

Многолетняя динамика площади лесного покрова в Центральном Нагорье Шри-Ланки

А. Р. Хапу Араччиге¹, С. Е. Витковская^{1,2} ✉, П. В. Лекомцев¹

¹Российский государственный гидрометеорологический университет,
Российская Федерация

(192007, г. Санкт-Петербург, ул. Воронежская, 79)

²Агрофизический научно-исследовательский институт, Российская Федерация
(195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14)

Аннотация. Цель исследования – оценка масштабов изменения площади лесного покрова в Центральном нагорье Шри-Ланки (1976-2019 годы).

Материалы и методы. Изменение состояния лесного покрова в Центральном нагорье определяли по индексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Расчет величины индекса NDVI проводили по данным мультиспектральных спутниковых снимков среднего разрешения Landsat 1-5 MSS (80м) и Landsat-8 OLI/TIRS (30м) за 1976 и 2019 годы, соответственно. С помощью методов пространственного анализа пересечений в ArcGIS 10.4.1 оценена динамика лесного покрова в целом по Центральному Нагорью и в пределах административных районов за периоды 1976-1992; 1992-1999; 1999-2010; 2010-2019. Динамику лесного биома на охраняемых территориях (заповедник Наклз, Национальный Парк Хортон-Плейнс) изучали на основе анализа карт лесного покрова, созданных по данным мультиспектральных снимков за 1992, 1999, 2010 и 2019 годы.

Результаты и обсуждение. Установлено, что в период 1976-2019годы убыль лесного покрова в Центральном нагорье составила 27 %. Особенно интенсивно вырубка лесов с целью введения земель в сельскохозяйственный оборот осуществлялась в период 1976-1992 годы. В периоды 1999-2010 и 2010-2019 годы лесистость увеличилась на 13 и 45 тыс. га, соответственно.

Выводы. Лесной покров на территории острова в период 1976-2019 претерпел существенные изменения, в основном, под влиянием антропогенных факторов.

Ключевые слова: Шри-Ланка, Центральное Нагорье, лесной покров, динамика, дистанционное зондирование.

Для цитирования: Хапу Араччиге А. Р., Витковская С. Е., Лекомцев П. В. Многолетняя динамика площади лесного покрова в Центральном Нагорье Шри-Ланки // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2023, № 3, с. 132-141. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/132-141>

ВВЕДЕНИЕ

Остров Шри-Ланка расположен на 6°55' северной широты и 79°52' восточной долготы, занимает площадь 65,61 тыс. км². В стране тропический климат характеризуется двумя основными периодами муссонов: юго-западный (май-сентябрь) и северо-восточный (декабрь-февраль). По данным на 1996 год, густые естественные леса и редколесья занимали, соответственно, 22,4 и 7,2%, от общей площади суши острова [3]. В течение последнего столетия в Шри-Ланке наблюдались растущие тем-

пы потери лесного покрова [9], в основном, под воздействием антропогенных факторов (создание чайных плантаций, дорог, гидротехнических сооружений и др.) [4, 6]. На современном этапе угрозу уникальным лесным экосистемам острова, помимо антропогенного воздействия, представляет изменение климата [5, 11]. Имеется также информация [10] о быстром сокращении горных лесов вследствие малоизученного явления – «отмирания леса».

Центральное нагорье Шри-Ланки находится на высоте от 300 м и выше над уровнем моря,

© Хапу Араччиге А. Р., Витковская С. Е., Лекомцев П. В., 2023

✉ Витковская Светлана Евгеньевна, e-mail: s.vitkovskaya@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

занимает около 17% суши острова. Это всемирное наследие ЮНЕСКО, на территории которого расположены такие особо охраняемые природные территории как заповедный лес Наклс, Пик Уайлдернесс и Национальный парк Хортон-Плейнс. В уникальных природных экосистемах, представленных тропическими лесами и предгорными лугами, обитают более половины эндемичных видов позвоночных животных и цветущих растений Шри-Ланки, а также более 34% эндемичных видов деревьев, кустарников и трав [1, 2]. Отмеченное определяет актуальность дистанционного мониторинга состояния лесного покрова

Шри-Ланки, направленного на выявление и прогноз пространственной структуры его изменений, установление скоростей процессов сокращения и восстановления лесных экосистем.

Цель работы: оценить масштабы изменения лесного покрова в Центральном нагорье Шри-Ланки на основе данных дистанционного зондирования Земли (1976-2019 годы).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В состав Центрального нагорья Шри-Ланки входят следующие административные округа: Матале (1993 км²), Канди (1940 км²), Нуvara Элия (1741 км²) и Бадулла (2872 км²) в провинции Ува (рис. 1).

