

АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЛЕСОВЕДЕНИИ, ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ЭКОЛОГИИ

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА НАСАЖДЕНИЙ ПО СНИМКАМ СВЕРХ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (БПЛА)

А.С.АЛЕКСЕЕВ, А.А.НИКИФОРОВ, А.А.МИХАЙЛОВА, М.Р. ВАГИЗОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»

В связи со старением информационных материалов о состоянии лесов существует потребность в разработке новых методов таксации древостоев, основанных на применении последних научно-технических достижений в области теории структуры и продуктивности древостоев, дистанционных методов изучения лесов, информационных и ГИС технологий. В статье приведены результаты разработки и проверки нового метода определения запаса сомкнутых насаждений на основе правила 3/2 и определения числа деревьев на единице площади по снимку сверх высокого разрешения, полученного с помощью БПЛА.

Введение. Достоверная информация о лесных ресурсах всегда была, есть и будет необходимой для решения задач устойчивого управления лесами, лесного сектора экономики, экологии, охраны природы и смежных отраслей деятельности. К сожалению, в последние десятилетия произошло резкое сокращение объемов лесоустроительных работ, что привело к существенному снижению уровня информационного обеспечения управления лесами. По официальным данным, по состоянию на 1 января 2015 года достоверными могут считаться сведения государственного лесного реестра о 18% площади лесов, давность таксации которых не превышает 10-ти лет, в то время как 71% площади российских лесов имеют давность материалов лесоустройства 20 и более лет. Резкое падение лесоустроительных работ было связано с введением в действие лесного кодекса в 2006 году, который практически ликвидировал лесоустройство. В последние годы наметилась тенденция к увеличению площадей лесоустроительных работ, однако они в значительной степени проводятся методом актуализации материалов предыдущего лесоустройства (рис.1).

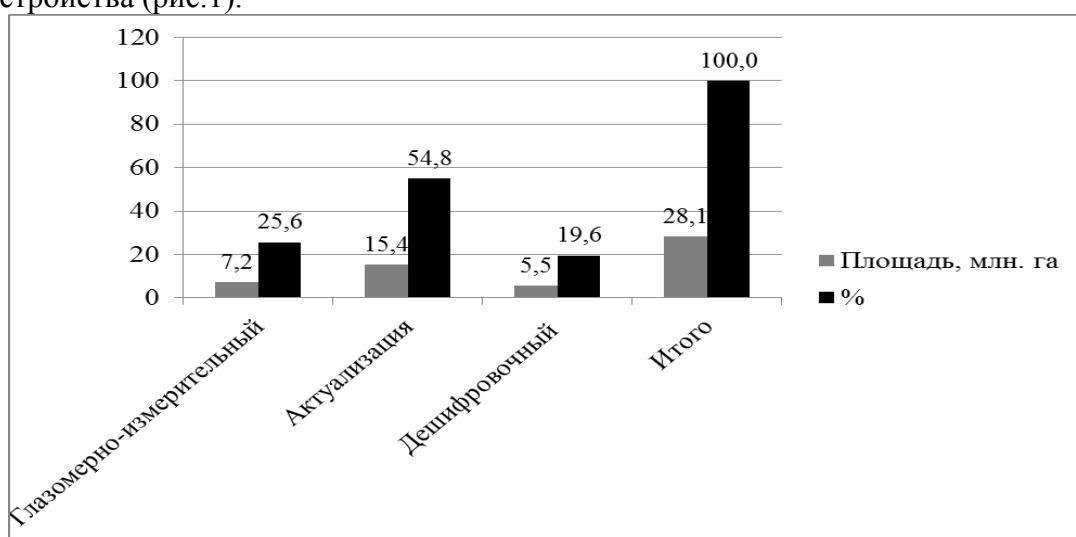


Рис.1. Распределение площади лесоустроительных работ за 2013 год по методам таксации насаждений

Из рисунка 1 видно, что из 28,1 млн. га лесоустроительных работ, проведенных в 2013 году, 15,4 млн. га или 54,8% были выполнены методом актуализации данных предыдущего лесоустройства и только 7,2 или 25,6% площади были обследованы глазомерно-измерительным методом в результате проведения полевых работ.

