

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2022. № 4(69). С. 125–132.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2022;4(69):125–132.

Научная статья

УДК 630

doi: 10.34655/bgsha.2022.69.4.016

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОВ ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ОЗЕРУ ТАЛКАС, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Георгий Евгеньевич Одинцов<sup>1</sup>, Рида Разябовна Султанова<sup>2</sup>,  
Мария Викторовна Мартынова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

odintsov94@inbox.ru

vestnik-bsau@mail.ru

maarusssia@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается оценка состояния защитных лесов, прилегающих к озеру Талкас, за 30-летний период. Для решения данного вопроса были использованы актуальные достижения в области применения данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий. Задействование разновременных космических снимков со спутников Landsat и индекса NDVI предоставляет возможность проследить за тем как изменялось состояние изучаемых лесных насаждений за этот промежуток времени. Для проведения расчёта индекса NDVI в различные годы были использованы июньские и июльские снимки, так как в эти месяцы у деревьев наблюдается максимальная фотосинтетическая активность. Было установлено, что в 1986 году индекс находился в диапазоне от 0,05 до 0,74, а в 2020 году от -0,07 до 0,58. На заложенных пробных площадях были проведены натурные обследования по установлению санитарного состояния древостоев. На них с помощью навигатора Garmin GPSMAP 78S были отсняты координаты точек для оценки корреляции между данными дистанционного зондирования и собранными полевыми материалами, а также для оценки изменения индекса NDVI за 30 лет. Коэффициент корреляции продемонстрировал сильную связь между переменными, что говорит о том, что использование данных ДЗЗ при проведении оценки состояния насаждения является верным шагом. Точность опыта для обоих временных отрезков находилась в пределах 1%. Прибегнув к широкому инструментарию программного продукта QGis, весь исследуемый участок был распределён по классам индекса растительности. Таким образом, были установлены территории, где индекс претерпел как наибольшее, так и наименьшее изменение.

**Ключевые слова:** защитные леса, оценка состояния, дистанционное зондирование, спутниковый снимок, спутник Landsat, индекс NDVI.

**Благодарности:** Исследование выполнено в рамках программы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «ПРИОРИТЕТ 2030» (Национальный проект «Наука и университет»).

Original article

## ASSESSMENT OF THE STATE OF PROTECTIVE FORESTS GROWING ON THE TERRITORY ADJACENT TO LAKE TALKAS USING REMOTE SENSING DATA

George E. Odintsov<sup>1</sup>, Rida R. Sultanova<sup>2</sup>, Mariya V. Martynova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

odintsov94@inbox.ru

vestnik-bsau@mail.ru

maaarussia@mail.ru

**Abstract.** *The article deals with the state assessment of protective forests adjacent to Lake Talkas over a 30-year period. To study this issue, the current achievements in the field of application of Earth remote sensing data and GIS technologies were used. The use of satellite images from Landsat satellites and the NDVI index made at different times provides an opportunity to track how the state of the studied forest stands has changed over the given period of time. June and July images were used to calculate the NDVI index in different years, as during these months the trees have maximum photosynthetic activity. It was found that in 1986 the index was in the range from 0.05 to 0.74, and in 2020 from -0.07 to 0.58. On the established test plots, full-scale surveys were carried out to find out the sanitary state of forest stands. On these plots, using the Garmin GPSMAP 78S navigator, the coordinates of the points were taken to assess the correlation between remote sensing data and the collected field materials, as well as to assess the change in the NDVI index over 30 years. The correlation coefficient showed a strong relationship between the variables, which suggests the use of remote sensing data in assessing the state of the stand is the right step. The accuracy of the experiment for both time periods was within 1%. Using a wide range of QGIS software tools, the entire study area was divided into vegetation index classes. Thus, the territories were identified where the index underwent both the largest and the smallest changes.*

**Keywords:** protective forests, state assessment, remote sensing, satellite image, Landsat satellite, NDVI index.

**Acknowledgments:** This study was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation «PRIORITY 2030» (National Project «Science and University»)

**Введение.** На сегодняшний день площадь лесных насаждений постепенно сокращается ввиду расширения городских, промышленных земель и деградации лесов, вызванной деятельностью человека [1, 2]. Немаловажную роль в этом также играют и природные факторы. В частности, изменения климата являются основополагающей причиной возможных трансформаций в лесах, экологическое равновесие которых хрупко и уязвимо для подобных перемен. Gaire N.P., Koirala M., Bhuju D.R., Carrer M. [3] при оценке состояния насаждений получили подобные результаты, указывая на влияние не только антропогенных факторов, но и суровых условий окружающей среды.