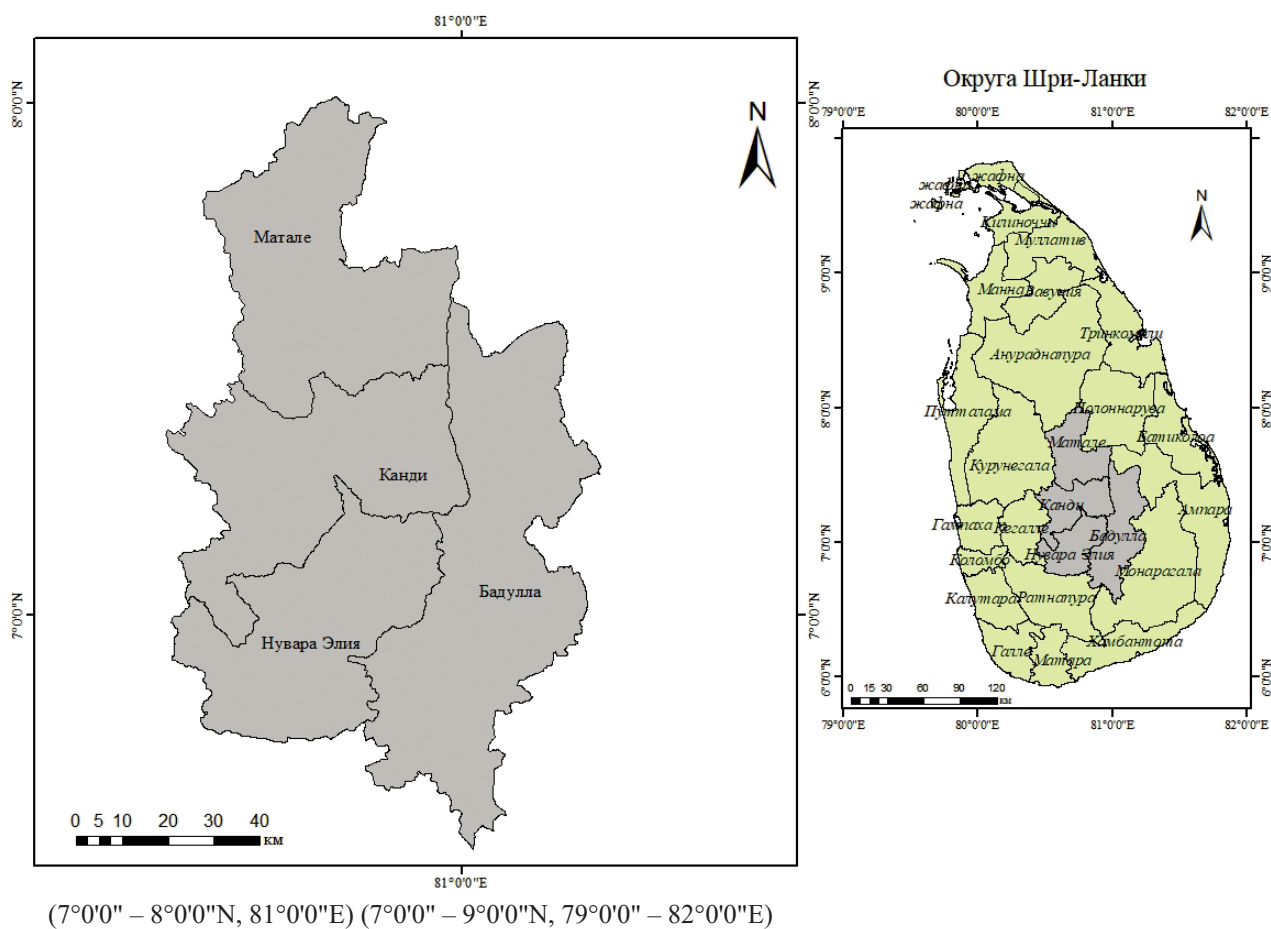


Рис. 1. Административно-территориальное деление Центрального нагорья Шри-Ланки [1]
 [Fig. 1. Administrative districts of the Central Highlands of Sri Lanka [1]]

Изменение состояния лесного покрова в период 1976-2019 на территории Центрального нагорья определяли по индексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), представляющему отношение разности сумм значений спектральных яркостей в ближней инфракрасной (ИК) и красной зонах спектра:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где NIR — коэффициент отражения в ближнем инфракрасном диапазоне, RED — коэффициент отражения в видимой красной зоне спектра.

Алгоритм NDVI основан на том, что зеленая растительность отражает меньше видимого света и больше ближнего ИК, в то время как редкая или менее зеленая растительность отражает большую часть видимого и меньше ближнего ИК. Диапазон значений NDVI находится в пределах от -1 до +1.

В таблице 1 приведены сведения о классах растительности и соответствующих им значениях индекса NDVI [12]. Для работы с мультиспектральными снимками и пространственного анализа полученных данных использовали программное обеспечение ArcGIS 10.4.

Таблица 1

Классы растительности и значение NDVI [12]
[Table 1. Vegetation classes and NDVI value [12]]

Классификация / Classification	Классы растительности / Vegetation classes	Описание / Description	Значение NDVI / NDVI value
Отсутствие леса	Без растительности и с низкой растительностью	Бесплодные территории, застроенная территория, вода, дорожная сеть, кустарники и пастбища	от -1 до 0,5
Лес	Высокая растительность	Густой лес	от 0,5 до 1,0

