

УДК 630\*587

**И. В. Толкач<sup>1</sup>, О. В. Кравченко<sup>1</sup>, О. С. Ожич<sup>1</sup>,  
А. В. Таркан<sup>2</sup>, М. А. Ильючик<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет  
<sup>2</sup>Белгослес

### **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЯРКОСТЕЙ ПОЛОГА ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД БЕЛАРУСИ НА СНИМКАХ СКАНЕРА ADS 100**

Приведены исследования закономерностей изменчивости дешифровочных показателей основных лесобразующих пород на цифровых снимках сканера ADS 100.

Опытные материалы представлены снимками с воздушного цифрового сканера ADS 100 территории лесного фонда ГЛХУ «Червенский лесхоз». Пространственное разрешение снимков на местности составило порядка 0,3 м. Съемка выполнена с высоты около 3750 м. Для проведения исследований было отобрано 2753 выделов с долей участия главной породы не менее 8 единиц и полнотой не менее 0,7. По каждой породе выполнена оценка основных статистических показателей распределений спектральных сигнатур для четырех спектральных каналов с использованием геоинформационных систем Quantum GIS и SAGA.

Проведенный статистический анализ позволяет заключить, что наблюдаются довольно значительные различия между средними значениями спектральных яркостей у хвойных и мягколиственных пород. Различия в спектральных яркостях мягколиственных пород как видимого, так и ближнего инфракрасного диапазонов, недостоверны, что приводит к перепутыванию при классификации и значительно затрудняет дешифрирование. Средние значения спектральных яркостей в пределах выделов сильно варьируют, так как изображение имеет пестрый рисунок и состоит из освещенных и затененных частей крон, промежутков между кронами, поверхности земли, травянистой или кустарниковой растительности.

**Ключевые слова:** снимок, цифровой сканер, геоинформационная система, дешифрирование, древесные породы, спектральная яркость, таксационные показатели.

**I. V. Tolkach<sup>1</sup>, O. V. Kravchenko<sup>1</sup>, O. S. Ozhich<sup>1</sup>,  
A. V. Tarkan<sup>2</sup>, M. A. Il'yuchik<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Belarusian State Technological University  
<sup>2</sup>Belgosles

### **REGULARITIES OF VARIABILITY OF THE SPECTRAL BRIGHTNESS CANOPY OF THE MAIN FOREST SPECIES OF BELARUS ON IMAGES OF SCANNER ADS 100**

Studies of variability of interpretive indicators for the main forest tree species to digital images scanner ADS 100 were presented.

Experienced materials submitted images from aerial digital scanner ADS 100 on the territory of forest SFE "Chervensky forestry". The spatial resolution of imagery on the ground was about 0.3 m. The imagery was performed from a height of about 3,750 m. 2,753 appropriation with the share of the main breed at least 8 units and complete at least 0.7 were selected for research. For each breed evaluated the main statistical indicators of the distributions of the spectral signatures for the four spectral bands with the use of geoinformation systems Quantum GIS and SAGA.

The statistical analysis allows to conclude that there are quite significant differences between the mean values of spectral brightness in coniferous and deciduous species. The differences in the spectral brightness of deciduous species of both visible and near-infrared ranges are incorrect, which leads to entanglement in the classification and complicates the interpretation. The average values of the spectral brightness within the areas vary greatly, since the image is mottled and consists of illuminated and shaded parts of crowns, gaps between the tops, land surface, herbaceous or shrubby vegetation.

**Key words:** the image, the digital scanner, geoinformation systems, interpretation, tree species, spectral brightness, inventory indices.

**Введение.** Начиная с 20-х гг. XIX в. аэрофотосъемка широко используется при проведении работ по устройству и инвентаризации ле-

сов. Сегодня ведущие фирмы – производители аэросъемочного оборудования, такие как Zeiss/Intergraph Imaging (Германия/США), Leica

Geosystems (Швейцария/США), Vexcel Imaging (Австрия/США), предлагают целые аэросъемочные аппаратно-программные комплексы, позволяющие значительно сократить затраты на проведение аэросъемки и обработку материалов [1, 2, 3, 4, 5]. Данные комплексы дают возможность практически в автоматизированном режиме выполнять все основные виды фотограмметрических работ – от получения одиночного снимка до создания ортофотопланов. Высокая разрешающая способность фотографических систем, сравнительно простые и хорошо изученные геометрические свойства аэроснимков, возможность стереоскопического изучения местности являются причиной их широкого использования для составления планово-картографических материалов при лесоинвентаризации во многих странах мира, в том числе и в Беларуси [6, 7, 8, 9].