При анализе состояния природной среды необходим всесторонний анализ

насаждений, что позволит сохранить количественный и качественный состав, предотвратить дигрессионные процессы. Важной проблемой в данном вопросе является непрерывность мониторинга за состоянием насаждений [4], в том числе с использованием данных, получаемых со спутников [5, 6, 7, 8].

В литературе имеется значительное количество работ, посвященных национальной инвентаризации лесов, сбора конкретных полевых данных или исследований по денежной оценке накопления и секвестрации углерода в лесах с использованием спутниковых продуктов [9, 10]. Высокая доступность данных Landsat и Sentinel-2 делают их привлекательными для картирования характеристик лесов в местном, региональном или даже гло-

бальном масштабах. Высокое спектральное разрешение гиперспектральных датчиков является ключевым для обнаружения особенностей поглощения, характерных для соответствующих видам признаков полого, таких как пигменты листьев, содержание питательных веществ и воды, а также площадь листьев [11]. Поэтому представляется логичным, что гиперспектральные данные могут улучшить мониторинг и прогнозирование состояния лесных экосистем. Использование индекса NDVI имеет потенциал для понимания изменчивости биомассы посредством установления взаимосвязей с биофизическими параметрами леса, включая высоту, санитарное состояние, густоту кроны, густоту деревьев [12].

Вольтер и др. [13] обнаружили, что NDVI является одной из наиболее важных прогностических переменных в PLSR при оценке древесного покрова в бореальных лесах. В Канаде была изучена взаимосвязь между данными дистанционного зондирования с использованием нормализованного разностного индекса растительности (NDVI) и состоянием насаждений в северных горах на юго-западе Юкона. Исследование, проведенное в регионе тропических лесов, расположенном в штате Пара, Бразилия, было направлено на картографирование и мониторинг изменений лесов с 2000 по 2019 год. Полученные результаты продемонстрировали, что сочетание спутниковых наблюдений и обработки данных способствует анализу динамики лесов и может предоставить полезную информацию для решения в них лесоводственных задач [14]. Наши исследования подтверждают эффективность использования спутниковых данных при определении состояния насаждений и дальнейшем проектировании лесохозяйственных мероприятий.

**Цель исследования** – оценка состояния защитных лесов с использованием снимков различных временных периодов со спутников Landsat и натурных обследований.

**Объекты и методика исследования.** Объект исследования – защитные

леса Баймакского лесничества, прилегающие к озеру Талкас и относящиеся к лесам, расположенным на особо охраняемых природных территориях. Из 5,7 млн га лесов лесного фонда республики площадь лесов, расположенных на ООПТ, составляет 57 тыс. га (1 % лесного фонда), из которых 33 тыс. га выделены в Баймакском лесничестве. Постановлением Правительства Республики Башкортостан № 516 от 14 октября 2021 г. озеро Талкас объявлено памятником природы республиканского значения. Леса, произрастающие вдоль озера, отнесены к лесам, расположенным на особо охраняемых природных территориях. Засушливый климат Южного Урала, орографические условия определяют видовую представленность древесно-кустарниковой и травянистой растительности. Согласно геоботаническому районированию, Баймакский район относится к Ирлендыкскому лесостепному району низкогорных хребтов восточного склона Южного Урала, к Сибайскому лесостепному району грядово-мелкосопочных предгорий восточного Урала и к Акъярско-Янгельскому степному району Кизило-Уртазымской равнины. На этой территории Республики Башкортостан зона смешанных лесов переходит в сухие ковыльные степи (ковыль красноватый *Stipa zalesskii*, перистый *S. pennata*, типчак *Festuca valesiaca*) с богатым по составу степным разнотравьем, среди которого наряду со степной растительностью встречаются болотные и луговые виды.

В лесных кварталах в соответствии с общепринятыми в лесоводстве и лесной таксации методами заложено 13 пробных площадей (ПП, рис. 1).

