



УДК 528.88

DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-223-230

**ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕСИСТОСТИ ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ ЮГА
СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ****CHANGES IN FOREST COVER OF RAVINES-BALKS NETWORK IN THE SOUTH
OF THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND IN RECENT DECADES****Э.А. Терехин****E.A. Terekhin**

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

The National Research University “Belgorod State University”, Pobedy St. 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: terekhin@bsu.edu.ru

Аннотация

Анализ изменений в растительном покрове овражно-балочной сети, как неотъемлемого компонента ландшафтов, является актуальной задачей для южной лесостепи. В статье представлены результаты оценки изменения в лесистости овражно-балочных систем юга Среднерусской возвышенности. На основе разновременных космических снимков, полученных в начале 1970-х годов и настоящее время, установлено, что лесистость систем балок и оврагов за этот промежуток времени выросла с 3.6 % до 22.7 %. Результаты получены на основе изучения 63 объектов, общей площадью 10310.2 га, расположенных в различных частях региона. На основе многозональных разновременных снимков Landsat, полученных в период 1986–2011 гг., выявлено статистически значимое снижение коэффициентов спектральной яркости в инфракрасной зоне (1.55–1.75 мкм) для овражно-балочных систем, что является следствием существенного увеличения их лесистости. Рост лесистости отмечен для подавляющего большинства анализируемых объектов.

Abstract

Studying the changes in the vegetation cover of the ravine-balks (small flat-bottom valleys) network is an urgent task for the southern forest-steppe of Russia. This article presents the results of the assessment the forest cover dynamics of the ravine-balks network in the south of the Central Russian Upland. On the basis of multiyear satellite images obtained in the early 1970s and the present time, it was established that the forestation of ravine-balks systems during this period increased from 3.6% to 22.7%. The results were obtained on the basis of a survey of 63 ravines with a total area of 10310.2 ha located in different parts of the region. A statistically significant decreasing in the infrared reflectance (1.55–1.75 μm) was revealed for ravine-balks systems using multi-temporal multispectral Landsat TM images, obtained in the period 1986–2011. The increase in forest cover was established for the vast majority of the analyzed objects.

Ключевые слова: овражно-балочная сеть, лесостепь, лесовозобновление, многолетние изменения, данные дистанционного зондирования, Landsat

Keywords: ravine-balks network, reforestation, long-term changes, remote sensing data, Landsat

Введение

Овражно-балочные системы (ОБС) являются неотъемлемым компонентом ландшафтов юга Среднерусской возвышенности и Белгородской области, общая протяженность которых в регионе составляет 18.5 тыс. км [Нечетова, Нарожняя, 2010].



Свыше 55 % площади области составляют пахотные земли [Терехин, 2016], значительные территории заняты населенными пунктами, транспортной инфраструктурой. В этом контексте овражно-балочные системы, наряду с лесными массивами являются ареалами наибольшего присутствия естественной растительности. Длительное время балки и овраги использовались как пастбищные угодья, а их часть была распахана. Но в настоящее время, в связи с изменениями в структуре животноводства, включая сокращение поголовья крупного рогатого скота, наблюдается снижение антропогенной нагрузки на экосистемы оврагов и балок, следствием которой должны стать изменения в растительном покрове. С другой стороны, изучение растительного покрова овражно-балочных систем представляет интерес в контексте климатических изменений, происходящих в регионе [Лебедева, Крымская, 2008; Новикова и др., 2017; Лебедева и др., 2017], проявляющихся в росте среднегодовой температуры, сокращении продолжительности зимнего периода и увеличении количества осадков, следствием которых должно стать увеличение периода биологической активности. Как показали исследования [Chendev et al., 2016], в регионе за последние десятилетия наблюдается тенденция к увеличению лесистости. Овражно-балочные системы, как территории, – одни из наименее подверженных антропогенному влиянию, при этом выступают наиболее предпочтительными ареалами для распространения древесной растительности.