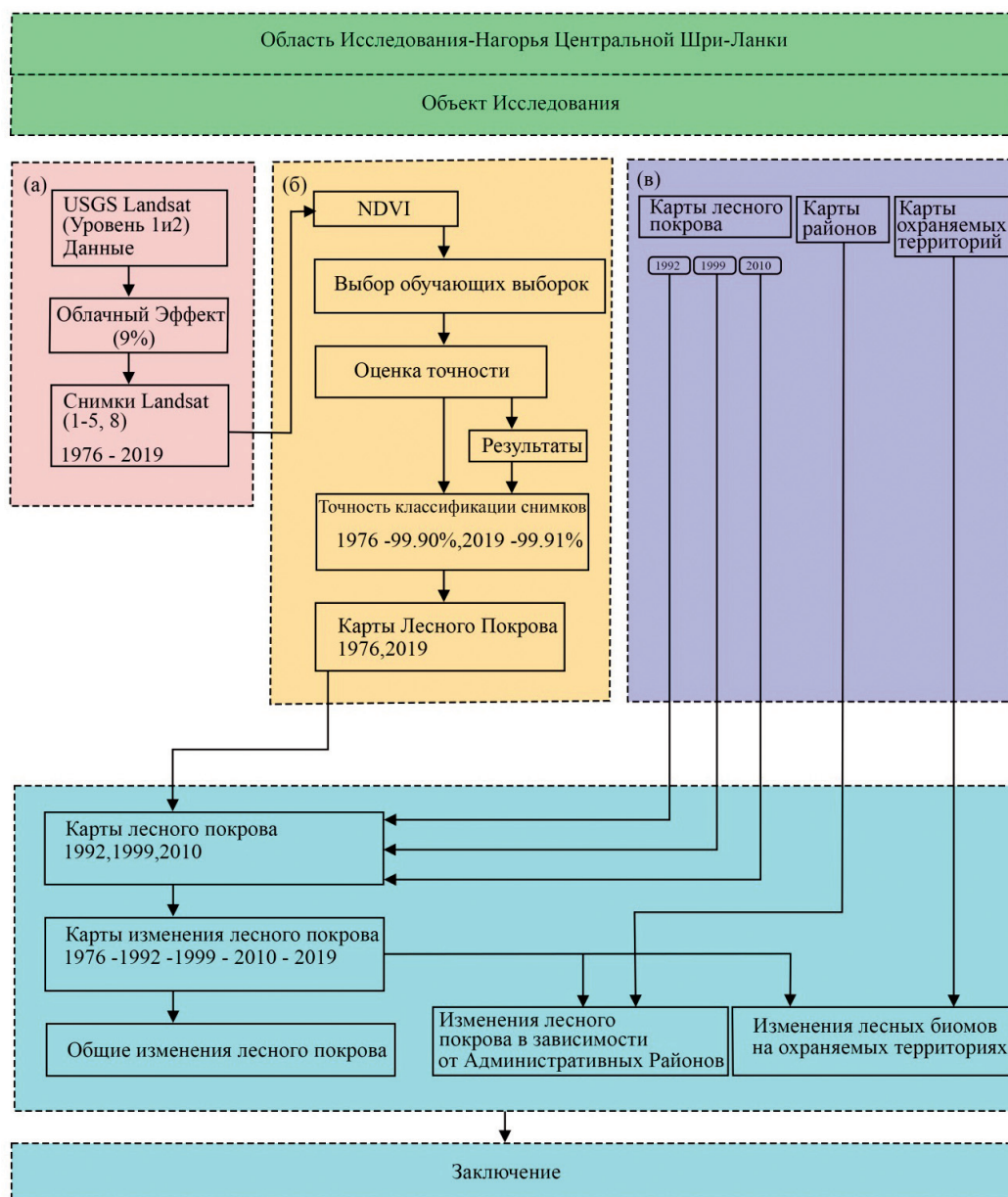


Рис. 2. Этапы и методы исследования: а) подготовка данных Landsat с использованием ArcGIS 10.4.1; б) классификация лесного покрова; в) вторичные источники данных; г) изменения лесного покрова
[Fig. 2. Stages and methods of research: a) preparation of Landsat data using ArcGIS 10.4.1; b) forest cover classification; c) secondary data sources; d) changes in forest cover]

Изменения лесного биома устанавливали также по картам лесного покрова (1992, 1999, 2010, 2019 годы), созданным в Департаменте лесного хозяйства Шри-Ланки на основе данных дистанционного зондирования Земли; доступ к шейп-файлам был получен из Всемирной базы данных охраняемых территорий [7].

На основе всех имеющихся данных проанализированы следующие уровни изменения лесного покрова островного государства: 1) с помощью методов пространственного анализа пересечений в ArcGIS 10.4.1 оценена динамика площади лесного покрова в целом по Центральному Нагорью (ЦН) и в пределах административных районов (Канди, Нуvara-Элия, Бадулла, Матале), в частности, за периоды 1976-1992, 1992-1999, 1999-2010, 2010-2019; 2) динамика площади лесного биома на охраняемых территориях (заповедник Наклз и Национальный Парк Хортон-Плейнс) установлена на основе анализа карт лесного покрова, созданных по данным мультиспектральных снимков за 1992, 1999, 2010 и 2019 годы.

Математическую обработку данных проводили в программе ORIGIN 7,5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика лесного покрова по Центральному нагорью в целом. Данные, представленные в таблице 2, показывают, что максимальная площадь лесного покрова в Центральном нагорье Шри-Ланки соответствует 1976 году, минимальная – 1999 году. Тенденция увеличения площади лесного покрова прослеживалась с 2010 года.

На основе анализа спутниковых снимков (рис. 3) установлено, что за период 1976-2019 убыль лесных угодий Центрального нагорья составила 103 тыс. га (27 %), что отражено в таблице 2. Основной причиной таких масштабных изменений являлась вырубка лесов с целью введения земель в сельскохозяйственный оборот.

Линейная модель (1) позволила установить скорости изменения площади лесного покрова за тестируемые периоды:

$$S(t) = S_0 + bt, \quad (1)$$

где $S(t)$ – площадь лесных угодий на момент времени t , S_0 – площадь лесных угодий в 1976 году, b – скорость изменения площади лесного покрова, тыс. га · год⁻¹ (см. табл. 2).

Таблица 2

Изменение лесного покрова в Центральном Нагорье Шри-Ланки в период 1976-2019 годов, га
[Table 2. Forest cover change in the Central Highlands of Sri Lanka during 1976-2019, ha]

Год / Year	Общая площадь лесного покрова, тыс. га / Total area of forest cover, thousand ha	Изменение площади лесного покрова, тыс. га / Change in forest cover area, thousand ha	Изменение площади Лесного покрова, % / Area change forest cover, %	Скорость процесса изменения, b, тыс. га · год ⁻¹ /Speed change process, b, thousand ha · year ⁻¹
1976	377,3	–	–	–
1992	239,0	-138,2	-36.6	-8,6
1999	217,0	-22,0	-9.2	-3,1
2010	229,8	12,8	5.9	1,2
2019	274,7	44,9	19.5	5,0

Установлено, что в период 1976-1999 годов общая площадь лесного покрова в Центральном нагорье сократилась на 42,5% (скорость убыли 7,3 тыс. га · год⁻¹ ($r = -0,984$)).