Значимым событием для лесоустройства Беларуси стало приобретение в 2014 г. воздушного цифрового сканера ADS 100, позволяющего проводить съемку лесов в четырех спектральных диапазонах (R, G, B, NIR) с высоким пространственным разрешением и точной привязкой к системе координат [10]. В настоящее время снимки сканера ADS 100 широко применяются для целей лесоинвентаризации и производства лесоустроительных планово-картографических материалов, что открывает дополнительные возможности автоматизации работ и повышения качества лесотаксационного дешифрирования. Огромным преимуществом цифровых снимков является использование методов автоматизированного дешифрирования и вычислительной техники, что позволяет значительно ускорить процесс и повысить объективность результатов дешифрирования.

Использование современных компьютерных технологий и цифровых снимков повлекло за собой и интенсивное развитие программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования. Многие компании создают автоматизированные системы обработки и интерпретации данных, картографирования и ввода данных в ГИС. Среди наиболее известных можно отметить ERDAS, Leica Geosystems, Research Systems Inc. и др.

Основной продукт компании ERDAS – система обработки изображений ERDAS IMAGINE, которая в настоящее время является наиболее развитым коммерческим продуктом. Последняя версия ERDAS IMAGINE содержит усовершенствованные инструменты обработки изображений, новые инструменты импорта, экспорта, монтажа и трехмерной визуализации изображений.

Еще одним из наиболее удачных и доступных программных продуктов для визуализации

и обработки данных дистанционного зондирования является программный комплекс ENVI (the Environment for Visualizing Images), имеющий встроенный язык программирования IDL (Interactive Data Language), позволяющий расширять функциональные возможности ENVI или создавать собственные подпрограммы.

Компания Definiens Imaging разработала программный продукт eCognition Forester, позволяющий выполнять измерения крон отдельных деревьев, на основе которых становится возможным определять таксационные показатели древостоев. Система работает в автоматизированном режиме, позволяет идентифицировать на снимке отдельные деревья и измерять размеры их крон. Выделенные таким образом контуры крон деревьев преобразовываются в векторный формат и экспортируются в ГИС.

Автоматизированная классификация основывается на том, что любой объект имеет в спектральном пространстве характерные количественные показатели, определяющие его изображение на снимке, так называемый образ, или сигнатуру. Спектральным пространством изображения является совокупность всех спектральных каналов, а размерность спектрального пространства определяется их количеством [11, 12].

Задача классификации состоит в разделении пространства спектральных признаков на локальные области, соответствующие одному объекту или классу объектов. При этом спектральные классы (пиксели, обладающие приблизительно одинаковой яркостью в некотором спектральном диапазоне) и информационные классы (реальные объекты), должны максимально соответствовать друг другу.

Полное однозначное взаимное соответствие между спектральными и информационными классами наблюдается очень редко, чаще одному информационному классу соответствуют несколько спектральных (или наоборот), а некоторые спектральные классы могут не соответствовать никаким объектам [13].

В этой связи изучение современных методов и средств автоматизированного дешифрирования лесов по материалам аэро- и космической съемки сверхвысокого пространственного разрешения, выявление изменчивости дешифровочных показателей и спектральных сигнатур основных лесообразующих древесных пород Беларуси является актуальной задачей.

Выявленные закономерности станут отправной точкой для разработки методов автоматизированной оценки дешифровочных показателей древостоя, регрессионных уравнений связи между таксационными и дешифровочными показателями.

**Основная часть.** Для реализации цели исследования необходимо решение следующих задач:

1. Анализ повыведельной базы данных, подбор объектов исследования.

2. Коррекция, цветовые и яркостные преобразования снимков, улучшение визуального восприятия и дешифровочных свойств.

3. Измерение дешифровочных показателей полога древостоя и крон деревьев, вычисление основных статистических показателей рядов распределений по густоте, сомкнутости полога, среднему диаметру крон, среднему расстоянию между деревьями.

4. Исследование закономерностей изменчивости дешифровочных показателей основных лесобразующих на цифровых снимках сканера ADS 100.