К настоящему времени подробных исследований, анализирующих изменения растительности оврагов и балок за последние десятилетия и использующих ретроспективную спутниковую съемку, не проводилось. При этом оценка современной лесистости необходима для организации сбалансированного природопользования в регионе [Кузьменко и др., 2013]

Целью настоящей статьи является анализ изменений в растительном покрове овражно-балочной сети Белгородской области, произошедших с начала 1970-х гг. и наблюдающихся в настоящее время, с применением разновременной спутниковой съемки различного пространственного разрешения.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования выступали овражно-балочные системы, типичные для юга Среднерусской возвышенности. Для анализа был выбран ряд систем оврагов и балок, расположенных в разных частях региона. В общей сложности экспериментальная выборка включала 63 овражно-балочных системы, суммарной площадью 10310.2 га (при средней площади 163 га), расположенные в 9 административных районах Белгородской области (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1
Table 1

Характеристика овражно-балочных систем, анализируемых в исследовании
Characterization of ravine-balks systems, analyzed in the study

Административный район	Количество ОБС	Площадь ОБС, га
Борисовский и Ракитянский	10	575.6
Прохоровский и Ивнянский	16	2011.7
Шебекинский	12	1797.9
Новооскольский и Чернянский	10	2608.7
Ровеньской и Вейделевский	15	3316.3
Всего	63	10310.2

Необходимо отметить, что в настоящем исследовании не анализировались участки оврагов и балок, занятые населенными пунктами.

