оценивается в определенном интервале, что приводит, в свою очередь,

к ошибкам и при оценке запаса древостоя. При назначении рубок ухода совершенно не учитывается такой показатель густота древостоя, хотя этот показатель, как свидетельствуют исследования других ученых, оказывает значительное влияние на прирост отдельных деревьев и как следствие – на общую продуктивность древостоев.

Для автоматизации дешифрирования густоты древостоя на кафедре лесоустройства БГТУ разработаны специализированные программные модули для SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses), позволяющие по данным лазерного сканирования, аэро- или космической съемок вычислять число деревьев верхнего яруса на выделе с минимальным участием дешифровщика.

При определении густоты необходимо учитывать, что распознаются кроны не всех деревьев, а лишь верхнего яруса видимой части полога, и число неучтенных деревьев по мере снижения пространственного разрешения возрастает. Количество неучтенных деревьев, в зависимости от условий произрастания, состава и структуры полога насаждений, может значительно варьировать, в связи с чем необходимо вносить корректирующие поправки, или использовать значения, вычисленные на основе регрессионных зависимостей между дешифрируемыми и истинными показателями.

Исходными данными для оценки густоты древостоев послужили материалы космической съемки сверхвысокого разрешения, воздушной съемки и лазерного сканирования части территории Центрального лесничества (кв. 41, 49) Негорельского учебно-опытного лесхоза (рис. 1). В качестве космических снимков использованы сохраненные в Google Earth Pro цветные изображения материалов космосъемки 2022 года с последующей привязкой к системе координат. Пространственное разрешение изображений 0,41 м.

Материалы воздушной съемки представлены снимками 2022 года камерой Phase One iXM-RS100 в четырех спектральных диапазонах с пространственным разрешением 0,3 м. Материалы съемки предназначены для целей текущего лесоустройства и предоставлены РУП «Белгослес».

Лазерная съемка выполнена в 2022 году лидаром Zenmuse L1 с квадрокоптера Matrice 300 RTK фирмы DJI. В результате было получено облако точек с плотностью 36 точек на 1 м². Данные лазерного сканирования подверглись предварительной обработке: были устранены шумы, построена цифровая растровая модель поверхности полога древостоя (крон деревьев), которая в дальнейшем обрабатывалась аналогично данным аэро- и космической съемок в оптическом диапазоне.

Для оценки точности работы модуля дешифрирования густоты древостоев использовались данные таксации насаждений на постоянных пробных площадях (кв. 41 выд. 6, 7, кв. 49 выд. 10) кафедры лесоустройства 2019 года. Это чистые сосновые древостои в возрасте 85-90 лет первого бонитета с полнотой 0,7-0,9 (таблица 1). Ошибки автоматизированной оценки количества деревьев на аэро- и космических снимках, а также по данным лазерного сканирования приводятся в таблице 2.

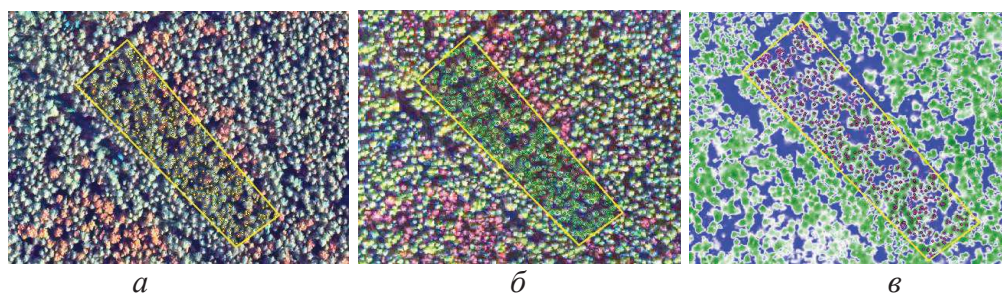


Рисунок 1 – Результаты определения густоты древостоев:
a – по аэрофотоснимкам, *б* – по снимкам Google,
в – по данным лазерного сканирования

Таблица 1 – Таксационные показатели древостоев на стационарах

| Стационар, кв., выд. | Тип леса, ТУМ | Состав | Возраст, лет | Бонитет | Средние | | Сумма площадей сечений, м ² | Полнота | Число стволов, шт. | Запас, м ³ |
|-------------------------|------------------|------------|-----------------|---------|----------|----------|---|---------|-----------------------|--------------------------|
| | | | | | D, см | H, м. | | | | |
| кв. 49, выд. 10 | С ор, В2 | 9С1Б +Е | 90 | 1 | 27,1 | 28,6 | 27,1 | 0,7 | 473 | 342 |
| кв. 41, выд. 7 | С ор, В2 | 10С | 90 | 1 | 32,5 | 27,8 | 35,9 | 0,9 | 433 | 443 |
| кв. 41, выд. 6 | С ор, В2 | 10С +Б | 90 | 1 | 32,2 | 28 | 32,5 | 0,8 | 397 | 418 |

Таблица 2 – Ошибки оценки густоты древостоев по материалам ДЗ

| Стационар, кв., выд. | На ПП | АФС (2022 г.) | | Google (2020 г.) | | Lidar (2022 г.) | |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| | густота, шт/га. | густота, шт/га. | ошибка, % | густота, шт/га. | ошибка, % | густота, шт/га. | ошибка, % |
| кв. 49, выд. 10 | 473 | 494 | 4,4 | 398 | -15,9 | 493 | 4,2 |
| кв. 41, выд. 7 | 433 | 407 | -6,0 | 393 | -9,1 | 453 | 4,7 |
| кв. 41, выд. 6 | 397 | 408 | 2,7 | 400 | 0,8 | 375 | -5,4 |

Как показали результаты верификации, ошибки оценки количества деревьев по данным аэрофотосъемки варьируют от -6 до 4,4%, по данным лазерного сканирования от -5,4 до 4,7%. Ошибки определения по цветным изображениям Google Earth Pro варьируют от -15,9 до 0,8%, что вполне объяснимо методикой их получения.