5. Формирование выборок, вычисление основных статистических показателей распределений спектральных яркостей для отобранных выделов и их анализ.

6. Исследование закономерностей изменчивости спектральных сигнатур основных показателей.

В качестве программного обеспечения для решения задач данного исследования использовались свободно распространяемые ГИС: Quantum GIS и SAGA.

Quantum GIS (QGIS) – приложение, относящееся к классу пользовательских геоинформационных систем, и предназначенное для визуализации, редактирования и анализа пространственных данных, распространяемое по лицензии GNU GPL. Данная программа активно разрабатывается группой программистов и пользователей под эгидой Open Source Geospatial Foundation (OSGeo), задачей которого является поддержка развития свободных геоинформационных систем [14].

Географическая информационная система SAGA (System for Automated Geo-Scientific Analysis) является свободно-распространяемым программным обеспечением (ПО) с открытым исходным кодом [15], хотя некоторые ее модули и компоненты могут оставаться частной собственностью авторов. Открытость SAGA позволило международному сообществу разработчиков и пользователей создать современную интегрированную систему, ориентированную преимущественно на работу с растровыми данными, и значительно пополнить ее функциональность, обеспечив мощными средствами для решения конкретных практических задач классификации и пространственного анализа.

Являясь гибридной ГИС, SAGA поддерживает векторную и растровую модели данных, дает возможность работать с трехмерными

данными, в том числе полученными в результате лидарной съемки. Данная ГИС включает также функции статистического анализа и моделирования, позволяющие оценивать взаимосвязи между спектральными, яркостными атрибутивными показателями, моделировать различные процессы в экосистемах (распространение пожаров, поверхностный сток, содержание почвенной влаги и т. д.).

В QGIS и SAGA GIS реализована возможность работы с сервером БД PostgreSQL через PostGIS, и с базами данных через интерфейс Open Data Base Connection (ODBC). Все это делает QGIS и SAGA мощными инструментами для тематического картографирования и прикладного анализа в самых различных отраслях и направлениях, в том числе лесном и сельском хозяйстве.

Материалы съемки сканера ADS 100, представляемые для РУП «Белгослес», имеют пространственное разрешение на местности (расстояние на местности соответствующее размеру пикселя) 0,3 м, съемка проводится с высоты около 3750 м. При этом можно использовать три покрытия: вперед, в нади́р, назад.

В сканирующих системах применяются линейки сенсоров, что обеспечивает одновременную регистрацию части изображения в виде узкой линии (строки), а перемещение камеры вместе с летательным аппаратом позволяет получить множество линий – все строки изображения. Хотя каждая отдельная линия скана является центральной проекцией, сформированное изображение имеет свойства центральной проекции лишь перпендикулярно направлению маршрута, чем значительно отличается от изображений, полученных кадровой камерой.

Известно, что в пределах одного снимка цвет и тон изображения не остаются постоянными. Наиболее темные тона можно наблюдать на периферийной части снимка, в направлении навстречу солнечным лучам, где изображены затененные стороны крон деревьев. Светлые тона изображения находятся на противоположной стороне снимка по ходу солнечных лучей. При высоком стоянии солнца проецирующие лучи, формирующие изображение, могут быть параллельны солнечным. В этом случае на сканерных снимках такой феномен будет проявляться в виде светлой полосы. Как результат, сканерный снимок приобретает ярко выраженную разницу в контрастности изображения вдоль линии маршрута, и изображения освещенной и затененной частей крон одного и того же древостоя будут значительно различаться между собой цветом и тоном. Дешифрирование древесных пород в области светлого пятна (полосы) затруднено, поскольку тени, как дешифровочный признак, не просматриваются и изображения крон сливаются между собой.

Данные особенности сканерных снимков необходимо учитывать на стадии заказа и планирования съемки, чтобы избежать появления светлой полосы, снижающей их дешифровочные свойства.

Опытные материалы представлены снимками лесного фонда ГЛХУ «Червенский лесхоз» 2015 г. на пяти маршрутах с пространственным разрешением 0,3 м (69 снимков). Исследование закономерностей изменчивости спектральных сигнатур основных древесных видов выполнялось в несколько этапов. На первом этапе оценивалась изменчивость спектральных яркостей насаждений сосны, ели, березы, ольхи черной и осины. С этой целью в лесном фонде Червенского лесхоза отобраны насаждения, у которых доля главной породы составляла не менее 8 единиц, относительная полнота не менее 0,7. Всего было отобрано 2753 выдела: сосны – 1514 шт. на площади 4560 га; ели – 398 шт. на площади 845,8 га; березы – 443 шт. на площади 895,4 га; ольхи черной – 272 шт. на площади 646,2 га; осины 126 шт. на площади 325,6 га.