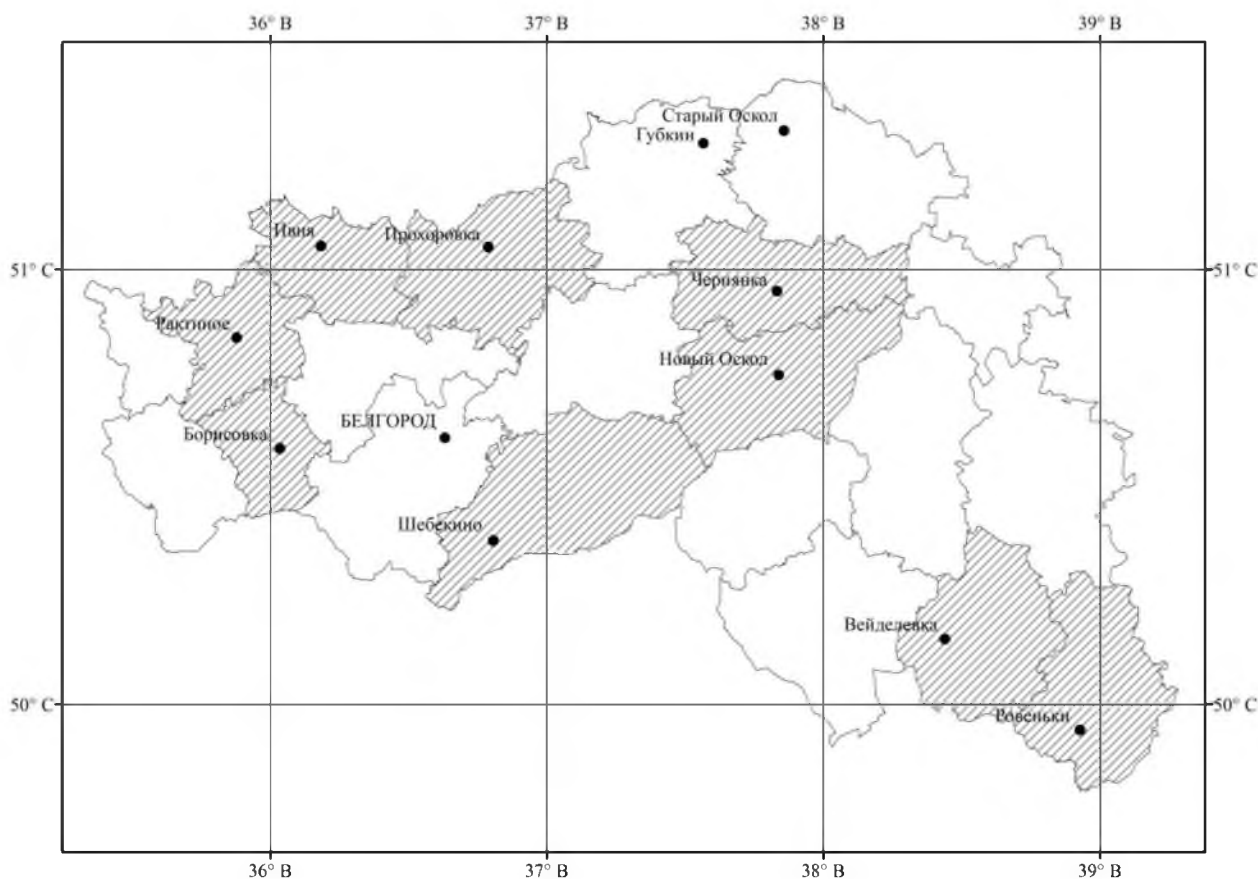


Рис. 1. Административные районы Белгородской области (выделены штриховкой), в которых располагались анализируемые овражно-балочные системы
 Fig. 1. The administrative districts of the Belgorod region (highlighted by hatching), in which the analyzed ravine-balks systems were located

Исследование включало несколько этапов. На первом из них на основе разновременных спутниковых данных 1970 г. и 2014–2015 гг. с пространственным разрешением 2 м/пиксель был выполнен подробный анализ изменений в площади и расположении лесов в пределах каждой овражно-балочной системы с предварительным геоинформационным картографированием контуров овражно-балочных систем. Архивные спутниковые снимки 1970 года, сделанные системой CORONA [Declassified..., 2017], были получены с ресурса EartExplorer [Earthexplor..., 2017]. Мозаики спутниковых снимков аналогичного пространственного разрешения современного периода были получены с ресурса ArcGISWorldImagery. Все снимки прошли этап геометрической коррекции. Для каждой овражно-балочной системы в программе ArcGIS был подготовлен векторный контур, в пределах которого было выполнено дешифрирование контуров лесопокрываемых земель на 1970 и 2014 гг. С использованием возможностей ГИС-систем была проведена оценка площади каждого анализируемого объекта, площади его лесов по состоянию на начальную и конечную анализируемую дату. Полученные материалы позволили количественно оценить изменения в лесистости овражно-балочных систем.

Второй этап исследования состоял в оценке изменений в спектральном отклике овражно-балочных систем, обусловленных динамикой лесистости, на основе снимков Landsat TM (пространственное разрешение 30 м/пиксель) в период 1986–2011 годов. Нами было сделано предположение, что изменения в лесистости должны были значительно отразиться и на спектрально-отражательных свойствах ОБС, в первую очередь, на коэффициентах отражения в средней инфракрасной зоне (1.55–1.75 мкм). Ранее было показано [Terekhin, 2017], что отражательные характеристики этой области спектра, соответствующей 5-му каналу сенсора TM, позволяют достаточно точно выявлять



изменения в структуре лесопокрытых земель. Для этого на все анализируемые объекты были подобраны разновременные снимки Landsat 5, сделанные в 1986 и 2011 годах (для юго-востока Белгородской области – в 2009 г.). Снимки с данного сенсора могут быть эффективно использованы для выявления многолетних изменений в лесном покрове [Schroeder et al., 2007; DeVries et al., 2015] в том числе, их количественной оценке на разных территориальных уровнях [Kim et al., 2014; Song et al., 2015]. Изображения были получены с ресурса GloVis [GloVis., 2017]. Для нивелирования фенологических отличий все подобранные снимки были получены в июне. Используемые сцены Landsat располагались в следующих ячейках системы WRS-2: 177/025 (снимки, сделанные 13.06.1986 г. и 02.06.2011) и 176/025 (снимки, сделанные 22.06.1986 г. и 21.06.2009 г.). Все изображения прошли этап радиометрической коррекции, в результате чего они были переведены в откорректированные коэффициенты отражения. Выполнение этого условия обеспечило достоверность сравнения коэффициентов отражения (коэффициентов спектральной яркости) в 1986 и 2009–2011 гг. Коэффициенты отражения в средней инфракрасной области для каждой исследуемой овражно-балочной системы были рассчитаны методом зональной статистики в программе ERDAS IMAGINE. Для каждой ОБС были рассчитаны не только средние значения коэффициентов спектральной яркости, но и их суммарные величины. В результате была сформирована выборка, на основе которой в программе STATISTICA проанализировали значимость изменений в спектральных параметрах.

