

Научная статья
УДК 630.581.5

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАРТИРОВАНИЯ
ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ «УРАЛ-КАРБОН»
«СЕВЕРКА» НА СНИМКАХ ВЫСОКОГО
ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

**В. Е. Рогачев¹, Е. М. Агапитов², С. М. Бабинов³, В. В. Фомин⁴,
М. П. Суханов⁵, Л. Е. Рогачев⁶**

^{1,2,4,5,6} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

³ Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Владимир Евгеньевич Рогачев,
rogachevve@m.usfeu.ru

Аннотация. Приведены результаты работы по методическому описанию определения размеров проекций крон лиственных и хвойных пород. Получены основные дешифровочные характеристики с использованием снимков высокого пространственного разрешения (цвет, формы ветвей, текстурные характеристики. Определена оптимальная высота съемки с беспилотного летательного аппарата, сформулированы основные требования к сезону съемки и погодным условиям. Установлено, что с применением данной методики в пределах пробных площадей возможно определить от 57 до 67 % крон деревьев и до 100 % крон, относящихся к 1-му ярусу древостоя.

Ключевые слова: БПЛА, ГИС-технологии, Урал-Карбон «Северка», методические аспекты картирования фитоценозов

Благодарности. Работа выполнена в рамках исполнения госбюджетных тем «FEUZ-2021-0014», «FEUG-2020-0013» и «FEUZ-2023-0023».

Scientific article

**METHODOLOGICAL ASPECTS OF MAPPING FOREST
PHYTOCENOSES ON THE TERRITORY OF THE «URAL-CARBON»
NORTH ON IMAGES OF HIGH SPATIAL RESOLUTION**

**Vladimir E. Rogachev¹, Egor M. Agapitov², Savely M. Babinov³, Valery V.
Fomin⁴, Maksim P. Sukhanov⁵, Lev E. Rogachev⁶**

© Рогачев В. Е., Агапитов Е. М., Бабинов С. М., Фомин В. В., Суханов М. П.,
Рогачев Л. Е., 2023

^{1,2,4,5,6} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

³ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Vladimir E. Rogachev, rogachevve@m.usfeu.ru

Abstract. The results of the work on the methodological description of determining the size of the projections of the crowns of deciduous and coniferous species are presented. The main deciphering characteristics were obtained using high spatial resolution images (color, shape of branches, texture characteristics). The optimal shooting height from an unmanned aerial vehicle was determined, the main requirements for the shooting season and weather conditions were formulated. It was found that using this technique within the trial plots it is possible to determine from 57 to 67% of tree crowns and up to 100% of crowns belonging to the 1st layer of the forest stand.

Keywords: UAV, GIS technologies, «Ural-Carbon» Severka, methodological aspects of phytocenosis mapping

Acknowledgments: the work was carried out as part of the execution of the state budget topics «FEUZ-2021-0014» and «FEUG-2020-0013».

Внедрение новых технологий в лесное хозяйство позволяет решать задачи дистанционными методами. Такие методы требуют верификацию дистанционных данных инструментальными измерениями. Группа исполнителей в 2021 г. заложила 6 круговых пробных площадей (ПП) с картированием, в квартале № 36 УУОЛ УГЛТУ Северского участкового лесничества [1]. Для трех ПП были произведены снимки с БПЛА, с высоты 150 м.

Инструментальные измерения производили при помощи GPS-приемника Etrex-10 (Garmin inc.), буссоли AP-1 (Волгоградский оптико-механический завод, Россия), мерной ленты длиной 50 м.

Обработка данных позволила определить по координатам центра координаты всех деревьев, попавших в границы ПП (радиус 13,82). Дальнейшая работа производилась в геоинформационной системе Qgis (qgis.org). После создания точеного слоя, был создан буферный слой, который показывал среднюю проекцию размера кроны, что представлено на рис. 1, а.

Обработка снимков, полученных беспилотным летательным аппаратом DJI Mavic 2 Zoom (Китай), была произведена при помощи лицензионного программного комплекса (ПО) Agisoft Metashape (Geoscan, Санкт-Петербург, Россия). Это позволило составить геопривязанный ортофотоплан. Сопоставленная модель ПП № 4 с ортофотопланом представлены в рис. 1, б.