Возраст древостоев на отобранных выделах составлял: сосна – 7–105 лет; ель – 9–90 лет; береза – 10–75 лет; ольха черная – 20–75 лет;

осина – 3–70 лет. Для каждого выдела с помощью геоинформационной системы SAGA-GIS вычислены минимальное, максимальное и среднее значения яркости пикселей на выделе в каждом спектральном канале, размах распределения, среднеквадратическое отклонение, дисперсия, коэффициент вариации. Для совокупности выделов по каждой породе выполнена оценка основных статистических показателей распределений спектральных сигнатур для четырех спектральных каналов (табл. 1).

**Заключение.** Как показали результаты статистического анализа, во всех диапазонах наблюдаются довольно значительные различия между средними значениями спектральных яркостей у хвойных и мягколиственных пород, хотя между группами пород имеются перекрытия в распределениях яркостей. Изменчивость спектральных яркостей по породам небольшая, коэффициент вариации составляет в разных каналах 12–15%. Лишь у ели в ближнем инфракрасном канале коэффициент вариации 20,2%, что вполне объяснимо – в еловых насаждениях из-за густой и конусообразной кроны наблюдается высокая контрастность освещенной части и теней.

Таблица 1

## Изменчивость усредненных значений спектральных сигнатур на выделах по породам

Канал	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %	Минимальное значение	Максимальное значение
Сосна					
B	4 048,74	490,925	12,1	2 766,0	6 263,0
G	5 982,76	789,495	13,2	3 369,0	11 115,0
R	4 686,49	676,371	14,4	2 746,0	8 984,0
NIR	16 727,1	2 532,28	15,14	7 995,0	32 533,0
Ель					
B	3 723,25	530,085	14,2	2 608,0	5 638,0
G	5 651,26	882,638	15,6	3 715,0	10 059,0
R	4 394,76	671,693	15,3	2 899,0	7 542,0
NIR	16 987,6	3 426,05	20,2	10 418,0	32 362,0
Береза					
B	4 107,66	483,944	11,8	2 979,0	5 909,0
G	6 536,11	900,694	13,8	4 499,0	10 617,0
R	4 990,9	714,693	14,3	3 339,0	7 815,0
NIR	22 868,8	3 342,82	14,6	14 719,0	34 496,0
Ольха черная					
B	4 215,26	528,611	12,5	3 091,0	5 626,0
G	6 442,55	925,217	14,4	4 269,0	9 355,0
R	4 702,67	728,76	15,5	3 089,0	7 031,0
NIR	22 399,1	3 426,52	15,3	13 302,0	35 145,0
Осина					
B	4 105,03	553,165	13,5	2 786,0	5 514,0
G	6 711,1	994,064	14,8	4 306,0	9 226,0
R	4 892,15	701,102	14,3	3 124,0	6 776,0
NIR	23 451,2	3 501,43	14,9	15 135,0	31 182,0

Таблица 2

## Корреляция между спектральными яркостями и возрастом древостоев

Показатели	Показатели				
	B	G	R	NIR	A, лет
Сосна					
B	1	0,8843	0,8633	0,6509	-0,1817
G	0,8843	1	0,9708	0,8593	-0,2456
R	0,8633	0,9708	1	0,8041	-0,1542
NIR	0,6509	0,8593	0,8041	1	-0,3288
A, лет	-0,1817	-0,2456	-0,1542	-0,3288	1
Ель					
B	1	0,8555	0,8515	0,6370	-0,1175
G	0,8555	1	0,9565	0,8415	-0,2970
R	0,8515	0,9565	1	0,7574	-0,1523
NIR	0,6370	0,8415	0,7574	1	-0,4541
A, лет	-0,1175	-0,2970	-0,1523	-0,4541	1
Береза					
B	1	0,8527	0,8570	0,6452	-0,0877
G	0,8527	1	0,9586	0,8202	-0,2548
R	0,8570	0,9586	1	0,7491	-0,1427
NIR	0,6452	0,8202	0,7491	1	-0,3661
A, лет	-0,0877	-0,2548	-0,1427	-0,3661	1
Ольха черная					
B	1	0,9012	0,8842	0,5894	-0,4093
G	0,9012	1	0,9660	0,7839	-0,3251
R	0,8842	0,9660	1	0,6931	-0,2778
NIR	0,5894	0,7839	0,6931	1	-0,2000
A, лет	-0,4093	-0,3251	-0,2778	-0,2000	1
Осина					
B	1	0,7540	0,8415	0,6902	0,1150
G	0,7540	1	0,9443	0,7931	-0,2809
R	0,8415	0,9443	1	0,7630	-0,0863
NIR	0,6902	0,7931	0,7630	1	-0,0764
A, лет	0,1150	-0,2809	-0,0863	-0,0764	1