Третий этап включал расчет и анализ многолетних рядов вегетационного индекса NDVI по данным MODIS (пространственное разрешение 250 м/пиксель) в период 2000–2016 гг. NDVI является чувствительным к изменениям в зеленой фитомассе территории. Расчет многолетнего ряда NDVI был выполнен для каждого объекта методом зональной статистики на основе информационных продуктов MOD13Q1 (источник – ресурс <https://lpdaac.usgs.gov>), представляющих 16-компонентные изображения индекса, полученные на основе атмосферно и радиометрически откорректированных спутниковых снимков. Т. е. они позволяют анализировать динамику вегетационного индекса 23 временных срезов в каждый год. Таким образом, рассчитанные ряды NDVI включали 388 измерений для каждой овражно-балочной системы с февраля 2000 по декабрь 2016 гг. В настоящем исследовании были проанализированы значения индекса, начиная с работы сенсора на орбите. Основное ограничение при использовании снимков MODIS связано с их невысоким пространственным разрешением, повышающим вероятность недостоверного расчета значений для объектов менее 15–20 га. Однако это условие нами было учтено и овражно-балочные системы, для которых анализировали NDVI, были не менее этой величины. Многолетняя динамика вегетационного индекса была проанализирована с помощью специализированных модулей для анализа временных рядов в программе STATISTICA.

Результаты и обсуждение

Анализ изменений в лесистости овражно-балочных систем в период 1970–2014 гг. показал, что за этот период она выросла с 3.6 % до 22.7 %, т. е. в 6.3 раза (табл. 2). Общая площадь лесов на анализируемых участках ОБС выросла с 376.6 га до 2338.7 га. Важным моментом является то, что если по состоянию на 1970 год для многих овражно-балочных систем было характерно полное или практически полное отсутствие древесной растительности, то в 2014–2015 гг. лесные насаждения присутствовали в подавляющем большинстве из них. Сопоставляя увеличение лесистости овражно-балочных систем с оценкой изменения лесистости, что наблюдалось по анализируемой территории за аналогичный период времени [Chendev et al., 2016], необходимо отметить более выраженный рост площади лесов в оврагах и балках по сравнению с остальной территорией.

Таблица 2
Table 2

Характеристики изменения лесистости ОБС в период 1970–2014 гг.
Characteristics the changes in the ravine-balks network forest cover in 1970–2014

Площадь лесов, га		Лесистость, % от общей площади ОБС	
1970 г.	2014 г.	1970 г.	2014 г.
376.6	2338.7	3.6	22.7

С учетом того, что анализируемые объекты располагались в разных частях исследуемой территории, можно сделать вывод, что интенсивное зарастание овражно-балочной сети древесной растительностью является региональной тенденцией для юга Среднерусской возвышенности. Пример распространения древесной растительности в овражно-балочных системах показан на рисунке 2.