После детального разбора полученных результатов (рис. 2, б), были выявлены следующие отличительные особенности для распознавания разных пород древостоя. Деревья ели обыкновенной (*Picea abies* L.)

характеризуются темно-зеленым цветом и четко выраженным радиальным направлением ветвей, при этом верхушка дерева имеет более светлый оттенок по сравнению с оттенками на периферии кроны. Деревья лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) характеризуются округлой формой. Отличительными особенностями кроны лиственницы сибирской является присутствие отдельно выраженных с устремляющимися на периферию ветвей, также имеются особые точечные теневые участки по всей площади проекции кроны (рис. 2, а). Сосна обыкновенная не имеет выраженных теневых участков в кроне, при этом вся крона в ее пределах однородна по цветовой гамме. Мягколиственные породы на 3 пробных площадях в основном представлены березой повислой (*Betula pendula* Roth.), отличительной особенностью является салатовый оттенок, более светлый относительно других темнохвойных и светлохвойных пород [2].

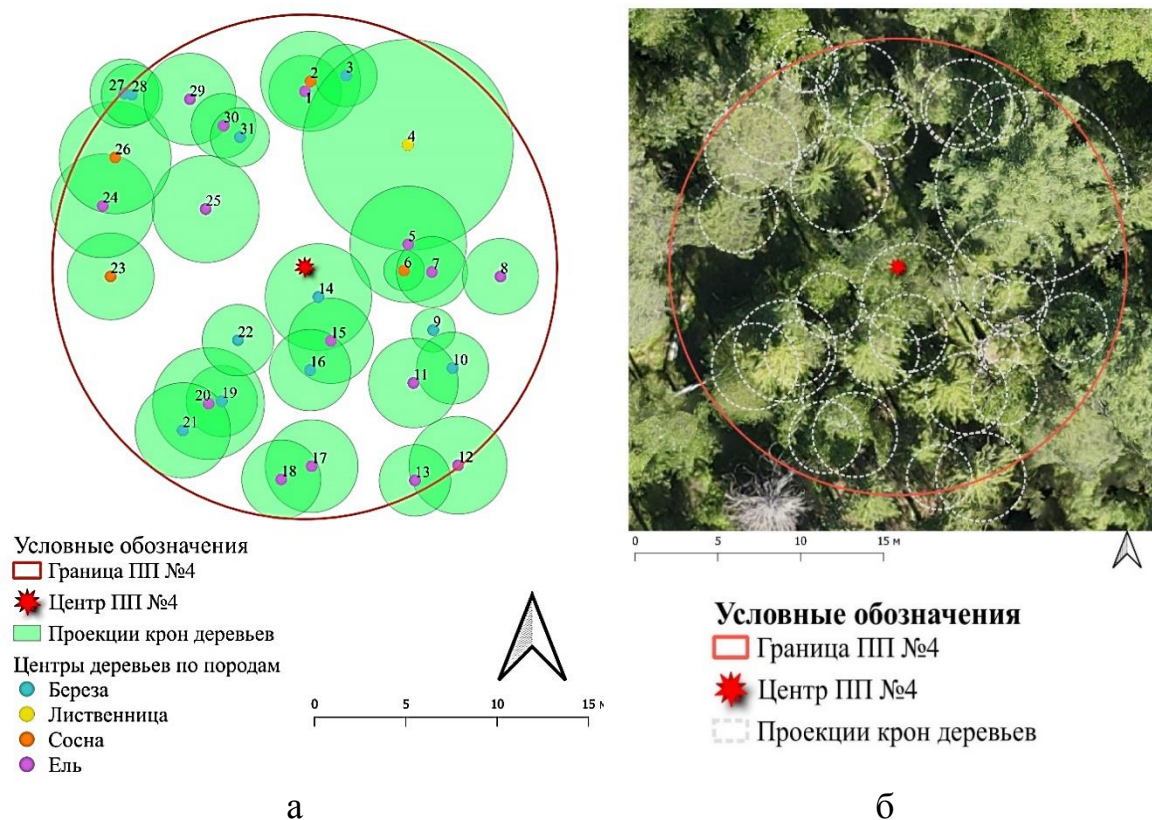


Рис.1. Данные, полученные инструментальными измерениями:
 а – модель пробной площади с указанием пород и размеров кроны;
 б – проекции кроны, сопоставленные с ортофотопланом

