

УДК: 631.6:528.9

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-2-26-54-65

А.Г. Нарожняя¹, Ю.Г. Чендев²

ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЛОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС И ДДЗ

АННОТАЦИЯ

Векторизации карт землепользования масштаба 1: 10 000 1955–1956 гг., 1980–1981 гг. съёмки, визуальное дешифрирование космических снимков высокого разрешения современного периода (2017 г.), а также экстраполяция этих данных позволили установить, что на территории Белгородской области протяжённость лесных полос с 1950-х гг. по 2017 г. увеличилась в 2 р. — с 14 600 км до 29 600 км. При этом, по сравнению с 1950-ми гг., в 1980-е гг. более чем в 3 р. увеличилась длина противоэрозионных лесных полос и на 9 % уменьшилась длина полевых защитных. В среднем на территории Белгородской области около 0,96 км на 1000 км лесополос, высаженных до 1955 г., ежегодно выбывает из оборота. Скорость выпадения лесных полос, высаженных в период 1950–1980-е гг. — 0,23 км/год×1000 км. Около 0,13 км/год×1000 км лесонасаждений теряет целостность древостоя, и лесополосы становятся фрагментированными. Причинами сокращения лесных полос является их старение, отсутствие систематического ухода, уничтожение при увеличении площади населённых пунктов. Визуальное дешифрирование космических снимков позволило определить нарушенные участки лесных полос, в которых отмечена изреженность (фрагментированность) древостоя, их длина составляет 1 464 км. На 46 % площади пашни, относящейся к склонам свыше 2°, в 1950–1980-х гг. было создано 10 300 км полевых защитных лесных полос, из которых около 50 % отклоняются от направления горизонталей более чем на 30°, что приводит к размывам почвы и образованию промоин, а затем оврагов. Контурных лесных полос на пашне обнаружено лишь 8,7 % от общей длины полевых защитных. Согласно дополнительно проведённым расчётам, для 35 % полевых защитных лесных полос, расположенных относительно горизонталей правильно, потенциальная величина смыва почвы превышает допустимые значения в среднем на 41 %, т.е. необходимо создание дополнительных лесных полос выше по склону на пахотных угодьях. Выявлена обратная связь между протяжённостью нарушенных и выбывших лесных полос и значениями гидротермического коэффициента (ГТК) ($r = -0,44$): в более засушливых климатических условиях Белгородской области жизнестойкость лесополос снижается. На южных склонах свыше 4° сокращение протяжённости лесных полос при изменении ГТК происходит быстрее, чем на склонах других экспозиций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лесные полосы, пространственно-временная динамика лесополос, экологическое состояние лесополос, космические снимки высокого пространственного разрешения, ГИС

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Институт наук о Земле, ул. Победы, д. 85, 308015, Белгород, Россия; *e-mail*: narozhnyaya_a@bsu.edu.ru

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Институт наук о Земле, ул. Победы, д. 85, 308015, Белгород, Россия; *e-mail*: chendeu@bsu.edu.ru