Различия в спектральных яркостях лиственных пород как видимого, так и ближнего инфракрасного диапазонов недостоверны, что приводит к перепутыванию при классификации и значительно затрудняет автоматизированное дешифрирование на их основе, при котором не учитываются морфологические признаки крон. Средние значения спектральных яркостей в пределах выделов сильно варьируют, так как изображение имеет пестрый рису-

нок и состоит из освещенных и затененных частей крон, промежутков между кронами, поверхности земли, травянистой или кустарниковой растительности.

Наиболее тесные связи наблюдаются между значениями в зеленом и красном спектральных каналах. Связь с возрастом (равно как и с другими таксационными показателями – средним диаметром, высотой, полнотой, классом бонитета) низкая.

## Литература

1. Аванесов Г. А., Киенко Ю. П. Цифровые аэросъемочные комплексы // Геопрофи. 2004. № 1. С. 8–12.
2. Зинченко О. Н., Елизаров А. Б. Цифровые камеры для аэрофотосъемки. Обзор моделей // Ракурс. 2010. № 12. 8 с.
3. Олейник С. В., Гайда В. Б. Цифровые камеры для аэрофотосъемки // Геопрофи. 2006. № 4. С. 45–51.
4. Печатников М. Я., Райзман Ю. Г. Аэросъемка с АФК VISIONMAP // Геопрофи. 2009. № 1. С. 44–47.
5. Тетеря А. Н. Опыт использования цифровой камеры 3-DAS-1 // Геопрофи. 2008. № 1. С. 26–30.

6. Владимирова Н. А. Возможности применения космических снимков для государственной инвентаризации лесов // *Геопрофи*. 2010. № 2. С. 45–49.
7. Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies / Ed. by M. A. Wulder, S. E. Franklin. Kluwer Acad. Publ., 2003. 519 p.
8. Любимов А. В., Вавилов С. В. Закономерности строения полого древостоев и их использование при дешифрировании материалов дистанционных съемок лесов // *Таксация леса на рубеже XXI века: состояние и перспективы развития*. СПб., 2001. С. 72–76.
9. Толкач И. В. Методы оценки основных таксационно-дешифровочных показателей на цифровых снимках // *Труды БГТУ*. 2012. № 1: Лесное хоз-во. С. 63–65.
10. LeicaGeosystems [Электронный ресурс]. URL: <http://leica-geosystems.com/products/airborne-systems/imaging-sensors/leica-ads100-airborne-digital-sensor/> (дата обращения: 02.10.2016).
11. Кравцов С. Л. Обработка изображений дистанционного зондирования Земли (анализ методов). Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2008. 256 с.
12. GIS Geography / Image Classification Techniques in Remote Sensing [Электронный ресурс]. USA, 2017. URL: <http://gisgeography.com/image-classification-techniques-remote-sensing/> (дата обращения: 05.11.2016).
13. WSEAS transactions on information science and applications [Электронный ресурс] / Comparison of Pixel-based and Object-oriented Knowledge-based Classification Methods Using SPOT5 Imagery M. Chena, W. Sua, L. Lia, Ch. Zhanga, A. Yuea, H. Lia, 2009. URL: <http://www.wseas.us/e-library/transactions/information/2009/28-879.pdf>. (дата обращения: 06.11.2015).
14. QGIS. Свободная географическая информационная система с открытым кодом / QGIS. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.qgis.org/ru/site/> (дата обращения: 02.10.2016).
15. SAGA System for Automated Geoscientific Analyses [Электронный ресурс]. URL: <http://www.saga-gis.org/en/> (дата обращения: 05.01.2016).