Наиболее масштабные потери лесного покрова соответствуют периоду 1976-1992 – более 138 тыс. га (8,6 тыс. га · год⁻¹). В последующий период (1992-1999 годы) скорость убыли леса снизилась до 3,1 тыс. га · год⁻¹ (см. табл. 2).

Эффективность мероприятий по восстановлению лесного покрова, проводимых Департаментом лесного хозяйства Шри-Ланки, характеризуют следующие данные: в периоды 1999-2010

и 2010-2019 годов площадь лесного покрова возросла на 12,8 тыс. га (скорость 1,2 тыс. га · год⁻¹) и на 44,9 тыс. га (скорость 5,0 тыс. га · год⁻¹), соответственно (см. рис. 3, табл. 2).

Динамика площади лесного покрова в пределах административных округов. Объектами исследования являлись административные округа Нуvara-Элия, Канди, и Матале, расположенные в Центральной провинции, а также округ Бадулла в провинции Ува (см. рис. 1). Установлено, что в период 1976-1992 в округах Канди, Нуvara-Элия и Бадулла площадь лесных массивов сократилась на 47, 44 и 52 %, соответственно (табл. 3, 4).

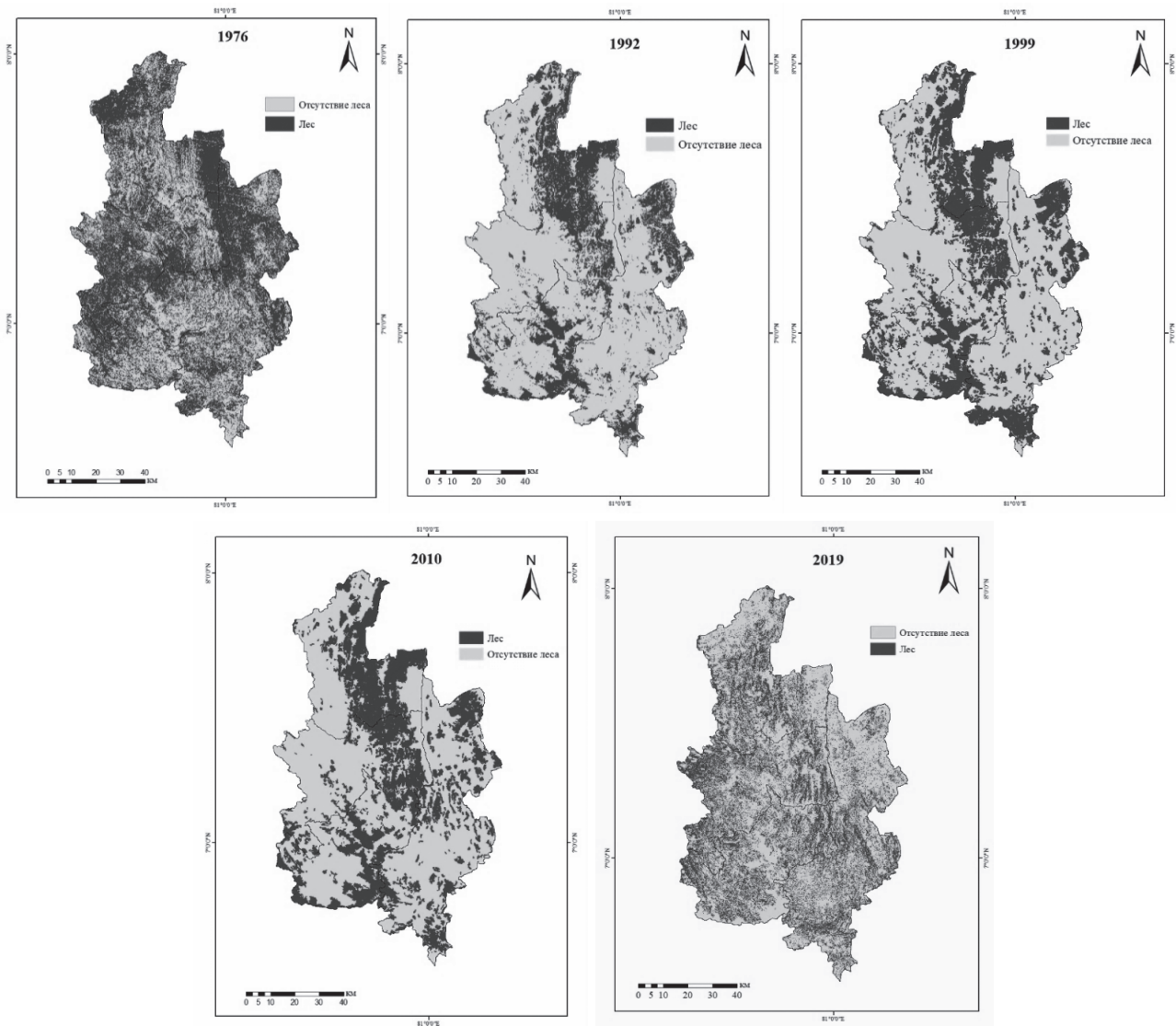


Рис. 3. Лесной покров Центрального нагорья Шри-Ланки (1976, 1992, 1999, 2010 и 2019 год)
 [Fig. 3. Forest cover of the Central Highlands of Sri Lanka (1976, 1992, 1999, 2010 and 2019)]