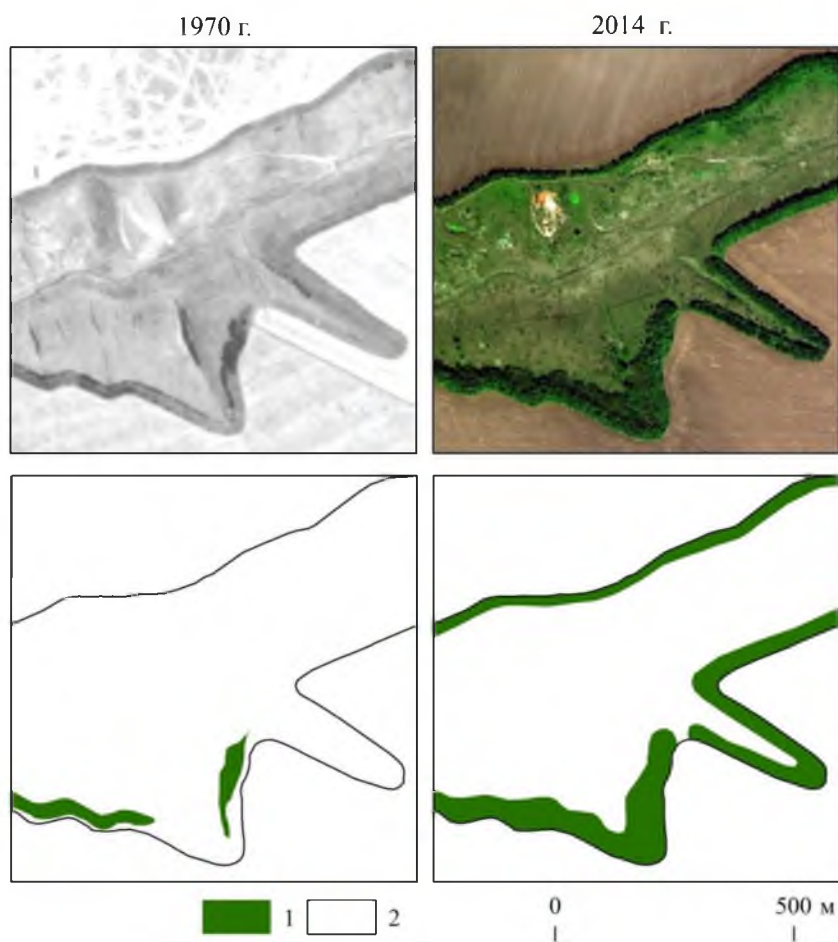


Рис. 2. Пример изменения лесистости в овражно-балочных системах Белгородской области (Шебекинский район) в период 1970–2014 гг. 1 – покрытые лесом земли, 2 – контуры овражно-балочных систем

Fig. 2. The example of the forest cover change in ravine-balks systems of the Belgorod Region (Shebekinsky District) during 1970–2014. 1 – forests, 2 – contours of ravine-balks systems

Из рисунка 2 видно, что кроме формирования на склонах оврагов и балок сплошных лесных насаждений наблюдается процесс распространение отдельных деревьев.

Сравнение средних значений коэффициентов спектральной яркости (1.55–1.75 мкм) для овражно-балочных систем в 1986 и 2011 гг. с помощью Т-критерия Стьюдента показало их достоверные отличия как на уровне значимости 0.05, так и на уровне

значимости 0.01 (табл. 3). Т. е. увеличение лесистости оврагов и балок на протяжении этого периода времени отразилось и на их спектрально-отражательных характеристиках. Расчетная величина Т-критерия оказалась значительно выше его критического значения. При увеличении лесистости территории происходит снижение ее коэффициентов отражения в средней инфракрасной области, что наглядно произошло в нашем случае. Оно отмечено для 50 из 63 проанализированных овражно-балочных систем.

Таблица 3
Table 3

Динамика коэффициентов спектральной яркости в среднем инфракрасном диапазоне для анализируемых овражно-балочных систем
The dynamics of the reflectance in the middle infrared range for analyzed ravine-balks systems

Год	Среднее	Число измерений	Стандартное отклонение	Т-критерий	Т-критическое	p-уровень
1986	0.183	63	0.0148	4.418	1.999	0.000
2011	0.172	63	0.0138			

Исследование многолетних рядов NDVI в период 2000–2016 гг. методом сезонной декомпозиции с использованием разложения ряда на сезонную, трендовую и случайную составляющие показало, что за этот период для многих овражно-балочных систем отмечен тренд к увеличению годовых значений вегетационного индекса. На рисунке 3 показан многолетний ряд NDVI за 17 лет для овражно-балочной системы, лесистость которой выросла с 3.5 % до 34.5 % в период 1970–2014 гг.