Координаты точек ПП были отсняты навигатором Garmin GPSMAP 78S, которые в дальнейшем использовались для статистической обработки и верификации изменений состояния древесно-кустарниковой растительности. На ПП 40 % площади заняты высокополнотными чистыми искусственными насаждениями сосны обыкновенной 3 класса возраста (55-60 лет), 60 % – спелыми и перестойными ле-



Рисунок 1. Расположение пробных площадей на объекте

сами из мягколиственных пород (*Betula pendula*, *Populus tremula*, ольха серая и черная). Для мониторинга состояния лесов на длительных временных отрезках и

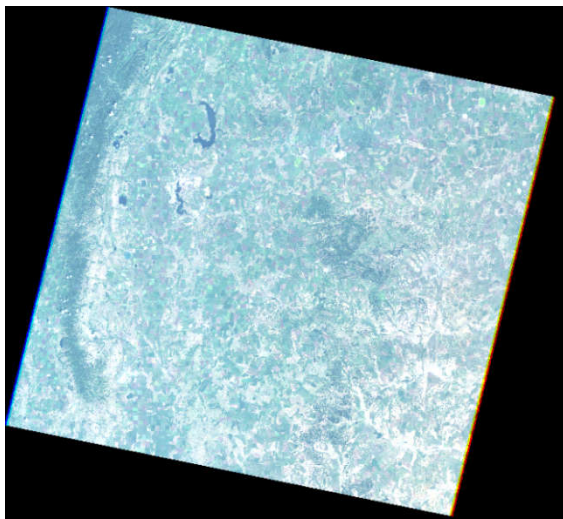
выявления причины их изменения использованы и обработаны снимки со спутника дистанционного зондирования Земли Landsat-5 и Landsat-8, которые в свободном доступе предоставлены Геологической службой США.

Первый снимок от 13 июля 1986 г., сцена LT05\_L1TP\_163023\_19860713\_20170217\_01\_T1; второй – от 17 июля 2020 г., сцена LC08\_L1TP\_164023\_20200717\_20200722\_01\_T1. Облачность – менее 4 %, пространственное разрешение – 30 м (рис. 2).

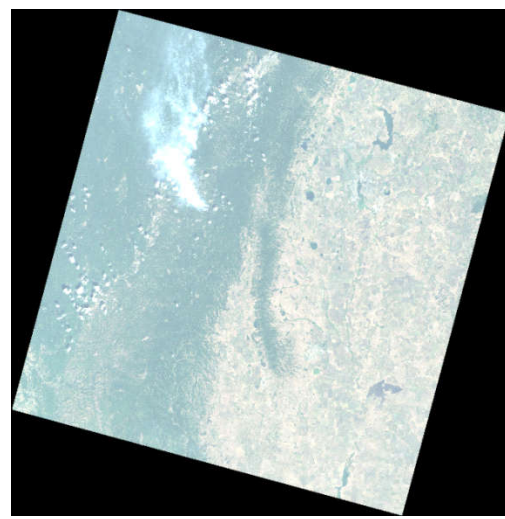
Расчет нормализованного вегетационного индекса (NDVI), отражающий уровень фотосинтетической активности. NDVI произведен по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра.



1986 год



2020 год

Рисунок 2. Разновременные спутниковые снимки

Индекс NDVI успешно применяется для оценки растительности в различных отраслях [9-13]. Индекс может принимать значения от -1 до 1. Для растительности индекс NDVI принимает положительные значения, обычно от 0,2 до 0,8. Расчёт индекса NDVI выполнен при помощи мо-

дуля «Калькулятор растров» после предварительной обработки снимков. Каналы, необходимые для вычисления индекса, указаны в таблице 1. Сравнение натуральных исследований с данными дистанционного зондирования проводилось согласно таблице 2.

Таблица 1 – Каналы спутников для расчета индекса NDVI

Landsat-5	Landsat-8 (из 12 каналов)
Канал 3 – красный	Канал 4 – красный
Канал 4 – ближний инфракрасный (NIR)	Канал 5 – ближний инфракрасный (NIR)

**Таблица 2** – Состояние древесно-кустарниковой растительности в соответствии со значениями вегетационного индекса NDVI

Значение NDVI	Состояние древесно-кустарниковой растительности
0-0,1	Открытая почва или нет данных (возможная облачность на снимке)
0,1-0,2	Разреженная растительность
0,2-0,3	Угнетенное
0,3-0,4	Очень плохое
0,4-0,55	Удовлетворительное
0,55-0,7	Хорошее
0,7-1,0	Очень хорошее