Таким образом, существует актуальная потребность в разработке инновационных методов таксации древостоев, основанных на применении последних научно-технических достижений в области теории структуры и продуктивности древостоев, дистанционных методов изучения лесов, информационных и ГИС технологий.

Современные высокоточные материалы дистанционных съемок лесов, выполненных с помощью различных летательных аппаратов высокого и сверх высокого разрешения с привязкой к географическим координатам, позволяют по новому подойти к решению задачи определения запаса насаждений. На таких снимках видны кроны отдельных деревьев и есть возможность определения их видовой принадлежности и численности стволов на единице площади.

С другой стороны в теоретической биологии существует давно известное правило 3/2, которое связывает число растений, произрастающих на единице площади с размером, весом или объемом среднего экземпляра, а, следовательно, и с их общим (суммарным) размером, весом или запасом (Kira и др., 1953, Yoda и др. 1957, Yoda и др. 1963, Pretzsch 2002, 2005, 2009, Хильми, 1957, 1966, Кофман, 1988). С теоретической точки зрения эта зависимость относится к классу аллометрических связей, очень часто встречающихся при количественном описании соотношений частей биологических систем разных уровней иерархии, от организмов до экосистем.

Правило 3/2 может быть получено разными способами, рассмотрим один из них, в рамках которого предполагается аллометрическая зависимость объема среднего дерева - v от его площади питания, которая принимается равной проекции кроны дерева на поверхность земли – s , отсюда легко получить следующую зависимость:

$$v = c * s^{\frac{3}{2}},$$

где c - константа.

Полагая, что площадь питания - s , приходящаяся на одно дерево, расположенное на единице площади равна:

$$s = \frac{1}{N},$$

где N – число деревьев на единице площади, получим искомое аллометрическое соотношение между объемом среднего дерева и их числом на единице площади:

$$v = c * N^{-\frac{3}{2}}.$$

Для расчета общего (суммарного) запаса на единице площади - V последняя формула принимает вид:

$$V = v * N = c_1 * N^{-\frac{1}{2}},$$

где c_1 – новая постоянная.

Число деревьев на единице площади представляет собой важную таксационную характеристику лесов, настолько важную, что недавно было проведено специальное исследование, результаты которого были опубликованы в журнале Nature, основной целью этой работы было определение общего числа деревьев на Земле и их плотности, т.е. числа на единицу площади (Crowther и др., 2015).

В настоящей статье основной целью является разработка и проверка нового метода определения запаса сомкнутых насаждений на основе правила 3/2 и определения числа деревьев на единице площади по снимку сверх высокого разрешения, полученного с помощью БПЛА.

Объекты и методика исследований.

Объектами исследований были сомкнутые смешанные древостои, расположенные на территории Лисинского учебно-опытного лесхоза – филиала Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. На основе правила 3/2 были обработаны таблицы хода роста сосновых, еловых и березовых нормальных древостоев, составленных Варгасом де Бедемаром для этой же территории, результаты обработки представлены в таблице 1. При обработке показатель степени в уравнении зависимости запаса от числа деревьев на единице площади принимался равным его теоретическому значению – 0,5, таким образом, были определены значения постоянной c_1 .

Таблица 1. Параметры зависимости запаса нормальных древостоев от числа стволов на единице площади

Класс бонитета	Сосняк		Ельник		Березняк	
	c_1	R^2	c_1	R^2	c_1	R^2
1	10713,4	0,97	11626,1	0,89	7826,72	0,97
2	9690,5	0,94	10149,1	0,89	7382,78	0,96
3	8376,6	0,94	8436,12	0,92	6297,92	0,96
4	6568,08	0,94	6437,02	0,93	5326,1	0,95
5	4938,42	0,92	4892,77	0,89	3553,54	0,91

Таблица 1 показывает, что для нормальных (полных) древостоев правило 3/2 описывает зависимость запаса от числа стволов для основных лесобразующих пород с достаточно высокой точностью, о чем свидетельствуют высокие значения коэффициентов детерминации и может быть использовано для расчета величины запаса насаждений при известном числе деревьев на единице площади.

