

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/10>

УДК 630\*181.311.3



## Изучение взаимосвязей между параметрами рельефа местности и условиями произрастания насаждений в Воронежской области

Василий А. Славский<sup>1</sup>✉, [slavskiyva@yandex.ru](mailto:slavskiyva@yandex.ru) <https://orcid.org/0000-0002-6579-0344>

Дарья А. Литовченко<sup>1</sup>, [timashchuk90@mail.ru](mailto:timashchuk90@mail.ru) <https://orcid.org/0000-0003-2973-7447>

Алексей В. Мироненко<sup>1</sup>, [alexeymironenko66@gmail.com](mailto:alexeymironenko66@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0006-4668-8527>

Николай Н. Харченко<sup>1</sup>, [ecology@vgltu.ru](mailto:ecology@vgltu.ru) <https://orcid.org/0000-0001-7645-2642>

Евгений В. Титов<sup>1</sup>, [lesovod\\_taks@vgltu.ru](mailto:lesovod_taks@vgltu.ru) <https://orcid.org/0009-0003-9564-8183>

Зоран Говедар<sup>2</sup>, [zoran.govedar@sf.unibl.org](mailto:zoran.govedar@sf.unibl.org) <https://orcid.org/0000-0001-9791-4113>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

<sup>2</sup>Государственный университет в Баня-Луке, Петра Бойовика 1А, Баня-Лука, Босния и Герцеговина

Современные исследования в лесохозяйственной отрасли все больше и больше ориентированы на цифровизацию и дистанционное зондирование Земли. Одним из перспективных направлений является формирование цифровой модели рельефа местности и его последующее изучение. В связи с этим целью работы является выявление взаимосвязей и установление зависимостей между параметрами рельефа и лесорастительными условиями для ускоренного определения ключевых лесоводственных и ландшафтных характеристик, в том числе с применением дистанционных методов. Объектами исследования являлись лесные насаждения, расположенные в Пригородном лесничестве Воронежской области. Формирование цифровой модели рельефа местности осуществлено с применением специализированного программного обеспечения. В ходе работы выявлены особенности рельефа местности, потенциально влияющие на формирование условий произрастания, составлены табличные аналитические материалы, позволяющие учитывать ландшафтные факторы на повыведельной основе. Получены данные о средней крутизне склонов, азимуте экспозиции склонов и высоте над уровнем моря каждого выдела в градусах и проанализированы их статистические параметры. Установлена корреляционная связь между лесотипологической составляющей, характеризующей влажность почвы и высотой участка над уровнем моря (0,23-0,29), а также крутизной склонов (0,30-0,32). Результаты исследований свидетельствуют о том, что подобная тенденция прослеживается даже при несущественных перепадах высот и крутизне склонов, характерных для Пригородного лесничества. Более влажные почвенные условия на территории исследуемого региона (А<sub>3</sub>, В<sub>3</sub>, С<sub>3</sub>) расположены на микропонижениях или имеют близкое к поверхности залегание грунтовых вод. Выявленная закономерность позволит осуществить ускоренное определение условий произрастания дистанционным способом на основе показателей рельефа и рассматривать предложенные методы в числе потенциальных инструментов лесосчетных работ.

**Ключевые слова:** цифровая модель рельефа, высота местности, крутизна склонов, лесорастительные условия

**Финансирование:** работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUR-2022-0009 «Разработка превентивной технологии контроля пожарной опасности лесов с использованием дистанционного зондирования на базе БПЛА»).

**Благодарности:** авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Изучение взаимосвязи между параметрами рельефа местности и условиями произрастания насаждений в Воронежской области / В. А. Славский, Д. А. Литовченко, А. В. Мироненко, Н. Н. Харченко, Е. В. Титов, З. Говедар // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 146–161. – Библиогр.: с. 157–160 (20 назв.) – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/10>.

*Поступила 27.03.2023. Пересмотрена 12.04.2023. Принята 13.04.2023. Опубликовано онлайн 15.05.2023.*

### Article

## Studying the relationship between terrain parameters and growth conditions in the Voronezh region

Vasiliy A. Slavskiy<sup>1</sup>✉, [slavskiyva@yandex.ru](mailto:slavskiyva@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0002-6579-0344>

Darya A. Litovchenko<sup>1</sup>, [timashchuk90@mail.ru](mailto:timashchuk90@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2973-7447>

Aleksey V. Mironenko<sup>1</sup>, [alexeymironenko66@gmail.com](mailto:alexeymironenko66@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0006-4668-8527>

Nikolay N. Kharchenko<sup>1</sup>, [ecology@vgtu.ru](mailto:ecology@vgtu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7645-2642>

Evgeny V. Titov<sup>1</sup>, [lesovod\\_taks@vgtu.ru](mailto:lesovod_taks@vgtu.ru), <https://orcid.org/0009-0003-9564-8183>

Zoran Govedar<sup>2</sup>, [zoran.govedar@sf.unibl.org](mailto:zoran.govedar@sf.unibl.org), <https://orcid.org/0000-0001-9791-4113>

<sup>1</sup>*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation*

<sup>2</sup>*State University in Banja Luka, Petra Bojovik 1A, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina*

### Abstract

Modern research in the forestry industry is increasingly focused on digitalization and remote sensing. One of the promising areas is the formation of a digital terrain model and its subsequent study. In this regard, the purpose of the work is to identify relationships and establish dependencies between the parameters of the relief and forest conditions for the accelerated determination of key forestry and landscape characteristics, incl. using remote methods. The objects of the study were forest plantations located in the Prigorodnoye forestry of the Voronezh region. The formation of a digital terrain model was carried out on the basis of aviation and space monitoring materials using specialized software. In the course of the work, features of the terrain were identified that potentially affect the formation of growing conditions, and tabular analytical materials were compiled that allow taking into account landscape factors on a per-allocation basis. Data on the average slope steepness, slope exposure azimuth and height above sea level of each section in degrees were obtained and their statistical parameters were analyzed. A correlation was established between the forest typological component, which characterizes the moisture content of the soil and the height of the site above sea level (0.23-0.29), as well as the steepness of the slopes (0.30-0.32). The results of the research indicate that such a trend can be traced even with insignificant elevation changes and slope steepness, which are typical for the Prigorodnoye forestry. Wetter soil conditions in the territory of the study region (A3, B3, C3) are located on micro depressions or have groundwater close to the surface. The revealed pattern will make it possible to carry out an accelerated determination of growing conditions by a remote method based on terrain indicators and consider the proposed methods as potential tools for forest accounting.

**Keywords:** *digital elevation model, terrain height, slope steepness, type of forest conditions*

**Funding:** This research was funded the research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme FZUR-2022-0009) "Development of a preventive technology for forest fire hazard control using UAV-based remote sensing".

**Acknowledgments:** The authors thank the referees for their contribution to the peer review of the article.

**Conflict of Interest:** The authors have declared no conflict of interest.

**For citation:** Slavskiy V.A., Litovchenko D.A., Mironenko A.V., Kharchenko N.N., Titov E.V., Govedar Z. (2023) Study of the relationship between the parameters of the terrain and the conditions for the growth of plantings in the Voronezh region. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 146-161 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/10>.