**Результаты исследований.** Леса Баймакского участкового лесничества Баймакского лесничества занимают около 25 % территории района и произрастают в большей части на восточных склонах Южно-Уральского плоскогорья, а также ближе к северу от хребта Ирэндык. Насаждения вдоль озера Талкас, отнесенные к Южно-Уральскому лесостепному району, представлены лесами III, 3 бонитета со средним запасом 140 м<sup>3</sup>/га с преобладанием *Betula pendula* (69 %) и *Populus tremula* (14 %). Усредненный состав насаждений вдоль озера на площади 1641 га: 7Б2С1ОС+ОЛС+Л+ОЛЧ. Преобладающей древесной породой является береза с примесью осины, ольхи. Соновые леса сплошными массивами представлены культурами на водоразделах и по опушкам лиственных лесов. В горах на высоте над уровнем моря выше 500 м редко встречаются вейниково-костяничные светлохвойные леса из лиственницы. В пойменной части лесничества произрастают ольха серая и черная, в подлесочном ярусе наиболее часто встречаются кустарниковая ива, черему-

ха обыкновенная, малина и смородина. На склонах гор в подлеске преобладают чилига, дикая вишня, шиповник.

Хвойные, занимающие 14 % площади, представлены искусственными насаждениями сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). В живом напочвенном покрове под сосняками произрастает вейник лесной, коротконожка перистая, костяника, осока пальчатая, папоротник-орляк, фиалка волосистая, медуница мягкая и др. В сочетании с небольшими площадями сосняков широкотравных, остепененных и зеленомошных, доминируют вторичные березовые леса.

Для точечного определения индекса лесной массив был выделен в отдельный слой – SHP-файл с использованием инструментов программного продукта QGIS. Далее территория была поделена на классы в зависимости от величины NDVI. Для снимка 1986 г. диапазон индекса 0,05-0,74, для 2020 г. – от -0,07 до 0,58. Полученные изображения представлены на рисунке 3. Распределение каждого класса индекса NDVI представлено в таблице 3.

**Таблица 3** – Распределение классов индекса NDVI в различные годы

Класс индекса NDVI	Диапазон класса	Количество пикселей, шт.		Площадь, га	
		1986 г.	2020 г.	1986 г.	2020 г.
0	-0,1-0	0	2	0	0,18
1	0-0,1	2	8	0,09	0,72
2	0,1-0,2	7	38	0,18	3,42
3	0,2-0,3	58	825	0,63	74,25
4	0,3-0,4	646	4256	5,22	383,04
5	0,4-0,5	3775	12380	58,14	1114,2
6	0,5-0,6	13131	693	339,75	62,37
7	0,6-0,7	582	0	1181,79	0
8	0,7-0,8	2	0	52,38	0