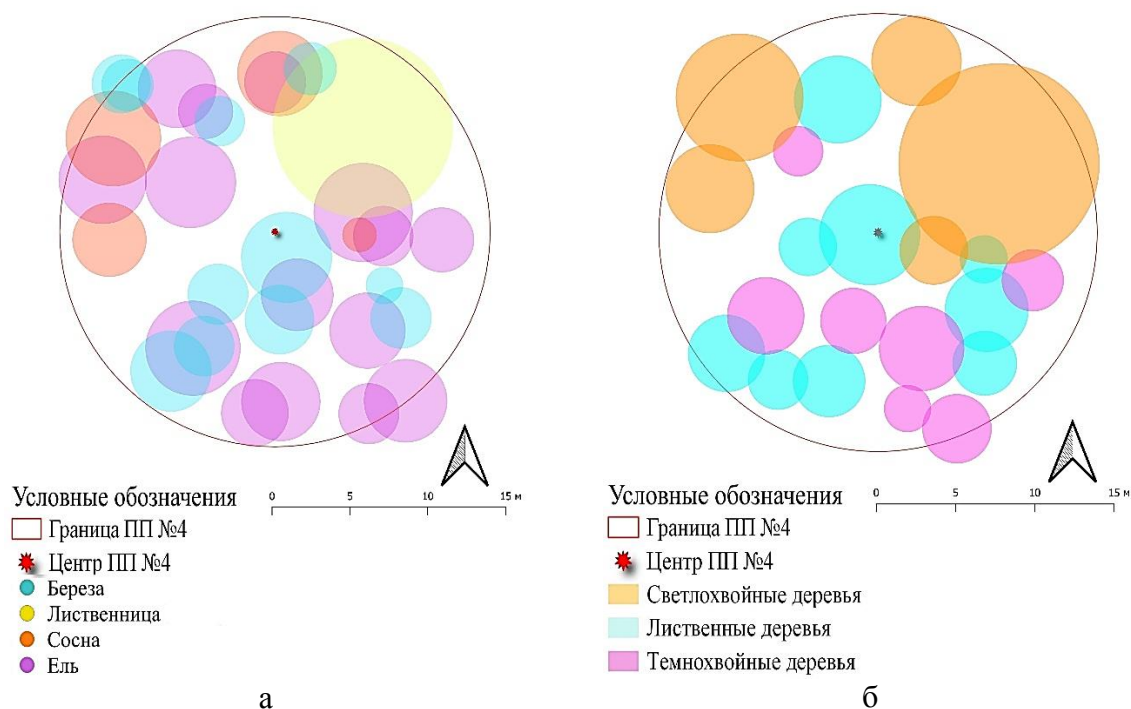


Рис.2. Результаты распознавания одним оператором на примере ПП4:
 а – модель пробной площади с обозначением крон по принадлежности к породам;
 б – результат распознавания оператором крон с принадлежностью к хозяйствам

Научный коллектив выбрал одного оператора, который не имел опыта дешифрирования. Это требовалось для определения правильности выбранных характеристик дешифрирования.

Результаты распознавания крон деревьев в количественном и процентном отношении к данным наземных измерений на ПП2, ПП3 и ПП4 представлены на рис. 3. Для ПП2 процент распознавания составил 57,8 %, для ПП3 – 57,1 %, для ПП4 – 67,7 %. Также представлены соотношения для отдельных хозяйственных секций: лиственной (рис. 4), светлохвойной (рис. 5) и темнохвойной (рис. 6). Для лиственных пород, представленных в основном березой, сохраняется тенденция по количеству распознанных экземпляров: на ПП2 процент распознанных деревьев составил 58,1%, на ПП3 – 52 %, на ПП4 – 81,8 %. Светлохвойные породы представлены сосной и лиственницей, для этой секции характерен больший процент распознавания: на ПП2 – 85,2 %, на ПП3 – 94,1 %, на ПП4 удалось распознать все деревья светлохвойной секции – 100 %. Темнохвойная хозяйственная секция в основном представлена елью. В этой секции процент распознавания ниже среднего: на ПП2 – 0 %, на ПП3 – 21,4 %, на ПП4 – 46,7 %. Общее количество деревьев на пробных площадях составило 83, 56 и 31 соответственно на ПП2, ПП3 и ПП4.