Таблица 3

Динамика площади лесного покрова в административных районах Центрального нагорья, тыс. га
 [Table 3. Dynamics of the forest cover area in the administrative districts of the Central Highlands, thousand ha]

Административный район / Administrative district	Площадь, тыс. га / Area, thousand ha	Лесной покров, тыс. га / Forest cover, thousand ha				
		1976	1992	1999	2010	2019
Канди	194,0	70,5	37,4	38,4	46,5	72,3
Нувара Элия	174,1	92,1	51,9	48,6	54,6	57,8
Бадулла	286,1	128,5	62,1	56,4	88,3	82,4
Матале	199,0	86,2	87,7	73,6	87,5	62,2

В последующий период (1992-1999 годы) в указанных районах убыль лесных угодий существенно замедлилась, а в дальнейшем (1999-2019 годы) в Канди и Нувара-Элия наблюдали устойчивый рост площади лесных угодий – важного показателя эко-

логического состояния территории. Наиболее интенсивное восстановление лесного покрова происходило в округе Канди: к 2019 году площадь лесного покрова составила 102% по отношению к 1976 году. В округе Матале в период 1992-2019 площадь

леса линейно снижалась ($r=-0,918$): убыль составила 29%. Продолжился процесс сокращения лесного покрова и в округе Бадулла (см. табл. 4).

Изменения лесного биома в пределах охраняемых территорий. Влияние природных факторов на экологическое состояние лесных угодий можно

оценить по экосистемам охраняемых территорий, не подверженных антропогенному воздействию – заповедному лесу Наклс и Национальному парку Хортон-Плейнс. Динамика изменения площади лесного биома в пределах данных ООПТ в период 1992-2010 представлена на рисунке 4.

Таблица 4

Показатели изменения площади лесного покрова в административных районах Центрального нагорья в тестируемые периоды наблюдения

[Table 4. Indicators of change in forest cover area in the administrative districts of the Central Highlands for the tested observation periods]

Административный район / Administrative district	1976-1992		1992-1999		1999-2010		2010-2019	
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс.га	%
Канди	-33,1	-47	+1,0	2,7	+8,1	21,2	+25,8	55,5
Нувара Элия	-40,1	-44	-3,3	-6,4	+6,0	12,4	+3,2	5,7
Бадулла	-66,5	-52	-5,7	-9	+31,8	56,4	-5,9	-6,6
Матале	+1,5	1,6	-14,1	-16	+13,9	19	-11,4	-15,5

Биоразнообразие растительного покрова заповедного леса Наклс, обусловленное особенностями климатических и ландшафтных условий, представлено влажными смешанными вечнозелеными лесами, средневысотными и горными вечнозелеными лесами, сухими лугами патаны, саваннами и редколесьем [8].

В период 1992-2010на территории заповедного леса Наклз выявлено сокращение биомов влажных муссонных лесов (-3,4 %) и предгорных

лесов (-3,7 %). В то же время, возрасла площадь низинных тропических лесов (+3,7 %), горных лесов (+2,8 %), а также редколесья (+0,9 %) (табл. 5).

Сокращение площади горных лесов Шри-Ланки представляет угрозу биоразнообразию. Процессы деградации лесных сообществ в Центральном нагорье, обусловленные природными факторами, были зафиксированы многими исследователями [10].

Таблица 5

Изменения лесного биома в заповеднике Наклз [Table 5. Forest Biome Changes in Knuckles Nature reserve

Лесной Биом / Forest Biome	1992		2010		Изменения за 1992-2010 гг, % / Changes for 1992-2010, %
	площадь, тыс. га / Area, thousand ha	площадь, % / Area, %	площадь, тыс. га / Area, thousand ha	площадь, % / Area, %	
Дождевой лес низменности	10,10	32,3	11,26	36,0	+3,7
Влажный муссонный лес	1,405	4,5	0,339	1,1	-3,4
Горный Лес	1,024	3,3	1,907	6,1	+2,8
Редколесье	1,108	3,5	1,376	4,4	+0,9
Предгорный лес	10,50	33,5	9,33	29,8	-3,7

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение последнего столетия в Шри-Ланке продолжились значительные потери лесного покрова, в основном, под воздействием антропогенных факторов (создание чайных плантаций, дорог,

гидротехнических сооружений и др.). На современном этапе угрозу уникальным лесным экосистемам острова представляет также изменение климата.

На основе анализа спутниковых снимков установлено, что за период 1976-2019 годов убыль