### References

1. Avanesov G. A., Kienko Yu. P. Digital aerial survey complexes. *Geoprofi* [Geoprofi], 2004, no. 1, pp. 8–12 (In Russian).
2. Zinchenko O. N., Elizarov A. B. Digital camera for aerial photography. Models. *Rakurs* [View], 2010, no. 12, 8 p. (In Russian).
3. Oleynik S. V., Gayda V. B. Digital camera for aerial photography. *Geoprofi* [Geoprofi], 2006, no. 4, pp. 45–51 (In Russian).
4. Pechatnikov M. Ya., Rayzman Yu. G. Aerial photography with DC VISIONMAP A3. *Geoprofi* [Geoprofi], 2009, no. 1, pp. 44–47 (In Russian).
5. Teterya A. N. The experience of using a digital camera 3-DAS-1. *Geoprofi* [Geoprofi], 2008, no. 1, pp. 26–30 (In Russian).
6. Vladimirova N. A. The possibility of using satellite images for state forest inventory. *Geoprofi* [Geoprofi], 2010, no. 2, pp. 45–49.
7. Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies. Kluwer Acad. Publ., 2003. 519 p.
8. Lyubimov A. V., Vavilov S. V. Regularities in the structure of the canopy of forest stands and their use in the interpretation of the materials of the earth remote sensing of forests. *Taksatsiya lesa na rubezhe XXI veka: sostoyanie i perspektivy razvitiya* [Forest inventory at the turn of the XXI century: status and prospects], St. Petersburg, 2001. pp. 72–76 (In Russian).
9. Tolkach I. V. Methods of assessment of the main forest interpretive figures to digital images. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2012, no. 1, Forestry, pp. 63–65 (In Russian).
10. LeicaGeosystems. Available at: <http://leica-geosystems.com/products/airborne-systems/imaging-sensors/leica-ads100-airborne-digital-sensor/> (accessed 02.10.2016).
11. Kravtsov S. L. *Obrabotka izobrazheniy distantsionnogo zondirovaniya Zemli (analiz metodov)* [Image processing of remote sensing (analysis of methods)]. Minsk, NAN of Belarus Publ, 2008. 256 p.
12. GIS Geography. Available at: <http://gisgeography.com/image-classification-techniques-remote-sensing/> (accessed 05.11.2016).
13. WSEAS transactions on information science and applications. Available at: <http://www.wseas.us/e-library/transactions/information/2009/28-879.pdf>. (accessed 06.11.2015).
14. QGIS. Free geographic information system open source. Available at: <http://www.saga-gis.org/en/> (accessed 02.10.2016).
15. SAGA System for Automated Geoscientific Analyses. Available at: <http://www.saga-gis.org/en/> (accessed 05.01.2016).

### Информация об авторах

**Толкач Игорь Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: i.tolkach@belstu.by

**Кравченко Ольга Валерьевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ov\_kravchenko@belstu.by

**Ожич Ольга Светославовна** – ассистент кафедры лесоустройства. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bakhur@belstu.by

**Таркан Андрей Владимирович** – главный инженер. РУП «Белгослес» (220014, г. Минск, ул. Железнодорожная, 27, Республика Беларусь). E-mail: info@belgosles.by

**Ильючик Михаил Александрович** – кандидат сельскохозяйственных наук, начальник отдела. РУП «Белгослес» (220014, г. Минск, ул. Железнодорожная, 27, Республика Беларусь). E-mail: info@belgosles.by

### Information about the authors

**Tolkach Igor' Vladimirovich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: i.tolkach@belstu.by

**Kravchenko Ol'ga Valer'yevna** – PhD (Engineering), Associate Professor, assistant Professor, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ov\_kravchenko@belstu.by

**Ozhich Ol'ga Svetoslavovna** – assistant, the Department of Forest Inventory. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bakhur@belstu.by

**Tarkan Andrey Vladimirovich** – Chief Engineer. RUE “Belgosles” (27, Zheleznodorozhnaya str., 220014, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belgosles.by

**Ilyuchik Mikhail Aleksandrovich** – PhD (Agriculture), Head of the Department. RUE “Belgosles” (27, Zheleznodorozhnaya str., 220014, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: info@belgosles.by

*Поступила 15.05.2017*