Anastasiya G. Narozhnyaya¹, Yurii G. Chendev²

THE STUDY OF THE MODERN ECOLOGICAL STATE OF SHELTERBELTS USING GIS AND REMOTE SENSING DATA

ABSTRACT

Digitization of maps of land-use (scale 1: 10 000) 1955–1956, 1980–1981s years of surveying, visual interpretation of satellite images of the modern period of high resolution (2017), as well as extrapolation of these data, allowed us to establish that on the territory of the Belgorod oblast the length of shelterbelts from the 1950s to 2017 increased 2 times — from 14 600 km to 29 600 km. At the same time, in comparison with the 1950s, in the 1980s, the length of anti-erosion shelterbelts increased more than 3 times and the length of protective shelterbelts decreased by 9 %. On average, on the territory of the Belgorod region, about 0.96 km per 1000 km of shelterbelts before 1955, annually retires from circulation. The rate of loss of shelterbelts in the period 1950–1980s — 0.23 km / year×1000 km. About 0.13 km/year×1000 km of shelterbelts loses the integrity of the stand and shelterbelts become fragmented. The reasons for the reduction of shelterbelts is their aging, lack of systematic care, destruction with an increase in the area of settlements. Visual interpretation of space images allowed identifying the disturbed sites of shelterbelts in which the rarefaction (fragmentation) of forest stand is marked. 693 800 ha of arable land of the region belongs to slopes over 2°. On them in the 1950–1980s the 10 300 km of protective shelterbelts were created, out of which about 50 % deviate from the horizontal direction by more than 30°, which leads to soil erosion and the formation of scours, and then — gullies. Only 8.7 % of the contour shelterbelts on arable land from the total length of protective shelterbelts were determined. According to additional calculations, for 35 % of protective shelterbelts located relative to the horizontal lines correctly, the potential amount of soil flushing exceeds the permissible values by an average of 41 %, i.e. it is necessary to create additional shelterbelts higher up the slope on arable land. The inverse relationship between the length of disturbed and abandoned shelterbelts and the values of the hydrothermal coefficient (HTC) ($r = -0.44$) is revealed: in more arid climatic conditions of the Belgorod oblast the viability of shelterbelts decreases. On southern slopes above 4° reduction of length of shelterbelts at change of HTC occurs faster, than on slopes of other aspect.

KEYWORDS: shelterbelts, spatial-temporal dynamics of shelterbelts, ecological condition of shelterbelts, space images of high spatial resolution, GIS

ВВЕДЕНИЕ

Агроэкологический кризис степного земледелия, имевший место в начале 1890-х гг., поднял проблему устойчивости степного землепользования. В.В. Докучаев и его ученики в 1890-х гг. заложили научную основу степных лесомелиораций [Кулик, 2000; Ерусалимский, Рожков, 2017].

В 1930-е гг. в истории России были высажены значительные площади лесных полос, большая часть которых была уничтожена во время Великой Отечественной войны. Российский опыт агролесомелиорации получил широкое международное признание в практике защиты почв от ветровой и водной эрозии, примером чему служит почвоохранное лесоразведение на востоке Великих равнин США после катастрофических пыльных бурь, произошедших в 1930-х гг. [Possibilities..., 1935; The great plains..., 1958].

¹ Belgorod State National Research University, Institute of Earth Sciences, Pobedy str., 85, 308015, Belgorod, Russia; e-mail: narozhnyaya_a@bsu.edu.r;

² Belgorod State National Research University, Institute of Earth Sciences, Pobedy str., 85, 308015, Belgorod, Russia; e-mail: chendev@bsu.edu.ru

В 1948 г. было принято постановление ЦК ВКП(б) и Совета Министров СССР «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрении травопольных севооборотов, строительстве прудов и водоёмов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР», которое положило начало реализации ряда государственных программ по агролесомелиорации на территории России и др. союзных республик. К началу 80-х гг. XX в. в России свыше 2 000 хозяйств имели завершённые системы лесомелиорации; общая площадь полезащитных полос составляла более 1,2 млн га [Дронов и др., 1984].

Возраст большинства лесных полос в настоящее время достигает 50–65 лет. Они в процессе своего функционирования оказывают существенное влияние на экологическое и качественное состояние почв и, как следствие, на урожайность культур, гидрологические процессы [Трегубов, 1978; Чендев и др., 2015; Барабанов, 2016]. Многие лесополосы нуждаются в реконструкции в связи со старением древостоя и рядом неблагоприятных факторов их произрастания. Поэтому для совершенствования практики рационального землепользования и внедрения передовых почвосберегающих технологий (включающих технологии агролесомелиораций) необходимо изучение их современного экологического состояния.