*Received 27.03.2023. Revised 12.04.2023. Accepted 13.04.2023. Published online 15.05.2023.*

## Введение

Одним из перспективных направлений является формирование цифровой модели рельефа местности и его последующее изучение в разрезе лесной типологии, проведения лесочетных работ и дистанционного мониторинга [1, 2]. Современные материалы дистанционного зондирования и алгоритмы их обработки позволяют определить устойчивость природных комплексов по морфометрии рельефа [3].

Тип лесорастительных условий (ТЛУ) является базовым понятием в лесоведении, лесоводстве, инвентаризации лесов, лесной таксации и лесоустройстве. Согласно классификации, предложенной П.С. Погребняком [4] и в дальнейшем получившей широкое распространение в лесном хозяйстве, лесорастительные условия дифференцированы на 4 типа по богатству почвы и на 6 типов по увлажнению [5, 6].

Влияние характеристик поверхности рельефа на структуру и продуктивность лесных ландшафтов с использованием цифрового моделирования рельефа и ГИС-технологий изучалось многими исследователями [7-9]. Цифровая модель рельефа местности необходима не только для идентификации показателей насаждения по снимкам и упрощения их сопоставления с материалами наземной таксации [10]. Привязка к макро- и мезорельефу определяют характер почвенного покрова и условия произрастания, а также состав, структуру и функции лесных ландшафтов [11]. В ряде публикаций представлены результаты исследований, связанных с выявлением и оценкой взаимосвязей морфомет-

рических характеристик рельефа с характеристиками лесов [12, 13].

Известно, что определённые типы леса, как и типы лесорастительных условий очень тесно коррелируют с характеристиками рельефа [4]. Относительно макрорельефа, в Пригородном лесничестве Воронежской области, нагорные дубравы приурочены к высоким берегам рек, пойменные дубравы – к речной пойме, а островные боры приурочены берегам рек, с более бедными песчаными почвами. Однако в пределах выделенных популяций, зачастую наблюдается существенное разнообразие пород [14]. Следует отметить, что причины этого в настоящее время изучены недостаточно подробно.

В связи с этим целью работы является выявление взаимосвязей и установление зависимостей между параметрами рельефа и лесорастительными условиями для ускоренного определения ключевых лесоводственных и ландшафтных характеристик, в т.ч. с применением дистанционных методов.

## Материалы и методы

### *Предмет и объект исследования*

Объектами исследования являлись лесные насаждения, расположенные в Пригородном лесничестве Воронежской области<sup>18</sup>. С учетом неоднородности ландшафта Пригородного лесничества, анализ рельефа проведен в разрезе участковых лесничеств – Правобережного (территории с преобла-

<sup>18</sup>Лесохозяйственный регламент Пригородного лесничества Воронежской области. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550241765> (дата обращения: 04.11.2022).

данием лиственных пород) и Левобережного (территории с преобладанием хвойных пород) (рис. 1).

## Сбор данных

Анализ показателей рельефа проведен для каждой отдельной типологической группы (боры, субори, судубравы, дубравы), выделяемой на основе классификации П.С. Погребняка, с учетом деления лесных условий произрастания насаждений по влажности и плодородию почвы [4, 6].



Рисунок 1. Схема расположения исследуемых объектов на территории Воронежской области  
Figure 1. Scheme of the location of the studied objects on the territory of the Voronezh region

Источник: собственная композиция авторов  
Source: author's composition

В задачи исследования входило сформировать цифровую модель местности (*digital terrain model*, DTM[15]) для оценки категорий земель и определения ключевых параметров рельефа, влияющих на условия произрастания насаждений.

Для анализа крупных территорий предложено построение повыведельной цифровой модели поверхности рельефа местности. Цифровая модель составлена на основе космических снимков SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), которые целесообразно применять для оперативного изучения макро- и мезорельефа на больших территориях[16]

Методика работ по обработке материалов включала в себя следующие этапы:

1) Загрузка и сшивка растровых SRTM-снимков заданной ширины охвата по координатам исследуемых территорий Пригородного лесничества Воронежской области.

2) Создание векторных слоёв границ участков лесничеств, квартальной сети и выделов с формированием атрибутивной таблицы, содержащей повыведельные таксационные характеристики.

3) Создание карт и 3D модели рельефа территории лесничества.

4) Определение параметров рельефа и их статистических характеристик для выделов Пригородного лесничества Воронежской области.

Загрузка SRTM снимков из открытого источника осуществлялась с помощью встроенного модуля QGIS – STRM-downloader 3.1.17. Охват исследуемой территории был задан от 50 до 55 ° северной широты и от 35 до 40 ° восточной долготы.

Работа по оцифровке границ лесничества, квартальной сети и выделов выполнялась в программе QGIS[17]. В качестве основы использовались геопривязанные и сшитые в программе EasyTrase растровые файлы лесоустроительных планшетов, а также таксационные описания выделов Пригородного лесничества. Заполнение атрибутивной таблицы векторных слоёв осуществлялось автоматически с использованием специально разработанного авторского программного обеспечения, позволяющего экспортировать данные из текстового формата таксационных описаний в формат DBF[18].

## Анализ данных

Для анализа полученных результатов применялось лицензионное и авторское программное обеспечение [18]. С помощью программы STATISTICA, версия 13.0 (StatSoft, Россия, <https://statsoft.ru>) проведен статистический последовательный анализ [19] на основе рекомендаций Б.А. Доспехова<sup>19</sup>. Теснота связи между изучаемыми признаками оценивалась по шкале Чеддока [20].

## Результаты и обсуждение

При создании цифровой модели рельефа территории Пригородного лесничества, для каждого участкового лесничества были получены векторные слои. Карты рельефа Пригородного лесничества Воронежской области создавались в про-

<sup>19</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2011; 547 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19517484>

грамме QGIS 3.12. Для растрового слоя SRTM назначался градиент «Spectral», который был инвертирован. Для отображения изолиний применялся растровый инструмент QGIS. Указывался угол отображения, наименование слоя, содержащего данные о высотах над уровнем моря, вертикальный масштаб, разрешение рисунка в пикселях и другие параметры. На рис. 2 показан результат построения 3D модели рельефа местности.