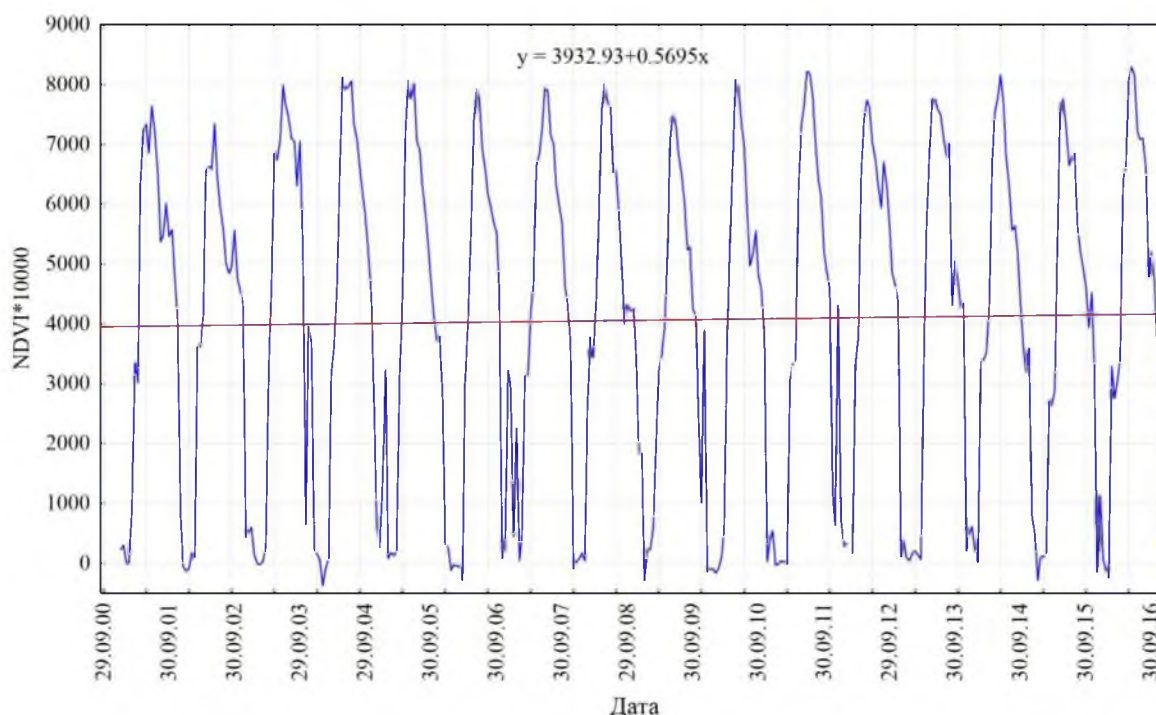


Рис. 3. Пример динамики вегетационного индекса NDVI овражно-балочной системы (Новооскольский р-н) в 2000–2016 гг.

Fig. 3. The example of NDVI vegetation index dynamics for the ravine-balks system (Novoiskolsky district) in 2000–2016

В большей степени эта тенденция была отмечена для крупных овражно-балочных систем площадью более 100 га. Из анализа динамики NDVI можно сделать вывод, что тенденция увеличения лесистости продолжалась и в начале XXI века.



При этом динамика вегетационного индекса, оцененная по данным MODIS в целом, в меньшей степени отразила изменения в растительном покрове анализируемых овражно-балочных систем, по сравнению с коэффициентом спектральной яркости (1.55–1.75 мкм), что, на наш взгляд, обусловлено более низкой детальностью спутниковой съемки MODIS и меньшим охватом времени. Тем не менее, высокая периодичность съемки позволила оценить тенденции в динамике спектральных характеристик овражно-балочных систем региона с начала XXI века.

К основным причинам интенсивного роста лесистости овражно-балочных систем можно отнести благоприятные климатические условия, о чем было сказано выше, и снижение антропогенной нагрузки. В 1970-х гг. днища балок и их склоны подвергались распашке чаще и более интенсивно использовались для выпаса скота, чем в настоящее время.

Заключение

Исследование изменений в лесистости овражно-балочной сети, проведенное для юга Среднерусской возвышенности, выполненное на основе разновременных спутниковых данных, позволило установить, что в период с 1970 г. по 2014–2015 гг. лесистость исследуемых овражно-балочных систем (63 единицы), типичных для региона, выросла с 3.6 % до 22.7 %, т. е. в 6.3 раза. Рост лесистости отразился на спектральных характеристиках сети оврагов и балок. В период 1986–2011 гг. установлено статистически значимое снижение коэффициентов спектральной яркости в средней инфракрасной зоне спектра, являющееся следствием увеличения доли покрытых лесом земель. В период 2000–2016 гг. для многих овражно-балочных систем выявлен тренд к увеличению значений вегетационного индекса NDVI, также отражающий продолжающиеся процессы лесовозобновления в овражно-балочной сети.