В качестве территории исследования выбран староосвоенный аграрный регион России — Белгородская область, которая, помимо государственных программ, на современном этапе реализует и собственные программы по увеличению и сохранению лесных насаждений: «Развитие водного и лесного хозяйства Белгородской области, охрана окружающей среды на 2014–2020 годы»¹, областной проект «Зелёная столица»²; «Развитие сельского хозяйства и рыбоводства в Белгородской области»³.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основная часть Белгородской области расположена в зоне лесостепи, а юго-восточная часть — в степной зоне юга Среднерусской возвышенности. В целом территория области имеет слабовыраженные уклоны на запад – юго-запад и восток – юго-восток. Среди современных экзогенных рельефообразующих процессов на территории области распространены эрозия, оползневые и техногенные процессы [Петина, Гайворонская, 2005]. Более 63,7 % территории относится к склонам с крутизной свыше 2°, из них 46 % (694,4 тыс. га) относится к пашне [Нарожная, Буряк, 2016].

Эродированность почв пашни распространена неравномерно, возрастая с запада, северо-запада на восток, юго-восток с 25 до 50 % [Спесивый, Лисецкий, 2014]. Площадь эродированных земель к 2009 г. составила 59,7 % общей площади региона [Лисецкий, Марциневская, 2009]. На площади более 8 % изучаемой территории потенциальный модуль смыва превышает 5 т/га [Буряк и др., 2016].

Земельные ресурсы области общей площадью 27,1 км² характеризуются значительной долей сельскохозяйственных угодий (78,6 % общей территории области, из которых 77,1 % занимает пашня)⁴. Лесами заняты 219 400 га (8,1 %), лесными насаждениями, не

¹ Об утверждении государственной программы Белгородской области «Развитие водного и лесного хозяйства Белгородской области от 16.12.2013 № 517-пп, охрана окружающей среды»: постановление правительства Белгородской области. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/469027751> (дата обращения 29.11.2019)

² О концепции областного проекта «Зелёная столица»: распоряжение правительства Белгородской области от 25.01.2010 № 35-рп. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/428670861> (дата обращения 29.11.2019)

³ Об утверждении государственной программы Белгородской области «Развитие сельского хозяйства и рыбоводства в Белгородской области»: постановление правительства Белгородской области от 28.10.2013 № 439-пп. Электронный ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/412303790> (дата обращения 29.11.2019)

⁴ Доклад о состоянии и использовании земель в Белгородской области за 2018 г. Росреестр. Белгород, 2019. 87 с. Электронный ресурс: [https://rosreestr.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/obzory-otchety-doklady-o-](https://rosreestr.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/obzory-otchety-doklady-o)

входящими в лесной фонд — 90 500 га (3,3 %), что для территории лесостепи является недостаточным. По мнению авторов [Лозовой, 2003; Баранов, 2012], для условий лесостепи общая лесистость должна составлять от 13 до 25 %.

В настоящем исследовании были использованы инструменты программного комплекса ArcGIS 10.2.2.

На подготовительном этапе исследования были отобраны 1 425 планшета карт землепользований м-ба 1: 10 000, 942 из которых относятся к 1955–1956 гг. съёмки; остальные 483 планшета были обновлены в 1980–1981 гг. (рис. 1а). В качестве современных данных использованы космические снимки DigitalGlobe 2014–2017 гг. с пространственным разрешением 1 м и выше, расположенные в открытом доступе и подгружаемые с использованием ArcGIS Server. Космические снимки покрывают всю территорию Белгородской области. Карты были привязаны к космическим снимкам с использованием системы координат проекции WGS 1984 UTM Zone 37N.