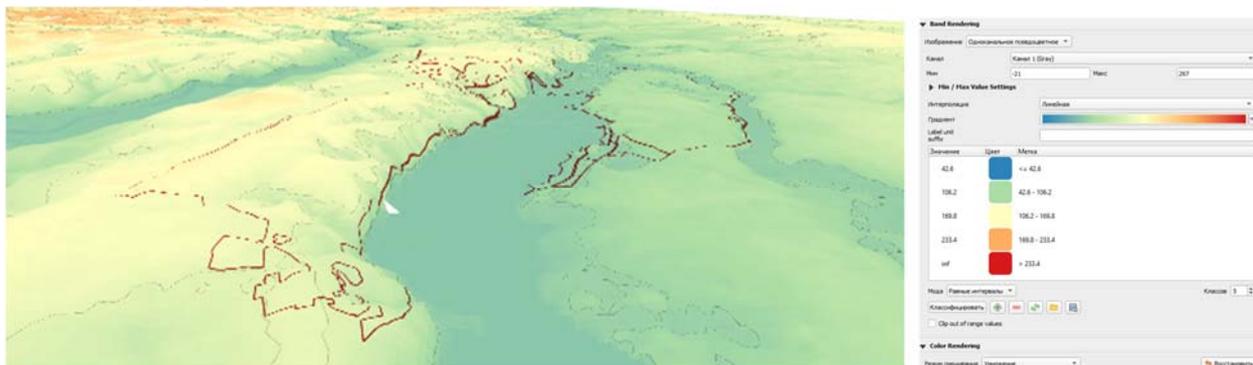


Рисунок 2. Построение 3D модели и поведельной карты рельефа местности

Figure 2. Building a 3D model and a sectional map of the terrain

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

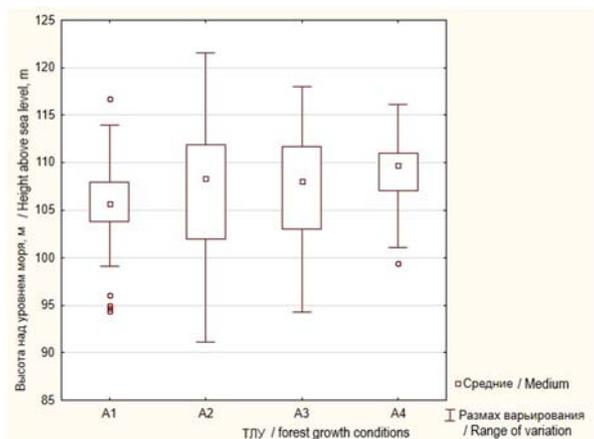


Рисунок 3. Диаграмма варьирования высоты над уровнем моря в борвых условиях (А)

Левобережного участкового лесничества

Figure 3. Diagram of variation in altitude above sea level in pine forest conditions (A)

of the Levoberezhnoye district forestry

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own measurements and calculations

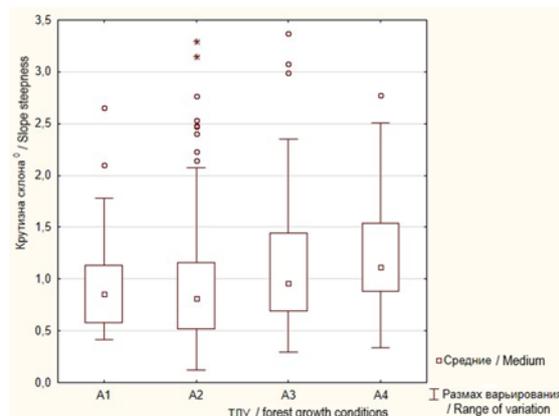


Рисунок 4. Диаграмма варьирования крутизны склона в борвых условиях (А)

Левобережного участкового лесничества

Figure 4. Diagram of variation of slope steepness in pine forest conditions (A)

of the Levoberezhnoye district forestry

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own measurements and calculations

На рис. 3 приведены средние показатели высоты над уровнем моря для ТЛУ А1-А4 Левобе-

режного участкового лесничества. Установлено, что типы лесорастительных условий, характерные для боров, не имеют тесной связи с высотой над уровнем моря – средние значения варьируют от 106 до 109 м н.у.м. и находятся в пределах статистической погрешности.

При установлении связи между встречаемостью разных по влажности почвы боровых условий и крутизной склона выявлено (рис. 4), что для наиболее влажных лесорастительных условий характерно увеличение крутизны склона. Прослеживается следующая тенденция: для А1 – среднее значение  $0,81^\circ$ , А2 –  $0,75^\circ$ , А3 –  $0,93^\circ$ , А4 –  $1,14^\circ$ . Незначительное снижение средней крутизны склона для А2 по сравнению с условиями А1 объясняется очень широкой территорией распространения данного ТЛУ – на графике в большом количестве видны статистические превышения, выходящие за пределы среднего размаха варьирования, выявленного на уровне вероятности события 0,95.

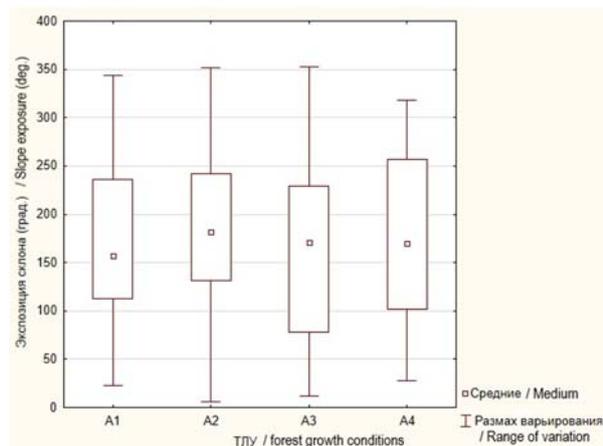


Рисунок 5. Диаграмма варьирования экспозиции склона в боровых условиях (А) Левобережного участкового лесничества

Figure 5. Slope exposure variation diagram in boron conditions (A) of the Levoberezhnoye district forestry

*Источник: собственные вычисления авторов*  
Source: own measurements and calculations

Анализируя средние статистические показатели по параметрам экспозиции склона в борах (А1-А4) выявлено (рис. 5), что наблюдается наибольший размах варьирования в типе лесорастительных условий – свежий бор (А2). Это связано с относительно комфортными условиями произрастания и высокой толерантностью произрастающих

в этих условиях древесных пород. Данный ТЛУ встречается на всей территории Пригородного лесничества без какой-либо привязки к экспозиции склона. Наименьшее варьирование по экспозиции склона наблюдается в сыром бору (А4), что объясняется узкой территориальной зональностью данного ТЛУ, а, следовательно, небольшой территорией встречаемости и специфическим набором растительности. Роль экспозиции склона в пределах рассматриваемых типов лесорастительных условий не имеет статистически значимой связи, полученной при уровне вероятности  $F=0,95$ .

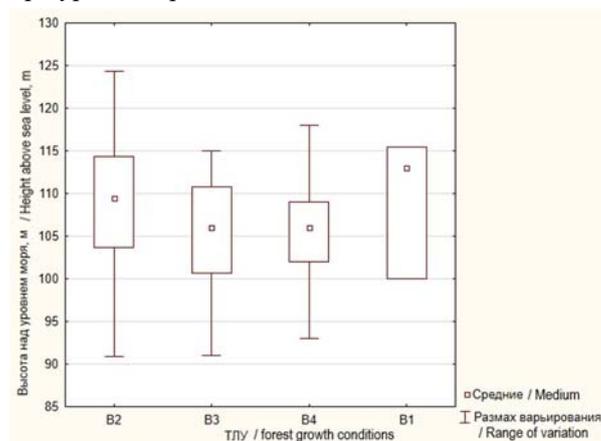


Рисунок 6. Диаграмма варьирования высоты над уровнем моря в суборях (В) на территории Левобережного участкового лесничества

Figure 6. Diagram of variation in height above sea level in suborya (B) on the territory of the Levoberezhnoye district forestry

*Источник: собственные вычисления авторов*  
Source: own measurements and calculations

При анализе встречаемости суборей (В1-В4) и выявления связи с высотой над уровнем моря выявлено, что сухая суборь (В1) имеет смещенный вариационный ряд и чаще всего встречается на микроповышениях. Средние статистические показатели для данного типа лесорастительных условий определены не достоверно из-за недостаточного объема выборки, что не позволяет использовать его для дальнейшего анализа.