Для экспериментальной проверки возможности применения правила 3/2 для определения запаса насаждений по числу деревьев на единице площади производилась съемка кварталов № 123 Лисинского участкового лесничества с применением БПЛА и последующей обработкой полученных изображений. Съемка производилась с помощью 4-х роторной платформы, в результате была получена серия из 166 изображений с разрешением каждого снимка 3000 x 2250 пикселей, пространственное разрешение съемки составило 7,13 см/пиксель. Обработка материалов аэрофотосъемки выполнена в специализированной фотограмметрической системе Agisoft Photoscan (рис.2).



Рис. 2. Ортофотоплан участка квартала № 123 Лисинского учебно-опытного лесхоза – филиала Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова

В результате были получены ортофотоплан и цифровая модель поверхности крон деревьев на изучаемую территорию с определением их высот. Для автоматизированной обработки полученных изображений с целью получения значений числа деревьев на единицу площади был создан специализированный скрипт на языке Java.

В дальнейшем, для каждого из выделов, по числу деревьев на единице площади был определен возраст насаждений, а по высоте и возрасту – бонитет. Затем, с использованием данных таблицы 1 и правила 3/2 был рассчитан их общий запас.

Результаты и их обсуждение.

Рассчитанные по предлагаемой методике величины общего запаса насаждений на единице площади были сравнены с данными материалов лесоустройства. Результаты сравнения приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сравнение запасов выделов рассчитанных на основе правила 3/2 и снимка с БПЛА с данными лесоустройства (123 квартал Лисинского участкового лесничества)

Данные лесоустройства		Результаты расчетов					Отклонение по запасу	
№ выдела	Запас, м ³ /га	Число стволов, N, шт./га	Возраст, лет	Бонитет	Средняя высота, м	Запас, м ³ /га	м ³ /га	%
24	280	644	88	2	24	263	17	-6,2
25	300	420	105	2	26	294	6	-2,2
26	270	608	83	2	22	244	26	-9,6
27	250	797	77	2	21	236	14	-5,5

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что результаты определения запаса насаждений с помощью правила 3/2 и данных, полученных со снимка сверх высокого разрешения, хорошо соответствуют материалам лесоустройства. Отклонения в абсолютных и относительных значениях невелики и составляют от 6 до 26 м³/га или от 2,2% до 9,6%.

При определении запаса насаждений предлагаемым методом учитывались все деревья, расположенные на площади выдела, в то время как при проведении лесоустройства на выдел закладываются 3-5 точек таксации. Таким образом, объем используемой при определении запаса информации возрастает, что должно способствовать увеличению точности получаемых результатов. По предварительной оценке, в рамках разработанного метода были правильно определены другие таксационные показатели древостоев, такие как, возраст, бонитет, средняя высота.

Применение БПЛА имеет следующие преимущества перед космической и самолетной съемкой в интересах лесного хозяйства:

1. Высокое разрешение. Возможно получение аэрофотоснимков с разрешением до 1 см на пиксель и стереопар снимков очень высокого разрешения для создания цифровых моделей местности высокой точности.

2. Оперативность. Получить и обработать снимки на любую территорию можно через 30 минут после появления необходимости съемки территории и прибытия на место. По традиционной технологии аэрофотосъемки при проведении лесоустройства на нее отводится 1 год.

3. Независимость от облачности. Возможность съемки под облаками в облачные дни. Системы космической и авиационной съемки могут работать месяцами, пока будет получена четкая съемка необходимо участка без облаков, что особенно актуально для северных и северо-западных регионов страны.