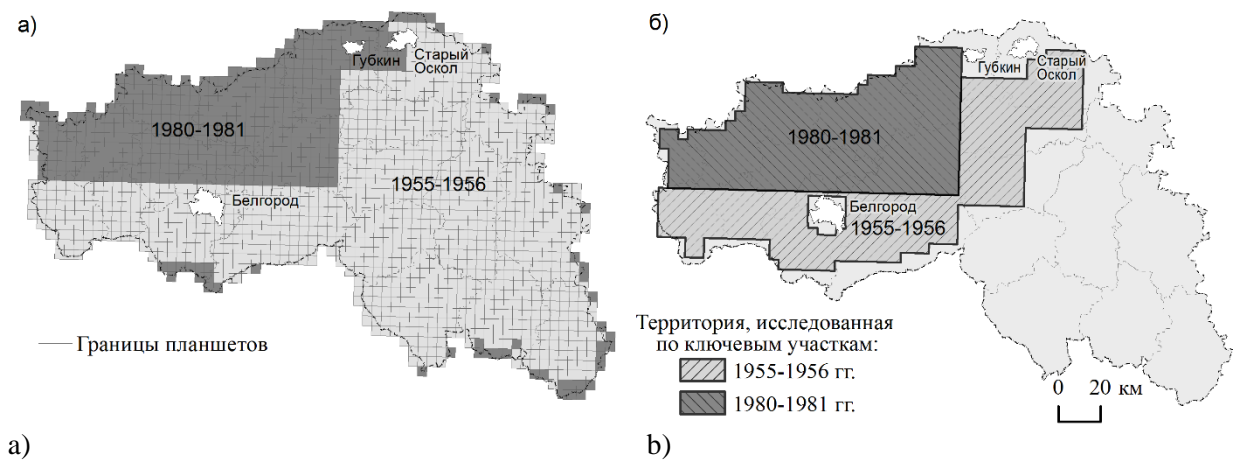


Рис. 1. Использование топографических карт м-ба 1:10 000 в исследовании:

а) периоды составления планшетов;

б) территория исследования для анализа пространственно-временной динамики лесополос

Fig. 1. Use of topographic maps of scale 1: 10 000 in the study:

a) scheduling periods;

b) territory of the studied for the analysis of spatio-temporal dynamics of shelterbelts

Поскольку для территории всей области не удалось собрать ретроспективные картографические материалы на один год, были проведены исследования на реперных ключевых участках (рис. 1б), которые включали 324 планшета 1955–1956 гг. (далее 1955 г.) обследования и 324 смежных планшета 1980–1981 гг. (далее 1980 г.) обследования. Из анализа были исключены территории крупных городов. Полученные данные о густоте лесных полос в XX в. были экстраполированы на территорию всей области.

Для создания картосхемы современного состояния лесополос на первом этапе была произведена векторизация лесных полос по картам землепользования м-ба 1: 10 000 с их разделением на противоэрозионные, полевзащитные и придорожные.

На втором этапе эти данные были актуализированы методом визуального дешифрирования космических снимков. При обновлении карт было выявлено, что за

рассматриваемые периоды некоторые лесные полосы полностью выбыли из оборота (рис. 2а), а часть из них имеет нарушенный, фрагментированный древостой (рис. 2б).

Всем участкам были присвоены соответствующие индексы; при этом лесные полосы, выделенные по картам, подвергались специальной обработке для присвоения выбывшим или нарушенным участкам лесополос атрибутивной информации (рис. 2).