Свежая суборь (В2) варьирует в большом диапазоне высот над уровнем моря от 91 до 124 м, т.к. встречается повсеместно и характеризуется наибольшим биоразнообразием. Средние значения высот над уровнем моря влажной (В3) и сырой (В4)

суборей сопоставимы друг с другом – около 106 м, но при этом условия В4 сосредоточены в достаточно узком высотном диапазоне – 68% территории находится на высоте от 102 до 108 м н.у.м.

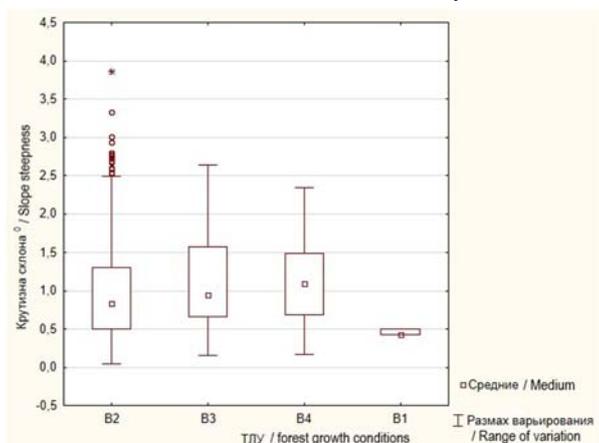


Рисунок 7. Диаграмма варьирования крутизны склона в суборях (В) на территории Левобережного участкового лесничества

Figure 7. Diagram of variation of the steepness of the slope in the subores (B) on the territory of the Levoberezhnoye district forestry

Источник: собственные вычисления авторов  
Source: own measurements and calculations

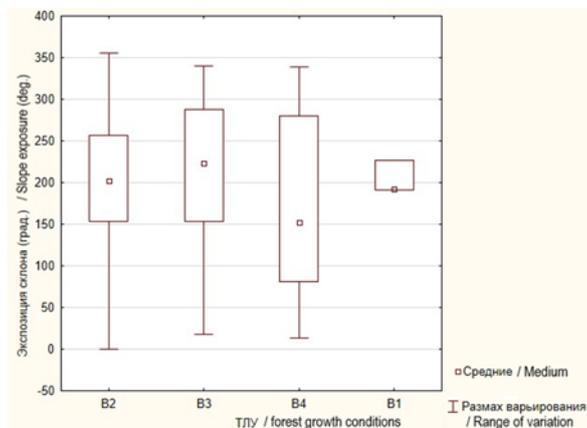


Рисунок 8. Диаграмма варьирования экспозиции склона в суборях (В) на территории Левобережного участкового лесничества

Figure 8. Diagram of variation of slope exposure in subores (B) on the territory of the Levoberezhnoye district forestry

Источник: собственные вычисления авторов  
Source: own measurements and calculations

При оценке связи между типом лесорастительных условий (суборь) и экспозицией склона

(рисунок 8) выявлено следующее: для В1 – среднее значение  $190^\circ$ , для В2 –  $200^\circ$ , для В3 –  $225^\circ$ , для В4 –  $150^\circ$ . Закономерно, что при увеличении влажности условий местопроизрастания средние значения крутизны склона увеличиваются, что особенно заметно в сырых суборях (В4). Наибольшее варьирование по экспозиции склона наблюдается в свежем бору, что объясняется очень широкой территорией его распространения в Левобережном участковом лесничестве. Связи экспозиции склона и рассматриваемых типов лесорастительных условий в пределах Пригородного лесничества не установлено.

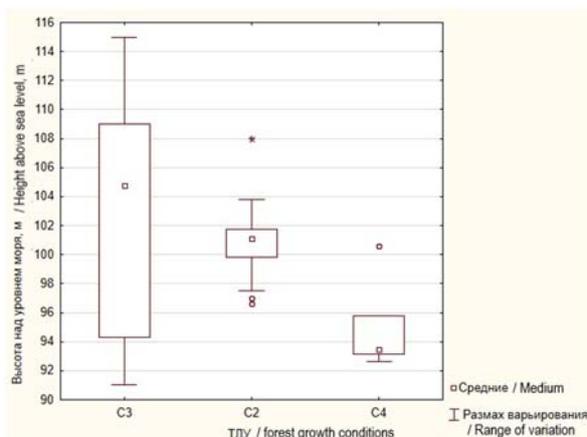


Рисунок 9. Диаграмма варьирования высоты над уровнем моря в судубравах (С) на территории Левобережного участкового лесничества

Figure 9. Diagram of variation in height above sea level in sudubraves (C) on the territory of the Levoberezhnoye district forestry

Источник: собственные вычисления авторов  
Source: own measurements and calculations

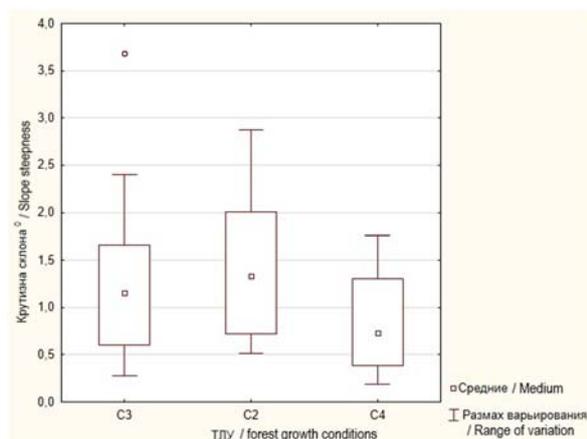


Рисунок 10. Диаграмма варьирования крутизны склона в судубравах (С) на территории Левобережного участкового лесничества

Figure 10. Diagram of variation of slope steepness in sudubraves (C) on the territory of the Levoberezhnoye district forestry

*Источник: собственные вычисления авторов*

*Source: own measurements and calculations*

При анализе рис. 9 выявлено, что с увеличением высоты над уровнем моря границы между свежей и сырой судубравами сводятся к нулю. Среднее значение для C2 – 101м, для C4 – 93м.

Диаграмма варьирования крутизны склона по судубравам (рисунок 10) показывает, что наименьшая средняя величина характерна для сырой субдубравы (0,6°), т.к. сырая судубрава (C4) в основном встречается в низинах и не имеет резких перепадов рельефа. Наибольший размах варьирования и более высокие средние значения крутизна склона приобретает в свежих судубравах (C2). Это связано как с наибольшей территориальной встречаемостью, так и с наиболее богатым видовым разнообразием данного ТЛУ. Прослеживается следующая тенденция: для C2 – среднее значение 1,4°, C3 – 1,1°, C4 – 0,6°.