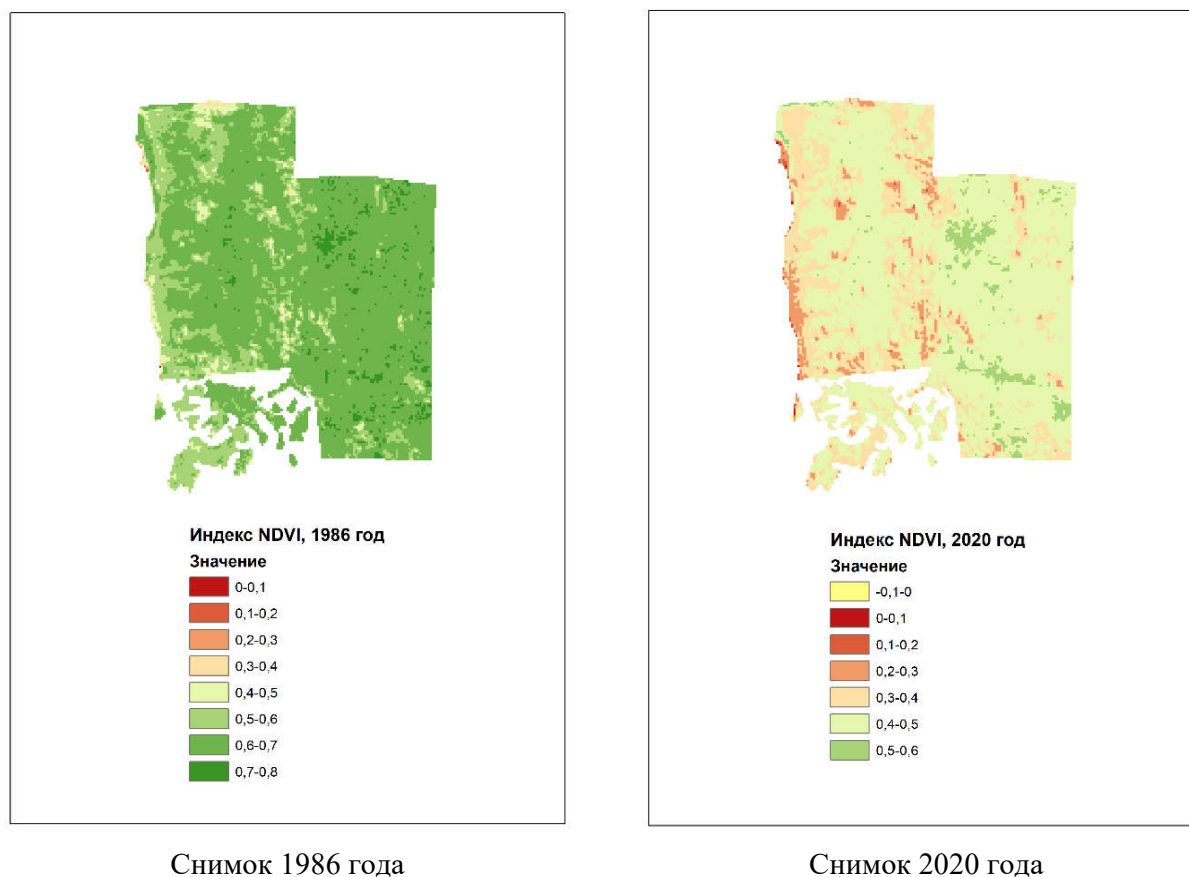


Рисунок 2. Индекс NDVI в различные годы

Средний класс индекса NDVI для 1986 г. – 6,74, 2020 г. – 4,71. Результаты представлены в таблице 4. Выявлено, что за период с 1986 по 2020 г. произошел существенный рост 4 и 5 классов NDVI (+377,82 га и +1056,06 га соответственно). В то же время насаждения, составляющие 7 и 8 классы, полностью исчезли. Уменьшение индекса NDVI на 2 класса связано с увеличением возраста насаждений.

Нами установлено, что уменьшение классов NDVI обусловлено не только увеличением площади перестойных насаждений, но интенсивным использованием данных насаждений в рекреационной деятельности, что сказывается на санитарном состоянии древесных видов. Аналогичные результаты, полученные в ходе других исследований, подчеркивают потенциал зарегистрированных исторических данных спутниковых снимков Landsat, которые предоставляют экстраординарную возможность для наблюдения и определения трансформации лесов [15].

**Заключение.** Озеро Талкас – самое

высокогорное озеро в Республике Башкортостан, находится на высоте 549 м над уровнем моря. Озеро считается «жемчужиной» Уральских гор, обладает высокой аттракторностью в качестве рекреационного объекта не только для жителей республики, но и соседних областей. Однако, активное промышленное освоение территорий и деятельность предприятия ООО «Семеновский рудник» рядом с сёлами Исяново, Тубинский, Сакмар Баймакского района обостряют экологическую обстановку и могут вызывать необратимые процессы в функционировании природной экосистемы озера.

Вегетационный индекс NDVI на исследуемой территории снизился на 2 класса. Объясняется это увеличением возраста насаждений. Использование данных ДЗЗ при осуществлении мониторинга защитных лесов позволяет на длительных временных отрезках проследить и выявить изменения, влияющие на лесные экосистемы. Выполнение лесами водоохраных, рекреационных функций тесно связано с зе-

ленной фитомассой, которая обладает отражательной способностью в красной и ближней инфракрасной областях оптического спектра. Использование данных Landsat предоставляет широкие возможности для подобных наблюдений.