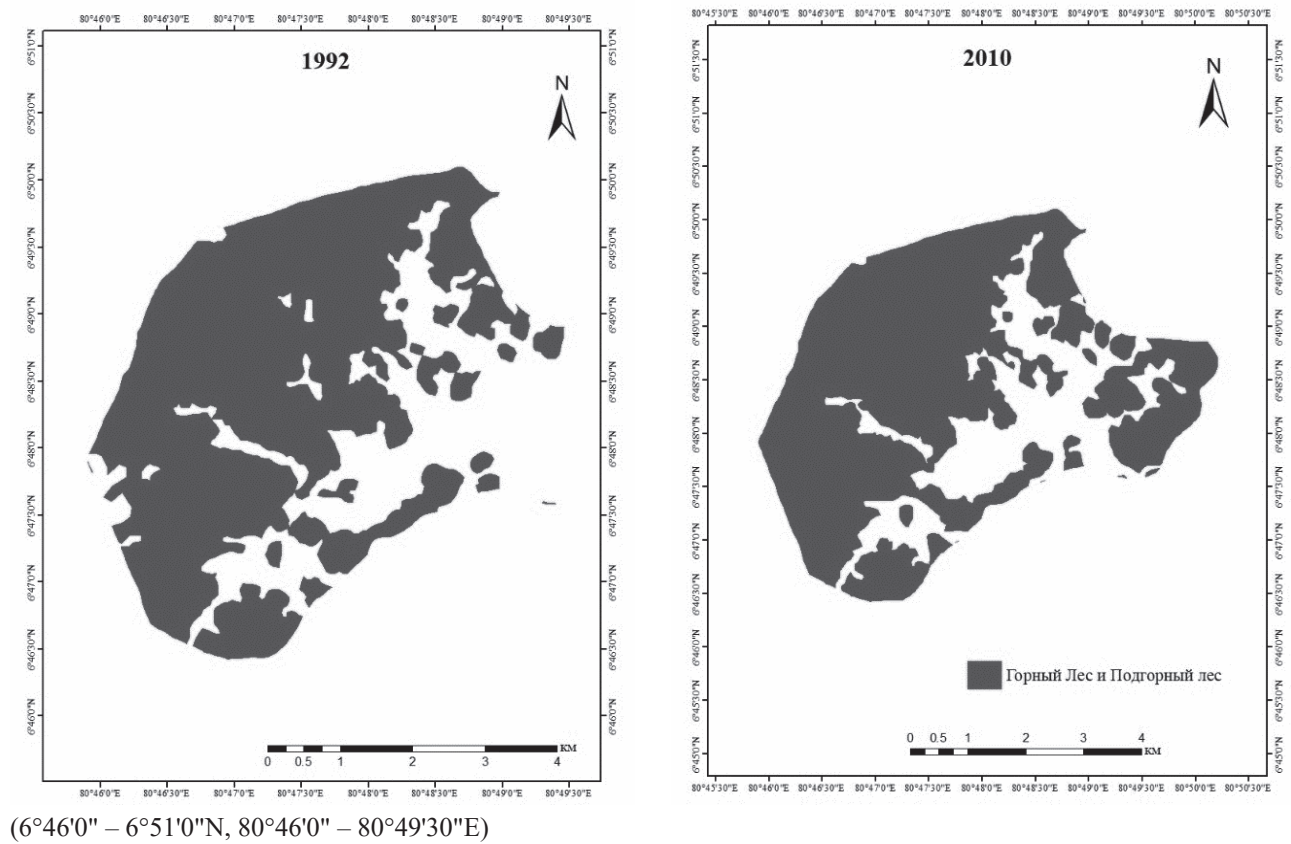
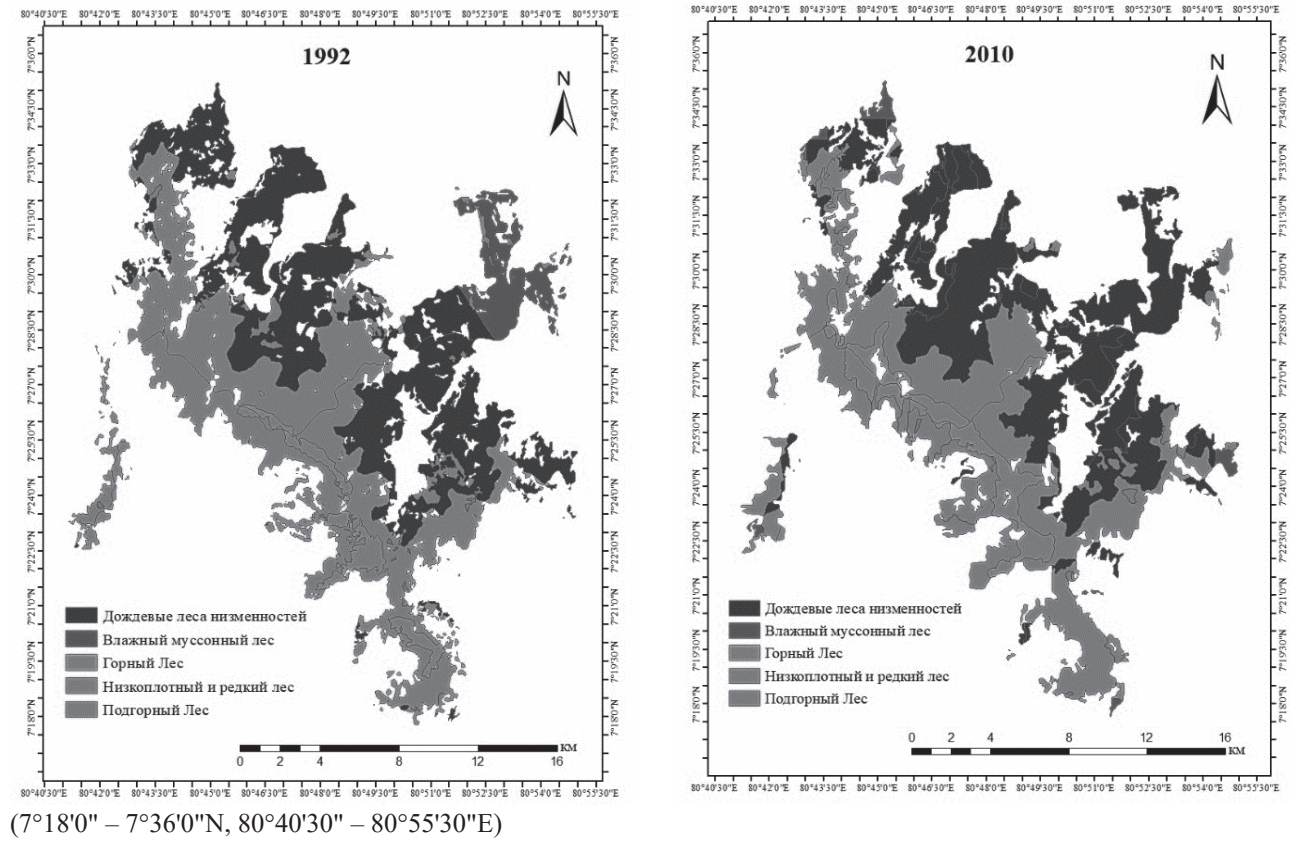