Сухие лесорастительные условия характеризуются небольшим диапазоном высот над уровнем моря, что является очевидным в разрезе их встречаемости. Наибольший размах варьирования по крутизне склона наблюдается в свежих и сырых борах (A2, A3). Но при этом сырая дубрава и болота также встречаются при крутизне склона в диапазоне от 0,1 до 4,4°. Обобщив результаты, можно сделать вывод о практически полном отсутствии влияния экспозиции склонов на разновидность ТЛУ в Левобережном участковом лесничестве. Крутизна склона и высота над уровнем моря имеют слабую корреляционную связь с принадлежностью территории к лесорастительным условиям, однако эта связь прослеживается повсеместно.

Средние статистические показатели, характеризующие компоненты рельефа и корреляционная связь между ними приведена в табл. 1.

Таблица 1

Корреляционная матрица ТЛУ, характерных для сосновых насаждений и показателей рельефа в Левобережном участковом лесничестве

Table 1

Correlation matrix of FGC characteristic for pine plantations and relief indicators in the Levoberezhnoye district forestry

Переменная   variable	Статист. показатели   statistics		Коэффициент корреляции   correlation coefficient			
	среднее значение   average value	основное отклонение   deviation	ТЛУ   FGC	высота над уровнем моря, м   height above sea level, m	крутизна склона   slope steepness (deg.)	экспозиция склона, град.   slope exposure (deg.)
ТЛУ   FGC (A1-A4)			1,000	0,226	0,295	0,051
Высота над уровнем моря, м   height above sea level, m	98,95	4,43	0,226	1,000	0,345	-0,119
Крутизна склона, град.   slope steepness(deg.)	1,167	0,635	0,295	0,345	1,000	0,322
Экспозиция склона, град.   slope exposure (deg.)	206,83	83,73	0,051	-0,119	0,322	1,000

*Источник: собственные измерения и вычисления авторов*  
*Source: own measurements and calculations*

В сосновых насаждениях, расположенных на территории Левобережного участкового лесничества, выявлена наибольшая теснота связи между типами лесорастительных условий и крутизной склона (около 0,3). Корреляция между ТЛУ и экспозицией склона не выявлена. Взаимосвязи влажности почвы в сосновых борах и суббоях высотой над уровнем моря в Левобережном участковом лесничестве приведены на рис. 11 и 12.

Следует отметить, что несмотря на несущественные абсолютные перепады высот на территории Левобережного участкового лесничества, мезорельеф позволяет провести дифференциацию лесорастительных условий по влажности почвы – боровой ряд сосновых насаждений зачастую «привязан» к положению в рельефе: А1 (сухой бор) – вершины холмов; А2 (свежий бор) – склоны холмов; А3 (влажный бор) и А4 – нижние части склонов, основания холмов.

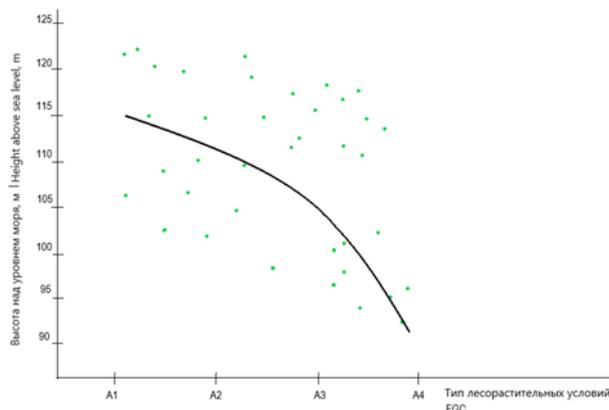


Рисунок 11. Взаимосвязи влажности почвы в сосновых борах (А) и высотой над уровнем моря в Левобережном участковом лесничестве  
 Figure 11. Dependence of soil moisture in pine forests (A) and height above sea level in the Levoberezhnoye district forestry

*Источник: собственная композиция авторов*  
*Source: author's composition*

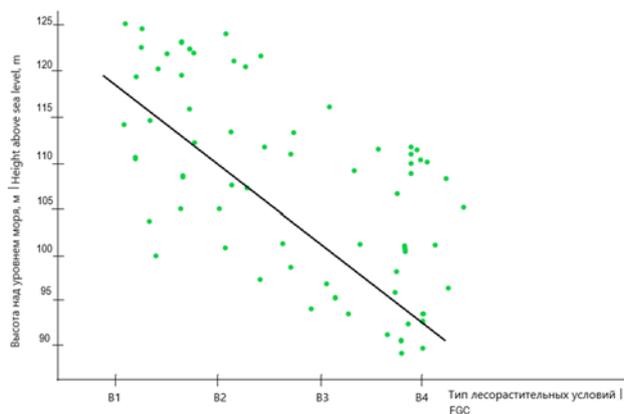


Рисунок 12. Взаимосвязи влажности почвы в основных суборах (В) и высотой над уровнем моря в Левобережном участковом лесничестве  
Figure 12. Dependence of soil moisture in pine suboria (В) and height above sea level in the Levoberezhnoye district forestry

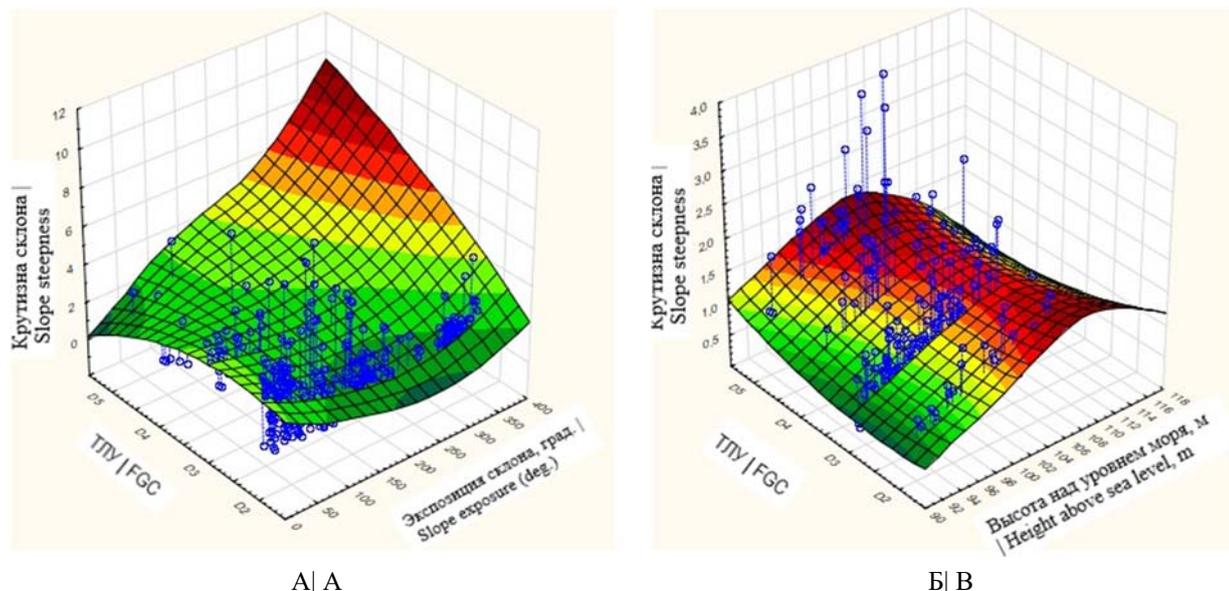
*Источник: собственная композиция авторов*  
*Source: author's composition*

На диаграммах (рис. 11 и 12) показано, что наблюдается слабая (иногда умеренная) теснота связи между высотой над уровнем моря и типами лесорастительных условий – от 0,22 до 0,34. Данная зависимость прослеживается, несмотря на минимальные высотные перепады, что является основанием для полноценного использования полученных закономерностей на более рельефных территориях. Подобная тенденция сохраняется как в борах, так и суборах. Выявленная закономерность позволит осуществить ускоренное определение условий

произрастания дистанционным способом на основе показателей рельефа местности и рассматривать предложенные методы в числе потенциальных инструментов лесоучетных работ. При этом требуется дополнительная апробация результатов исследований и формирование обширной базы данных.