4. Стоимость. Существует возможность проводить съемку небольших территорий, космическая съемка и традиционная аэрофотосъемка которых не являются рентабельной.

Заключение

Применение БПЛА для получения снимков сверх высокого разрешения с их последующей обработкой по предлагаемой технологии может стать основой для

осуществления малозатратного, высокоточного лесоустройства (Алексеев, Никифоров А.А., 2013).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.С., Никифоров А.А. Анализ производительности съемки участков лесного фонда с помощью беспилотного летательного аппарата Storsamp (на примере учебно-опытного лесничества Ленинградской области) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Выпуск 205. Санкт-Петербург. 2013. С.6-15.
2. Кофман Г.Б. Рост и форма деревьев. Новосибирск. Наука. 1986. 209 с.
3. Хильми Г.Ф. Теоретическая биогеофизика леса. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 205 с.
4. Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. Ленинград. Гидрометеиздат. 1966. 300 с.
5. Crowther T.W. et.al. Mapping tree density at a global scale // Nature. 2015. Vol. 525, No. 7568 (10 September 2015). P. 157-284.
6. Kira, T., Ogawa, H. and Sakazaki, H. Intraspecific competition among higher plants, I. Competition-yield-density interrelationship in regularly dispersed populations. Vol.4, No 1, Series D, 1953. Osaka City University: Journal of the Institute of Polytechnics, pp. 1-16.
7. Yoda, K., Kira, T. and Hozumi, K. Intraspecific competition among higher plants, IX. Further analysis of competitive interactions between adjacent individuals. Vol.8, 1957. Osaka City University: Journal of the Institute of Polytechnics, pp. 161-178.
8. Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. and Hozumi, K. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions (Intraspecific competition among higher plants, XI). Vol.14, Series D, 1963. Osaka City University: Journal of the Institute of Polytechnics, pp. 107-129.
9. Pretzsch, H. A unified law of spatial allometry for woody and herbaceous plants // Plant biology, No 4, 2002, pp.159-166.
10. Pretzsch, H. Link between the self-thinning rules for herbaceous and woody plants // Scientia Agriculturae Bohemica. Vol. 36, No 3, 2005, pp. 98-107.
11. Pretzsch, H. Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model. Springer. 2009. 664 p.

NEW METHOD FOR TREE STANDS GROWING STOCK DETERMINATION USING HIGH RESOLUTION IMAGES DONE BY UNMANNED AERIAL VEHICLE.

A.S.ALEKSEEV, A.A.NIKIFOROV, A.A.MIKHAILOVA, M.R. VAGIZOV

Federal State Budget Educational Establishment of High Professional Education "Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov"

Every time there is a demand for new innovative methods of forest resources estimation based on last achievements in theoretical science, remote sensing methods, information and GIS-technologies. In the paper are presented a new method and the results of its application to forest stands growing stock determination. The method is based on rule 3/2 and high resolution image made by unmanned aerial vehicle, which used for determination of number of trees per area unit. The growing stock determined by suggested method was compared with the data of regular forest inventory. Comparison gives positive result and method may be recommended for further development.

ОЦЕНКА ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ЭМИССИЙ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТ И АЭРОЗОЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПРИРОДНЫМИ ПОЖАРАМИ

К.А. АРУТЮНЯН, М.А. ТАРАСОВА

Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС"

Проведен мониторинг природных пожаров и их последствий с помощью данных дистанционного зондирования на территории Российской Федерации. Районом исследования был выбран Сибирский федеральный округ как труднодоступная для наземных исследований территория. Представлены результаты оценки площадей территорий, пройденных огнем в пожарный период с апреля по октябрь 2014 - 2015 гг., а также рассчитаны объемы эмиссий CO, CO₂ и аэрозоля PM_{2,5}.

В настоящее время, одной из актуальных экологических проблем являются эмиссии различных газовых компонент и аэрозолей, возникающие в результате природных