#### Список источников

1. Мартынова М.В., Султанова Р.Р., Мартынова С.В. Система рубок в липняках Среднего Предуралья // *Аграрная наука в инновационном развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции, 2015*. С. 233-241. EDN: TVGSCD
2. Побединский А.В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. 2-е изд. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 208 с. EDN: TNAMZP
3. Site-and species-specific treeline responses to climatic variability in eastern Nepal Himalaya / N.P. Gaire, M. Koirala, D.R. Bhuju, M. Carrer // *Dendrochronologia*. 2017. 41. Pp. 44-56. EDN: YWZOVX
4. Bandyopadhyay J. Forest canopy density mapping for natural resource management of Jangalmahal area, India, using geospatial technology // J. Bandyopadhyay, I. Mondal, K. K. Maiti, A. Biswas, N. Acharyya, S. Sarkar, A. Paul and P. Das // *International Journal of Current Research*. 2017. № 9 (08). Pp. 56073–56082.
5. A mangrove forest map of China in 2015: analysis of time series Landsat 7/8 and sentinel-1A imagery in Google earth engine cloud computing platform / B. Chen, X. Xiao, X. Li, L. Pan, R. Doughty, J. Ma, J. Dong, Y. Qin, B. Zhao, Z. Wu and others // *ISPRS J Photogramm Remote Sens*. 2017. № 131. Pp.104–120.
6. Lucas B.R., Danby K. Inconsistent relationships between annual tree ring-widths and satellite-measured NDVI in a mountainous subarctic environment // *Ecological Indicators*, 2018. Volume 91. Pp. 698-711.
7. Метод определения таксационных характеристик насаждений по аэрофотоснимкам сверхвысокого разрешения / А.С. Алексеев, А.А. Михайлова, Д.М. Черниховский, В.И. Березин // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства*. 2017. № 2. С. 67-77. EDN: ZDMJLL.
8. 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. EDN: SVWQTA.
9. Abbas S., Wong M.S., Wu J., Shahzad N., Muhammad Irteza S. Approaches of Satellite Remote Sensing for the Assessment of Above-Ground Biomass across Tropical Forests: Pan-tropical to National Scales // *Remote Sens*. 2020;12(20):3351. <https://doi.org/10.3390/rs12203351>.
10. Pache R.-G., Abrudan I.V., Nit, ă M.-D. Economic Valuation of Carbon Storage and Sequestration in Retezat National Park, Romania // *Forests*. 2021. № 12. doi:10.3390/f12010043
11. Imaging spectroscopy algorithms for mapping canopy foliar chemical and morphological traits and their uncertainties. (December 2015) / A. Singh, S.P. Serbin, B.E. McNeil, C.C. Kingdon, P.A. Townsend // *Ecological Applications*. Vol. 25. № 8. 2180-2197
12. Assessing relationship of forest biophysical factors with NDVI for carbon management in key coniferous strata of temperate Himalayas / A.A. Wani, A.F. Bhat, A.A. Gattoo, S. Zahoor, B. Mehraj, N. Najam, Q.S. Wani, M.A. Islam, S. Murtaza, M.A. Dervash, P.K. Joshi // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2021. Volume 26. Article number: 1 (2021). doi:10.1007/s11027-021-09937-6
13. Wolter P.T., Townsend P.A., Sturtevant B.R. Estimation of forest structural parameters using 5 and 10 meter SPOT-5 satellite data // *Remote Sens. Environ*. 2009. № 113. Pp. 2019–2036.
14. Brovelli M.A., Yaru Sun, Yordanov Vasil. Monitoring Forest Change in the Amazon Using Multi-Temporal Remote Sensing Data and Machine Learning Classification on Google Earth Engine ISPRS Int. // *J. Geo-Inf*. 2020. № 9 (10). 580. doi:10.3390/ijgi9100580
15. Can tree species diversity be assessed with Landsat data in a temperate forest? / M. Arekhi, O.Y. Yilmaz, H. Yilmaz, Y.F. Akyüz // *Environ Monit Assess*. 2017. 189(11). Article number: 586. doi: 10.1007/s10661-017-6295-6.

#### References

1. Martynova M.V., Sultanova R.R., Martynova S.V. System cuttings *Tilia cordata* Mill average the Cis-Ural region. *Agrarnaya nauka v innovacionnom razvitii APK*. Proc of Int. Sci. and Pract. Conf. 2015. Pp. 233-241 (In Russ.)
2. Pobedinskij A.V. Vodoohrannaya i pochvozashchitnaya rol' lesov [Water and soil protection role of forests]. Pushkino. VNIILM,

2013. 208 s. (In Russ.)

3. Gaire N.P., Koirala M., Bhuju D.R., Car-  
rer M. Site-and species-specific treeline  
responses to climatic variability in eastern Nepal  
Himalaya. *Dendrochronologia*. 2017;41:44-56.