В Правобережном участковом лесничестве преобладают дубравы, а сама территория находится на больших относительных высотах, в связи с чем характеристики рельефа и лесорастительных условий проанализированы отдельно. Повсеместно наблюдается неравномерность высот над уровнем моря, крутизны и экспозиции склона в разрезе типов лесорастительных условий. Наибольший размах варьирования выявлен в свежей судубраве (С2) по крутизне склона (до 12,8°) и экспозицией склона (до 359°). Сырые условия влажности почвы отличаются небольшим варьированием по крутизне склона и высотой над уровнем моря. Болотистые участки (сырые типы лесорастительных условий) характеризуются небольшим варьированием по экспозиции склона. Следует отметить, что свежие лесорастительные условия (А2, В2, С2 и Д2) могут быть расположены на максимальной высоте н.у.м. Сырые условия (С4 и Д4/Д5) располагаются в низинах и микропонижениях, что обуславливает меньшую высоту н.у.м.

Статистические показатели, характеризующие компоненты рельефа отражены на рисунке 13, а корреляционная связь между ними и влажностью почвы в дубравах приведена в табл. 2.



А| А

Б| В

Рисунок 13. Сплайн влажности почвы в дубравах и крутизна склона с экспозицией склона (А) и высотой над уровнем моря (Б)

Figure 13. Spline of soil moisture in oak forests and slope steepness with slope exposure (A) and height above sea level (B)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Таблица 2

Корреляционная матрица ТЛУ, характерных для дубовых насаждений и показателей рельефа в Правобережном участковом лесничестве

Table 2

Correlation matrix of FGC characteristic for oak plantations and relief indicators in Pravoberezhny district forestry

Переменная   variable	Статистические показатели   statistics		Коэффициент корреляции   correlation coefficient			
	среднее значение   average value	основное отклонение   deviation	ТЛУ   FGC	высота над уровнем моря, м   height above sea level, m	крутизна склона   slope steepness (deg.)	экспозиция склона, град.   slope exposure (deg.)
ТЛУ   FGC (Д2-Д5)			1,000	0,286	0,191	0,329
Высота над уровнем моря, м   height above sea level, m	147,95	18,43	0,286	1,000	-0,621	0,374
Крутизна склона, град.   slope steepness (deg.)	2,32	1,61	0,191	-0,621	1,000	-0,214
Экспозиция склона, град.   slope exposure (deg.)	142,86	95,52	0,329	0,374	-0,214	1,000

Источник: собственные измерения и вычисления авторов

Source: own measurements and calculations

Теснота связи, установленная между крутизной склона и типом лесорастительных условий, составила 0,19. Посредственное влияние данного показателя рельефа на влажность почвы в дубравах Правобережного участкового лесничества объясняется относительно ровной поверхностью исследуемой территории – крутизна склонов не превышает 5 град. Корреляция между ТЛУ и экспозицией склона

составила 0,32, при среднем показателе 142 град. Следовательно, дубравы преимущественно произрастают на ЮВ и Ю склонах.

**Заключение**

Мезорельеф позволяет провести более детальную дифференциацию – боровой ряд сосны по увлажнению зачастую «привязан» к положению в

рельефе: А<sub>1</sub> (сухой бор) – вершины холмов (тип леса – сосняк злаково-лишайниковый); А<sub>2</sub> (свежий бор) – склоны холмов (тип леса – сосняк травяной); А<sub>3</sub> (влажный бор) – нижние части склонов, основания холмов (тип леса – сосняк мшистый). Такая же закономерность характерна и для других типов леса, расположенных в сухих условиях. Результаты исследований свидетельствуют о том, что подобная тенденция прослеживается даже при несущественных перепадах высот и крутизне склонов, характерных для Пригородного лесничества.

В наших исследованиях подтверждена закономерность, при которой отмечается динамика месторасположения относительно рельефа в связи с условиями произрастания – в сухих типах лесорас-

тительных условий (А<sub>1</sub>, В<sub>1</sub>) выявлена максимальная высота над уровнем моря. В свежих лесорастительных условиях (А<sub>2</sub>, В<sub>2</sub>, С<sub>2</sub>) наблюдается аналогичная зависимость и расположение лесных участков. Выявлено, что более влажные почвенные условия на территории исследуемого региона (А<sub>3</sub>, В<sub>3</sub>, С<sub>3</sub>) расположены на микропонижениях или имеют близкое к поверхности залегание грунтовых вод.

Выявленная закономерность позволит осуществить ускоренное определение условий произрастания дистанционным способом на основе показателей рельефа местности и рассматривать предложенные методы в числе потенциальных инструментов лесоучетных работ.

### Список литературы

1. Сахабиев И. А., Рязанов С. С., Кольцова Т. Г., Григорьян Б. Р. Выбор метода геостатистической интерполяции свойств почв государственных сортоиспытательных участков при использовании параметров цифровой модели рельефа. Почвоведение, 2018. № 3, с. 259–273. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X18030012>.
2. Socha J., Pierzchalski M., Bałazy R., Ciesielski M., Modelling top height growth and site index using repeated laser scanning data. Forest Ecology and Management, 2017, Vol. 406, pp. 307–317. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.039>.
3. Верозуб Н.В., Проскурин В.С., Махмудов Р.К. Методика определения ландшафтного потенциала для развития рекреационного природопользования (на примере городского округа города-курорта Кисловодска) Геоинформационное и картографическое обеспечение экологических, экономических и социальных аспектов устойчивого развития территорий, 2020. С. 126-140. DOI: <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-1-27-126-140>.
4. Slavskiy V., Litovchenko D., Matveev S., Sheshnitsan S., Larionov M. Assessment of Biological and Environmental Factors Influence on Fire Hazard in Pine Forests: A Case Study in Central Forest-Steppe of the East European Plain. Land. 2023, 12, 103. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12010103>.
5. Мигунова Е.С. Лесная типология Г.Ф. Морозова – А.А. Крюденера – П.С. Погребняка – теоретическая основа лесоводства // Лесной вестник. -2017. - Т. 21. - № 5. - С. 52-63. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2017-5-52-63>.
6. Мигунова, Е. С. Лесная типология и ботаника. Экологическая оценка факторов природной среды / Е.С. Мигунова // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2020. – Т. 24, № 4. – С. 65-81. – DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-4-65-81>.
7. Magruder L., Neuenschwander A., Klotz B. Digital terrain model elevation corrections using space-based imagery and ICESat-2 laser altimetry. Remote Sensing of Environment. 2021; 264: 112621. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112621>.
8. Meixner J., Grimmer J. C., Becker A., Schille E., Kohl T. Comparison of different digital elevation models and satellite imagery for lineament analysis: Implications for identification and spatial arrangement of fault zones in crystalline basement rocks of the southern Black Forest (Germany). Journal of Structural Geology. 2018; 108: 256-268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2017.11.006>.
9. Черниковский Д.М. Оценка связей морфометрических характеристик рельефа с количественными и качественными характеристиками лесов на основе цифровых моделей рельефа ASTER и SRTM // Сибирский лесной журнал, 2017. - № 3. – С. 28–39. DOI: <https://doi.org/10.15372/SJFS20170303>.