Рис. 4. Изменение биома в заповеднике Наклз и Национальном Парке Хортон-Плейнс
[Fig. 4. Biome Change in Knuckles Nature Reserve and Horton Plains National Park]

лесных угодий Центрального нагорья составила 27%. Основной причиной таких масштабных изменений являлась вырубка лесов с целью введения земель в сельскохозяйственный оборот. В период 1976-1999 годов площадь лесного покрова сократилась на 42,5%, линейно убывая со средней скоростью 7,3 тыс. га·год⁻¹ ($r=-0,984$). Особенно интенсивно рубка лесов осуществлялась в 1976-1992 годы: в округах Канди, Нуvara-Элия и Бадулла площадь лесного покрова сократилась на 47, 44 и 52%, соответственно. Существенно замедлился процесс убыли лесного покрова в 1992-1999 годы. В последующий период (1999-2019) в некоторых районах наблюдали увеличение площади лесных угодий более чем на 57 тыс. га.

Влияние природных факторов на экологическое состояние лесных угодий оценивали по экосистемам охраняемых территорий, (заповедник Наклз, Национальный Парк Хортон-Плейнс). В период 1992-2010 в заповеднике Наклз выявлено сокращение биомов влажных муссонных лесов (-3,4%) и предгорных лесов (-3,7%) на фоне возрастания площадь низинных тропических лесов (+3,7%), горных лесов (+2,8%), а также редколесья. В национальном парке Хортон-Плейнс в указанный период площадь лесного биома возросла на 9,9%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витковская С.Е., Хапу Араччиге А.Р. Климатические изменения в Нагорьях Центральной Шри-Ланки (1866-2019 гг.) // *Известия Русского географического общества*, 2022, т. 154, №2, с. 52-60.
2. Хапу Араччиге А.Р., Витковская С.Е., Рамбуквелла Ч. Мониторинг климатических изменений на территории Центрального нагорья Шри-Ланки // *Материалы 19-й Международной научно-практической конференции по проблемам экологии и безопасности «Дальневосточная весна – 2021»*, 2021, с. 259-261.
3. *Asia-Pacific forestry sector outlook study II. Working paper series. Working paper № APFSOS II/WP/2009/29: Sri Lanka forestry outlook study by Forest Department Government of Sri Lanka*. Bangkok, 2009. 69 p.
4. Breuste J., Dissanayake L. Socio-economic and environmental change of Sri Lanka's Central Highlands // *In book: Impact of Global Changes on Mountains Responses and Adaptation*. Institute of Mountain Research, 2014, pp. 12-29.
5. Hergarten M., Liagre L., Froede-Thierfelder B. *Forests and Climate Change Adaptation: a twofold approach: Technical Report*, 2013. 21 p.
6. Hewawasam T. Effect of land use in the upper Mahaweli catchment area on erosion, landslides and siltation in hydropower reservoirs of Sri Lanka // *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 2010, vol. 38, no. 1, pp. 4-6.
7. IUCN. *Protected Planet: [The world database on protected areas (WDPA)/the global database on protected areas management effectiveness (GD-PAME)]*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC and IUCN, 2018. www.protectedplanet.net, 2018.
8. Jayasuriya A. H. M. *Uva province biodiversity profile and conservation action plan*. Biodiversity secretariat, Ministry of environment and natural resources, Sri Lanka. 2008. 176 p.
9. Multi-Decadal Forest-Cover Dynamics in the Tropical Realm: Past Trends and Policy Insights for Forest Conservation in Dry Zone of Sri Lanka / M. Ranagalage, M.H.J.P. Gunarathna., Thilina D. Surasinghe., D.M.S.L. Dissanayake // *Forests*, vol. 11, no. 836, 2020, 25 p.
10. Dieback in tropical montane forests of Sri Lanka: anthropogenic or natural phenomenon? / P.N. Ranasinghe, G.W.A.R. Fernando, Wimalasena M.D.N.R., Ekanayake S.P., et al. // *Journal of Geological Society of Sri Lanka*, 2009, vol. 13, pp. 27-52.
11. *Sri Lanka's Forest Reference Level submission to the UNFCCC: Sri Lanka UN-REDD Programme*. FAO, 2017. 32 p.
12. *The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations* / T.G. Yengoh, D. Dent, L. Olson, A. Tengberg et al. Lund University Center for Sustainability Studies (LUCSUS) and The Scientific and Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility (STAP/GEF), 2015. 81 p.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 08.02.2023

Принята к публикации 04.09.2023

Long-Term Dynamics of Forest Cover in the Central Highlands of Sri Lanka

A. R. Hapu Arachchige¹, S. E. Vitkovskaya^{1,2}✉, P. V. Lekomtsev¹

¹Russian State Hydrometeorological University (RSHU), Russian Federation
(79, Voronezhskaya St., Saint Petersburg, 192007)

²Agrophysics Research Institute (API), Russian Federation
(14, Grazhdanskiy Pr., Saint Petersburg, 195220)

Abstract. The study aims to assess the extent of forest cover change in Central Highlands of Sri Lanka (1976-2019).

Materials and methods. The change in the forest cover state in the Central Highlands has been determined by the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). The NDVI calculations were carried out according to the data from multispectral satellite images of medium resolution Landsat 1-5 MSS (80m) and Landsat-8 OLI / TIRS (30m) for the years 1976 and 2019 respectively. For the periods of 1976-1992, 1992-1999, 1999-2010, 2010-2019, the dynamics of the forest cover altogether in the Central Highlands and within the administrative regions were estimated, using the spatial analysis of intersections in ArcGIS 10.4.1. Analysis of forest cover maps produced from multispectral imagery data for 1992, 1999, 2010 and 2019, have been used to study the dynamics of forest biomes in protected areas such as Knuckles Reserve, Horton Plains National Park.