4. Bandyopadhyay J., Mondal I., Maiti K.K.,  
Biswas A., Acharyya N., Sarkar S., Paul A. and  
Das P. Forest canopy density mapping for  
natural resource management of Jangalmahal  
area, India, using geospatial technology.  
*International Journal of Current Research*.  
2017;9(08):56073–56082.

5. Chen B., Xiao X., Li X., Pan L., Doughty  
R., Ma J., Dong J., Qin Y., Zhao B., Wu Z.  
and others. A mangrove forest map of China in  
2015: analysis of time series Landsat 7/8 and  
sentinel-1A imagery in Google earth engine  
cloud computing platform *ISPRS J Photo-  
gramm Remote Sens*. 2017;131:104–120.

6. Lucas B.R., Danby K. Inconsistent  
relationships between annual tree ring-widths  
and satellite-measured NDVI in a mountainous  
subarctic environment. *Ecological Indicators*.  
2018;91:698-711.

7. Alekseev A.S., Mihajlova A.A., Chernihovskij  
D.M., Berezin V.I. The methodology for tree stands  
parameters assessment based on the aerial  
photograph of extra high resolution. *Trudy Sankt-  
Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo  
instituta lesnogo hozyajstva*. 2017;2:67-77 (In Russ.)

8. Alekseev A.S., Chernihovskij D.M.  
Analysis of relations between the landscape  
morphometric characteristics and forest  
productivity (using the example of Leningrad  
oblast). *Lesovedenie*. 2020;2:99-114 (In Russ.)

9. Abbas S., Wong M.S., Wu J., Shahzad  
N., Muhammad Irteza S. Approaches of

Satellite Remote Sensing for the Assessment  
of Above-Ground Biomass across Tropical  
Forests: Pan-tropical to National Scales.  
*Remote Sens*. 2020;12(20):3351. doi: 0.3390/  
rs12203351

10. Pache R-G., Abrudan I.V., Niț, ă M-D.  
Economic Valuation of Carbon Storage and  
Sequestration in Retezat National Park,  
Romania. *Forests*. 2021;12.

11. Singh A., Serbin S.P., McNeil B.E.,  
Kingdon C.C., Townsend P.A. Imaging  
spectroscopy algorithms for mapping canopy  
foliar chemical and morphological traits and their  
uncertainties. *Ecological Applications*.  
2015;25(8):2180-2197.

12. Wani A.A., Bhat A.F., Gatoo A.A., Zahoor  
S., Mehraj B., Najam N., Wani Q.S., Islam M.A.,  
Murtaza S., Dervash M.A., Joshi P.K.  
Assessing relationship of forest biophysical  
factors with NDVI for carbon management in  
key coniferous strata of temperate Himalayas.  
*Mitigation and Adaptation Strategies for Global  
Change*. 2021;26:Article number:1.

13. Wolter P.T., Townsend P.A., Sturtevant  
B.R. Estimation of forest structural parameters  
using 5 and 10 meter SPOT-5 satellite data.  
*Remote Sens. Environ*. 2009;113:2019-2036.

14. Brovelli M.A., Yaru Sun, Yordanov Vasil.  
Monitoring Forest Change in the Amazon Using  
Multi-Temporal Remote Sensing Data and  
Machine Learning Classification on Google  
Earth Engine *ISPRS Int. J. Geo-Inf*.  
2020;9(10):580.

15. Arekhi M., Yilmaz O.Y., Yilmaz H., Akyüz  
Y.F. Can tree species diversity be assessed  
with Landsat data in a temperate forest?  
*Environ Monit Assess*. 2017;189(11):586.

#### Сведения об авторах

**Георгий Евгеньевич Одинцов** – ассистент кафедры лесоводства и ландшафтного  
дизайна;

**Рида Разябовна Султанова** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафед-  
ры лесоводства и ландшафтного дизайна;

**Мария Викторовна Мартынова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент ка-  
федры лесоводства и ландшафтного дизайна.

#### Information about the authors

**Georgy E. Odintsov** – Assistant, Forestry and Landscape Design Chair;

**Rida R. Sultanova** – Doctor of Science (Agriculture), Professor, Forestry and Landscape  
Design Chair;

**Mariya V. Martynova** – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Forestry  
and Landscape Design Chair.

Статья поступила в редакцию 27.07.2022; одобрена после рецензирования 01.11.2022; принята  
к публикации 20.12.2022.

The article was submitted 27.07.2022; approved after reviewing 01.11.2022; accepted for publication  
20.12.2022.