10. Алексеев А.С., Черниховский Д.М. Анализ связей структуры и продуктивности лесов с морфометрическими характеристиками рельефа на примере ландшафтов Ленинградской области // Лесоведение. 2020. - № 2. –С. 99-114. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0024114820020035>.
11. Jucker T., Bongalov B., Burslem D., Nilus R., Dalponte M., Lewis S., Phillips O., Qie L., Coomes D. Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes // Ecology Letters. 2018. V. 21. P. 989–1000. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12964>
12. Сочилова Е.Н., Сурков Н.В., Ершов Д.В., Егоров В.А., Барталев С.С., Барталев С.А. Картографирование классов бонитета лесов Приморского края на основе спутниковых изображений и данных о характеристиках рельефа // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. №5. С. 96–109. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2018-15-5-96-109>.
13. Черниховский Д.М. Использование автоматической классификации рельефа Ивахаши и Пайка для оценки количественных и качественных характеристик лесов на основе моделей высот рельефа и поверхности // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 223. С. 100–126. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2018.223.100-126>.
14. Славский В.А., Матвеев С.М. Некоторые аспекты закладки пробных площадей при проведении Государственной инвентаризации лесов // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. - № 1 (41). - С. 56-63. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5>.
15. Hojo, A. Synthesis of L-Band SAR and forest heights derived from TanDEM-X DEM and 3 digital terrain models for biomass mapping / A. Hojo, K. Takagi, R. Avtar et al. Remote Sensing. 2020; 12 (3): 349. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12030349>.
16. Maltamo M., Rätty J., Korhonen L., Kotivuori E., Kukkonen M., Peltola H., Kangas J., Packalen P. Prediction of forest canopy fuel parameters in managed boreal forests using multispectral and unispectral airborne laser scanning data and aerial images // Eur. J. Remote Sens – 2020. – P.25-28. <https://doi.org/10.1080/22797254.2020.1816142>
17. Hernández, O. and Peralta, T. Functional Relationships of a Geospatial System for Reforestation of a Territory Using Geographic Information Systems. OpenAccessLibraryJournal. 2019; 6: 1-5. DOI: <https://doi.org/10.4236/oalib.1105193>.
18. Мироненко А. В., Матвеев С. М., Славский В. А., Водолажский А. Н. Программа для актуализации характеристик лесного фонда лесничеств на основе обработки сведений о проведенных лесохозяйственных мероприятиях // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022681571, 15.11.2022. Заявка № 2022681568 от 15.11.2022. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49780884>.
19. Шевелина И. В., Нуриев Д. Н. Статистическая обработка лесоводственно-таксационной информации в среде STATISTICA. Екатеринбург: УГЛТУ, 2022. – 112 с. ISBN 978-5-94984-840-1. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49911777>.
20. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbayeva B.A., Kentbayev Y.Zh., Mamonov E.I., Zapolnov V.E. Growth of seedlings of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana*) in the conditions of introduction to the Nizhny Novgorod region. Izvestia SPbLTA. 2022; 238: 67-87. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.238.67-87>.

### References

1. Sakhbiyev I. A., Ryazanov S. S., Kol'tsova T. G., Grigor'yan B. R. Vybor metoda geostatisticheskoy interpolyatsii svoystv pochv gosudarstvennykh sortoispytatel'nykh uchastkov pri ispol'zovanii parametrov tsifrovoy modeli rel'yefa [Choice of the method of geostatistical interpolation of soil properties of state variety-testing plots using the parameters of a digital elevation model]. Pochvovedeniye, 2018, № 3, s. 259–273. (in Russian). DOI: 10.7868/S0032180X18030012
2. Socha J., Pierzchalski M., Bałazy R., Ciesielski M., Modelling top height growth and site index using repeated laser scanning data. Forest Ecology and Management, 2017, Vol. 406, pp. 307–317. DOI:10.1016/j.foreco.2017.09.039