Список литературы References

1. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Кириленко Ж.А., Григорьева О.И. 2013. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 15 (3–2): 652–657.
Kuzmenko Ya.V., Lisetskii F.N., Kirilenko Zh.A., Grigoreva O.I. 2013. Providing the optimum water protection forests amount at basin organization of nature management. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 15 (3–2): 652–657. (in Russian)
2. Лебедева М.Г., Крымская О.В. 2008. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки, 3 (6): 188–196.
Lebedeva M.G., Krymskaya O.V. 2008. The manifestation of modern climate change in the Belgorod region. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 3 (6): 188–196. (in Russian)
3. Лебедева М.Г., Крымская О.В., Чендев Ю.Г. 2017. Изменения условий атмосферной циркуляции и региональные климатические характеристики на рубеже XX–XXI вв. (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки, 40, 18 (267): 157–163.
Lebedeva M.G., Krymskaya O.V., Chendev Y.G. 2017. Changes in the atmospheric circulation conditions and regional climatic characteristics at the turn of XX–XXI centuries (on example of Belgorod region). Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 40, 18 (267): 157–163. (in Russian)
4. Нечетова Ю.В., Нарожняя А.Г. 2010. Изучение овражно-балочной сети Белгородской области с применением ГИС-технологий. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 11 (71): 96–100.
Nechetova Y.V., Narozhnyaya A.G. 2010. Study of gullies and ravines network within Belgorod region using GIS technology. Land management, cadastre and land monitoring, 11 (71): 96–100. (in Russian)



5. Новикова Е.П., Григорьев Г.Н., Вагурин И.Ю., Чумейкина А.С. 2017. Вариации гидротермического режима в Черноземье за последние 30 лет на фоне глобального изменения климата. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки, 39 (260): 105–113.

Novikova E.P., Grigorev G.N., Vagurin I.Yu., Chumeikina A.S. 2017. Variations of the hydrothermal regime in the Black Earth region over the last 30 years against the backdrop of global climate change. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 39 (260): 105–113. (in Russian)

6. Терехин Э.А. 2016. Геоинформационный подход к мониторингу и оценке состояния посевных площадей с применением спутниковых данных (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки, 36, 18 (239): 148–155.

Terekhin E.A. Geoinformation approach to monitoring and assessment of crop areas using remote sensing data (a case study of Belgorod oblast). Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 36, 18 (239): 148–155. (in Russian)

7. Chendev Y.G., Hubbart J.A., Terekhin E.A., Lupo A.R., Sauer T.J., Burras C.L. 2016. Recent afforestation in the Iowa river and Vorskla river basins: A comparative trends analysis. Forests, 7 (11). doi:10.3390/f7110278

8. DeVries B., Verbesselt J., Kooistra L., Herold M. 2015. Robust monitoring of small-scale forest disturbances in a tropical montane forest using Landsat time series. Remote Sensing of Environment, 161: 107–121.

9. Kim D.-H., Sexton J.O., Noojipady P., Huang C., Anand A., Channan S., Feng M., Townshend, J.R. 2014. Global, Landsat-based forest-cover change from 1990 to 2000. Remote Sensing of Environment, 155: 178–193.

10. Schroeder T.A., Cohen W.B., Yang Z. 2007. Patterns of forest regrowth following clearcutting in western Oregon as determined from a Landsat time-series. Forest Ecology and Management, 243: 259–273.

11. Song D.-X., Huang C., Sexton J.O., Channan S., Feng M., Townshend, J.R. 2015. Use of Landsat and Corona data for mapping forest cover change from the mid-1960s to 2000s: Case studies from the Eastern United States and Central Brazil. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 103: 81–92.

12. Terekhin E.A. 2017. Influence of the Forest Ecosystems Disturbance on their Spectral Reflectance Properties Dynamics. Biogeosystem Technique, 4 (1): 95–108.

13. Declassified Satellite Imagery – 1. 2018 // Long Term Archive. URL: https://lta.cr.usgs.gov/declass_1 (accessed 12/09/2017).

14. Earthexplorer. 2017. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed 26/09/2017)

15. GloVis. 2017. URL: <https://glovis.usgs.gov/> (accessed 28/09/2017)

Ссылка для цитирования статьи

Терехин Э.А. Изменение лесистости овражно-балочных систем юга Среднерусской возвышенности за последние десятилетия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42, № 2. С. 223–230. doi: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-223-230

Terekhin E.A. Changes in Forest Cover of Ravines-Balks Network in the South of the Central Russian upland in Recent Decades // Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series. 2018. V. 42, № 2. P. 223–230. doi: 10.18413/2075-4671-2018-42-2-223-230