Results and discussion. It is recognized that, in the period 1976-2019, there is a 27% loss of forest cover in the Central Highlands. Particularly intense deforestation has been carried out to accommodate agricultural lands to the public in the period 1976-1992. In the periods of 1999-2010 and 2010-2019, the forest cover has been increased by 13000 ha and 45000 ha, respectively.

Conclusions. The overall forest cover in Sri Lanka from 1976 to 2019, has undergone significant changes, primarily due to the influence of anthropogenic factors.

Key words: Sri Lanka, Central Highlands, forest cover, dynamics, remote sensing.

For citation: Hapu Arachchige A. R., Vitkovskaya S. E., Lekomtsev P. V. Long-Term Dynamics of Forest Cover in the Central Highlands of Sri Lanka. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2023, no. 3, pp. 132-141. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/132-141>

REFERENCES

1. Vitkovskaya S. E., Khapu Arachchige A. R. Klimaticheskie izmeneniya v Nagor'yakh Tsentral'noy Shri-Lanki (1866-2019 gg.) [Climate change in the Highlands of Central Sri Lanka (1866-2019)]. *Izvestiya Russkogo geo-graficheskogo obshchestva*, 2022, vol. 154, no. 2, pp. 52-60. (In Russ.)
2. Khapu Arachchige A. R., Vitkovskaya S. E., Rambukvella Ch. Monitoring klimaticheskikh izmeneniy na territorii Tsentral'nogo nagor'ya Shri-Lanki [Monitoring of climate change in the Central Highlands of Sri Lanka]. *Materialy 19-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii po problemam ekologii i bezopasnosti «Dal'nevostochnaya vesna – 2021»*, 2021, pp. 259-261. (In Russ.)
3. *Asia-Pacific forestry sector outlook study II. Working paper series. Working paper № APFSOS II/WP/2009/29: Sri Lanka forestry outlook study by Forest Department Government of Sri Lanka*. Bangkok, 2009. 69 p.
4. Breuste J., Dissanayake L. Socio-economic and environmental change of Sri Lanka's Central Highlands. *In book: Impact of Global Changes on Mountains Responses and Adaptation*. Institute of Mountain Research, 2014, pp. 12-29.
5. Hergarten M., Liagre L., Froede-Thierfelder B. *Forests and Climate Change Adaptation: a twofold approach: Technical Report*, 2013. 21 p.
6. Hewawasam, T. Effect of land use in the upper Mahaweli catchment area on erosion, landslides and siltation in hydropower reservoirs of Sri Lanka. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 2010, vol. 38, no. 1, pp. 4-6.
7. IUCN. *Protected Planet: [The world database on protected areas (WDPA)/the global database on protect-*



ed areas management effectiveness (GD-PAME)]. Cambridge, UK: UNEP-WCMC and IUCN, 2018. www.protectedplanet.net, 2018.

8. Jayasuriya, A.H.M. *Uva province biodiversity profile and conservation action plan*. Biodiversity secretariat, Ministry of environment and natural resources, Sri Lanka. 2008. 176 p.

9. Multi-Decadal Forest-Cover Dynamics in the Tropical Realm: Past Trends and Policy Insights for Forest Conservation in Dry Zone of Sri Lanka / M. Ranagalage, M.H.J.P Gunarathna, Thilina D Surasinghe, D.M.S.L. Disanayake. *Forests*, vol. 11, no. 836, 2020, 25 p.

10. Dieback in tropical montane forests of Sri Lanka: anthropogenic or natural phenomenon? / P.N. Ranasinghe, G.W.A.R Fernando, Wimalasena M.D.N.R., Ekanayake S.P., et al. *Journal of Geological Society of Sri Lanka*, 2009, vol. 13, pp. 27-52.

Хапу Араччиге Аеш Рукмал
аспирант кафедры геоэкологии, природопользования и экологической безопасности Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID:0000-0003-1416-7365, e-mail: rukmalayesh@gmail.com.

Витковская Светлана Евгеньевна
доктор биологических наук, профессор кафедры геоэкологии, природопользования и экологической безопасности Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID:0000-0003-0111-5654, e-mail: s.vitkovskaya@mail.ru

Лекомцев Петр Валентинович
доктор биологических наук, декан экологического факультета Российского государственного гидрометеорологического университета, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID:0000-0002-3059-8045; e-mail: pv6575@mail.ru

11. *Sri Lanka's Forest Reference Level submission to the UNFCCC: Sri Lanka UN-REDD Programme*. FAO, 2017. 32 p.

12. *The use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: a review of the current status, future trends, and practical considerations* / T.G. Yengoh, D. Dent, L. Olsson, A. Tengberg et al. Lund University Center for Sustainability Studies (LUCSUS) and The Scientific and Technical Advisory Panel of the Global Environment Facility (STAP/GEF), 2015. 81 p.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 08.02.2023

Accepted: 04.09.2023

Hapu Arachchige Aesh Rukmal
Postgraduate Student at the Department of Geoecology, Nature Management and Environmental Safety of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1416-7365, e-mail: rukmalayesh@gmail.com

Svetlana E. Vitkovskaya
Dr. Sci. (Biology), Professor at the Department of Geoecology, Nature Management and Environmental Safety of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-0111-5654; e-mail: s.vitkovskaya@mail.ru

Pyotr V. Lekomtsev
Dr. Sci. (Biology), Dean of the Faculty of Ecology of the Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-3059-8045; e-mail: pv6575@mail.ru