3. Verozub N.V., Proskurin V.S., Makhmudov R.K. Metodika opredeleniya landshaftnogo potentsiala dlya razvitiya rekreatsionnogo prirodopol'zovaniya (na primere gorodskogo okruga goroda-kurorta Kislovodsk) [Methodology for determining the landscape potential for the development of recreational nature management (on the example of the urban district of the resort city of Kislovodsk)] *Geoinformatsionnoye i kartograficheskoye obespecheniye ekologicheskikh, ekonomicheskikh i sotsial'nykh aspektov ustoychivogo razvitiya territoriy*, 2020 s. 126-140. (in Russian).DOI:10.35595/2414-9179-2021-1-27-126-140
4. Slavskiy V., Litovchenko D., Matveev S., Sheshnitsan S., Larionov M. Assessment of Biological and Environmental Factors Influence on Fire Hazard in Pine Forests: A Case Study in Central Forest-Steppe of the East European Plain Land 2023, 12, 103. <https://doi.org/10.3390/land12010103>
5. Migunova E.S. Lesnaya tipologiya G.F. Morozova – A.A. Kryudenera – P.S. Pogrebnyaka – teoreticheskaya osnova lesovodstva [Forest typology G.F. Morozov - A.A. Krudener - P.S. Pogrebnyak - the theoretical basis of forestry] // *Lesnoy vestnik. [Forest Bulletin]*. – 2017. - T. 21. - № 5. - S. 52-63. (in Russian).DOI: 10.18698/2542-1468-2017-5-52-63
6. Migunova E.S. Lesnaya tipologiya i botanika. Ekologicheskaya ocenka faktorov prirodnoy sredy [Forest typology and botany. Ecological assessment of environmental factors] // *Lesnoy vestnik. [Forestry Bulletin]* –2020. – Vol. 24, no. 4. – pp. 65-81. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-4-65-81> (in Russian).
7. Magruder L., Neuenschwander A., Klotz B. Digital terrain model elevation corrections using space-based imagery and ICESat-2 laser altimetry / *Remote Sensing of Environment*. – V. 264, Oct. 2021, 112621. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112621>
8. Meixner J., Grimmer J.C., Becker A., Schill E., Kohl T. Comparison of different digital elevation models and satellite imagery for lineament analysis: Implications for identification and spatial arrangement of fault zones in crystalline basement rocks of the southern Black Forest (Germany) / *Journal of Structural Geology*. – V. 108, March 2018. – P. 256-268. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2017.11.006>
9. Chernikhovskiy D.M. Otsenka svyazey morfometricheskikh kharakteristik rel'yefa s kolichestvennymi i kachestvennymi kharakteristikami lesov na osnove tsifrovyykh modeley rel'yefa ASTER i SRTM [Evaluation of the relationship between the morphometric characteristics of the relief and the quantitative and qualitative characteristics of forests based on digital elevation models ASTER and SRTM] // *Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forest Journal]*, 2017. - № 3. – S. 28–39. (in Russian).DOI: 10.15372/SJFS20170303
10. Alekseyev A.S., Chernikhovskiy D.M. Analiz svyazey struktury i produktivnosti lesov s morfometricheskimi kharakteristikami rel'yefa na primere landshaftov Leningradskoy oblasti [Analysis of the links between the structure and productivity of forests and morphometric characteristics of the relief on the example of the landscapes of the Leningrad Region] // *Lesovedeniye [Forestry]*. 2020. - № 2. –S. 99-114.(in Russian). DOI: 10.31857/S00241148200200355.
11. Jucker T., Bongalov B., Burslem D., Nilus R., Dalponte M., Lewis S., Phillips O., Qie L., Coomes D. Topography shapes the structure, composition and function of tropical forest landscapes // *Ecology Letters*. 2018. V. 21. P. 989–1000. <https://doi.org/10.1111/ele.12964>
12. Sochilova Ye. N., Surkov N. V., Yershov D. V., Yegorov V. A., Bartalev S.S., Bartalev S. A. Kartografirovaniye klassov boniteta lesov Primorskogo kraja na osnove sputnikovykh izobrazheniy i dannykh o kharakteristikakh rel'yefa [Mapping of forest quality classes of Primorsky Krai based on satellite images and data on the characteristics of the relief] / *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. T. 15. №5. S. 96–109. (in Russian).DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-5-96-109
13. Chernikhovskiy D.M. Ispol'zovaniye avtomaticheskoy klassifikatsii rel'yefa Ivakhashi i Payka dlya otsenki kolichestvennykh i kachestvennykh kharakteristik lesov na osnove modeley vysot rel'yefa i poverkhnosti [The use of automatic relief classification by Iwahashi and Paik to assess the quantitative and qualitative characteristics of forests based on models of relief and surface heights] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*. 2018. Vyp. 223. S. 100–126. (in Russian). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.100-126

14. Slavskiy V.A., Matveyev S.M. Nekotoryye aspekty zakladki probnykh ploshchadey pri provedenii Gosudarstvennoy inventarizatsii lesov. [Some Aspects of Establishing Trial Plots During the State Forest Inventory]-Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry Engineering journal], 2021. - T. 11. - № 1 (41). - S. 56-63. (in Russian). DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5
15. Hojo, A. Synthesis of L-Band SAR and forest heights derived from TanDEM-X DEM and 3 digital terrain models for biomass mapping / A. Hojo, K. Takagi, R. Avtar et al. Remote Sensing. 2020; 12 (3): 349. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12030349>.
16. Maltamo M., Rätty J., Korhonen L., Kotivuori E., Kukkonen M., Peltola H., Kangas J., Packalen P. Prediction of forest canopy fuel parameters in managed boreal forests using multispectral and unispectral airborne laser scanning data and aerial images // Eur. J. Remote Sens – 2020. – P.25-28. <https://doi.org/10.1080/22797254.2020.1816142>
17. Hernández, O. and Peralta, T. Functional Relationships of a Geospatial System for Reforestation of a Territory Using Geographic Information Systems. Open Access Library Journal (2019), 6, 1-5. doi: 10.4236/oalib.1105193.
18. Mironenko A. V., Matveev S. M., Slavskiy V. A., Vodolazhskiy A. N. Programma dlya aktualizatsii kharakteristik lesnogo fonda lesnichestv na osnove obrabotki svedeniy o provedennykh lesokhozyaystvennykh mero-priyatiyakh [A program for updating the characteristics of the forest fund of forestries based on the processing of information about the forestry activities carried out] // Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM [Certificate of registration of the computer program] 2022681571, 15.11.2022. Zayavka № 2022681568 ot 15.11.2022. (in Russian). Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49780884>
19. Shevelina I. V., Nureyev D. N. Statisticheskaya obrabotka lesovodstvenno-taksatsionnoy informatsii v srede STATISTICA [Statistical processing of forestry and taxation information in the STATISTICA environment]. Yekaterinburg: UGLTU, 2022. - 112 p. ISBN 978-5-94984-840-1 Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49911777>
20. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbayeva B.A., Kentbayev Y.Zh., Mamonov E.I., Zapolnov V.E. Growth of seedlings of Schrenk spruce (*Picea schrenkiana*) in the conditions of introduction to the Nizhny Novgorod region. Izvestia SPbLTA. 2022; 238: 67-87. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.238.67-87>(in Russian).

### Сведения об авторах

✉ *Славский Василий Александрович* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация; 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6579-0344>; e-mail: [slavskiyva@yandex.ru](mailto:slavskiyva@yandex.ru)

*Литовченко Дарья Андреевна* – кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087; e-mail: [timashchuk90@mail.ru](mailto:timashchuk90@mail.ru)

*Мироненко Алексей Викторович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087; e-mail: [alexeymironenko66@gmail.com](mailto:alexeymironenko66@gmail.com)

*Харченко Николай Николаевич* - доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: [forest.vrn@gmail.com](mailto:forest.vrn@gmail.com)

*Титов Евгений Васильевич* – профессор кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор сельскохозяйственных наук, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: lesovod\_taks@vgltu.ru

*Зоран Говедар* – профессор Факультета лесного хозяйства Университета Банья Лука, доктор наук, Банья Лука, Босния и Герцеговина, e-mail: zoran.govedar@sf.unibl.org

### Information about the authors

✉ *Vasily A. Slavskiy* – DSc (Agricultural Sciences), Professor of the Department of Forestry, Forest Taxation and Forest Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8 Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6579-0344>, e-mail: slavskiyva@yandex.ru

*Darya A. Litovchenko* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry, Forest Taxation and Forest Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: timashchuk90@mail.ru;

*Aleksey V. Mironenko* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry, Forest Taxation and Forest Management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: alexeymironenko66@gmail.com;

*Nikolay N. Kharchenko* – Dr. Sci. (Bio.), Professor, Head of the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: forest.vrn@gmail.com;

*Evgeny V. Titov* – Professor of forestry, forest taxation and forest management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, DSc (Agricultural sciences), Voronezh, Russian Federation; 394087, e-mail: lesovod\_taks@vgltu.ru

*Zoran Govedar* – Doctor of Forestry Sciences, Full professor, Correspondence member of Academy of Science and Arts of the Republic of Srpska, Department of Silviculture, Faculty of Forestry Banja Luka, Academy of Science and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Republic of Srpska/Bosnia and Herzegovina, e-mail: zoran.govedar@sf.unibl.org

✉ Для контактов/Corresponding author