При детальном анализе результатов всех пробных площадей были выявлены следующие закономерности, наиболее явно представленные на ПП 2. Для ПП2 из 13 темнохвойных деревьев при помощи ортофотоплана

распознано 0 экземпляров. В лиственной секции из 27 деревьев удалось распознать 23, а в светлохвойной из 17 экземпляров было распознано 16. Средняя высота елей, представляющих темнохвойную секцию, составила 8 м, а средняя высота древостоя на ПП2 составляет 16,9 м. В зоне расположения ПП2 происходит смена пород с лиственных и светлохвойных на темнохвойные. Подрост на ПП представлен большим количеством елей и единичным березы и сосны. Наиболее крупные экземпляры подроста уже можно считать молодым поколением древостоя, эти экземпляры в границах ПП2 и попали в перечень. Отсутствие возможности распознавания елей на ПП объясняется тем, что они не достигли основного яруса древостоя, представленного светлохвойными и лиственными породами. Соответственно они не видны на ортофотоплане.



Рис. 3. Результаты распознавания в количественном и процентном соотношении для всей совокупности деревьев на ПП2, ПП3, ПП4



Рис. 4. Результаты распознавания в количественном и процентном соотношении для лиственных деревьев на ПП2, ПП3, ПП4



Рис. 5. Результаты распознавания в количественном и процентном соотношении для светлохвойных деревьев на ПП2, ПП3, ПП4



Рис. 6. Результаты распознавания в количественном и процентном соотношении для темнохвойных деревьев на ПП2, ПП3, ПП4

Пробная площадь 3 также имеет меньший процент распознавания темнохвойных пород (из 14 экземпляров было распознано 3). Средняя высота которого составляет 11,5 м, что ниже средней высоты на ПП на 7,4 м. Это также свидетельствует о том, что подрост представлен темнохвойными породами, а сформированные породы первого яруса, состоящие из лиственных и светлохвойных пород, занимают большую площадь верхнего яруса растительности, из-за чего на ортофотоплане не видны темнохвойные породы [3].

Пробная площадь 4 имеет самый высокий количественный процент распознанных деревьев. В основном это связано с густотой древостоя, всего на данной пробной площади 31 дерево (если сравнивать с ПП2, то количество деревьев на ПП4 почти в 2,7 раза меньше). Процент распознавания лиственных пород составляет 81,2 %, светлохвойных пород – 100 %, при этом темнохвойных – 46,7 %. Это также свидетельствует о доминировании темнохвойных пород в подросте.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что выбранные текстурные и цветовые характеристики крон позволяют с высокой точностью отличать лиственные и хвойные (темно- и светлохвойные) породы. Небольшая выборка из трех пробных площадей доказала, что можно дешифровать породный состав хвойных пород, а также определять лиственные породы.

Список источников

1. Полигон «Урал-карбон» (Северка) / С. В. Залесов, В. В. Фомин, Е. П. Платонов, Г. А. Годовалов, К. А. Башегуров, П. Н. Сураев // Леса России и хоз-во в них. 2021. № 3. С. 4–14.

2. Методика распознавания лиственницы сибирской на верхнем пределе ее произрастания на Полярном Урале с использованием снимков беспилотного летательного аппарата / Е. М. Агапитов, В. Е. Рогачев, А.П. Михайлович, В. В. Фомин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XVIII Всерос. (национ.) науч.-техн. конф. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. С. 7–11.

3. Залесов С. В. Лесоводство. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 295 с.

Сведения об авторах

Владимир Евгеньевич Рогачев, rogachevve@m.usfeu.ru;

Егор Михайлович Агапитов, agapitovem@m.usfeu.ru;

Савелий Михайлович Бабинов, savely.babinov@yandex.ru;

Валерий Владимирович Фомин, fominvv@m.usfeu.ru;

Максим Павлович Суханов, maks_sukhanov_2014@mail.ru;

Лев Евгеньевич Рогачев, rogachevle@m.usfeu.ru.