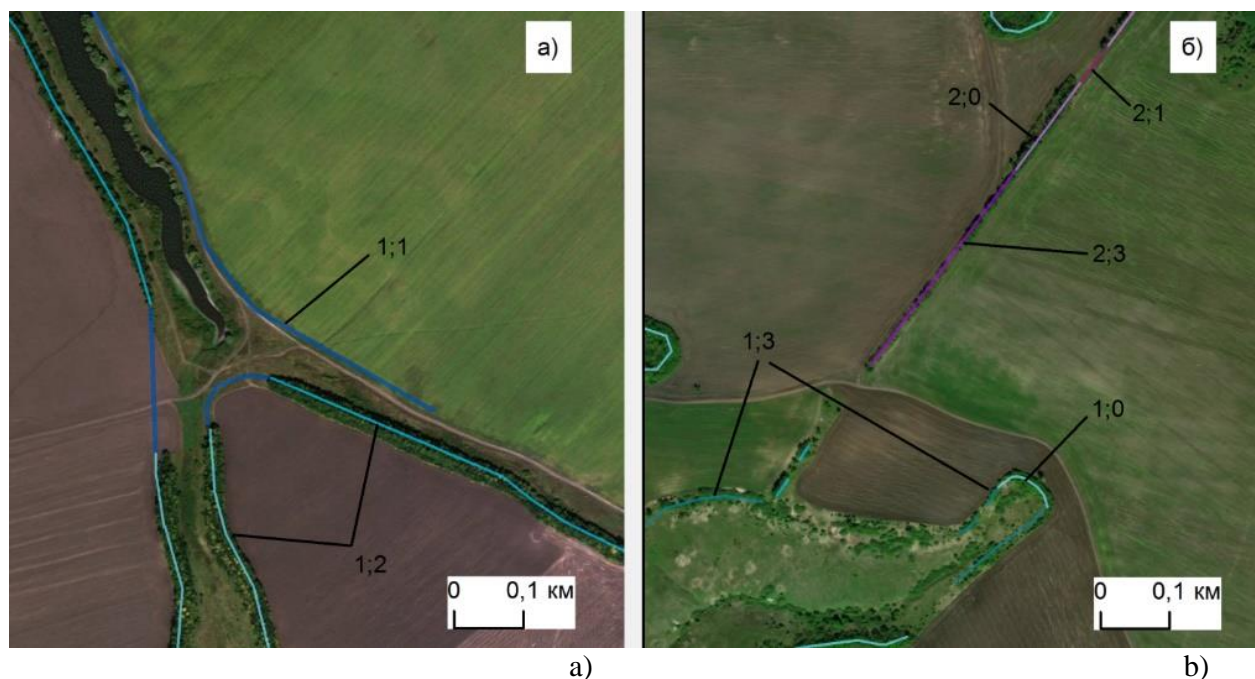


Рис. 2. Актуализация карт лесных полос (фрагмент):

а) 1;1 — противоэрозионная выбывшая лесная полоса;

1;2 — противоэрозионная новая лесная полоса;

б) 1;0 — сохранившаяся противоэрозионная лесная полоса;

1;3 — нарушенная противоэрозионная лесная полоса;

2;0 — сохранившаяся полевая защитная лесная полоса;

2;1 — выбывшая полевая защитная лесная полоса;

2;3 — нарушенная полевая защитная лесная полоса с фрагментированным древостоем

Fig. 2. Updating of maps of shelterbelts (fragment):

а) 1;1 — the antierosion left shelterbelts;

1;2 — the antierosion new shelterbelts;

б) 1;0 — the remained antierosion shelterbelts;

1;3 — the broken antierosion shelterbelts;

2;0 — the remained protective shelterbelts;

2;1 — the left protective shelterbelts;

2; 3 — disturbed protective shelterbelts with fragmented forest stand

Для построения карты густоты лесных полос был использован инструмент «плотность линий» с радиусом поиска 2,5 км, равным двум средним расстояниям между выбывшими лесополосами. Цифровая модель рельефа и построенные морфометрические карты по данной модели были рассчитаны на основе топографической карты м-ба 1: 100 000, оцифрованной нами ранее [Нарожняя, Буряк, 2016]. Для совокупного анализа тематических растров и динамики лесополос применялись инструменты «зональной статистики», «пространственной статистики», «анализ» и др.

Для создания интегральной картосхемы экологического состояния лесополос был произведён оверлей слоёв, построенных для существующих выбывших и нарушенных

(фрагментированных) лесополос современной густоты. Для этого grids густоты были переклассифицированы и конвектированы в векторные данные.

Отдельным этапом проведённых исследований были работы по выявлению соответствия между наблюдающимся процессом деградации лесополос и климатическими особенностями различных участков изучаемой территории. Для этого нами были установлены корреляционные связи между густотой лесных полос в муниципальном образовании и средним значением ГТК в нём. А также оценена зависимость густоты выпавших лесополос от ГТК по экспозициям склонов крутизной больше 4°.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время средняя густота всех лесных полос на территории Белгородской области — 1,1 км/км² (рис. 3), а участки с густотой менее 0,5 км/км² чаще приурочены к территориям, которые заняты лесами или населёнными пунктами.

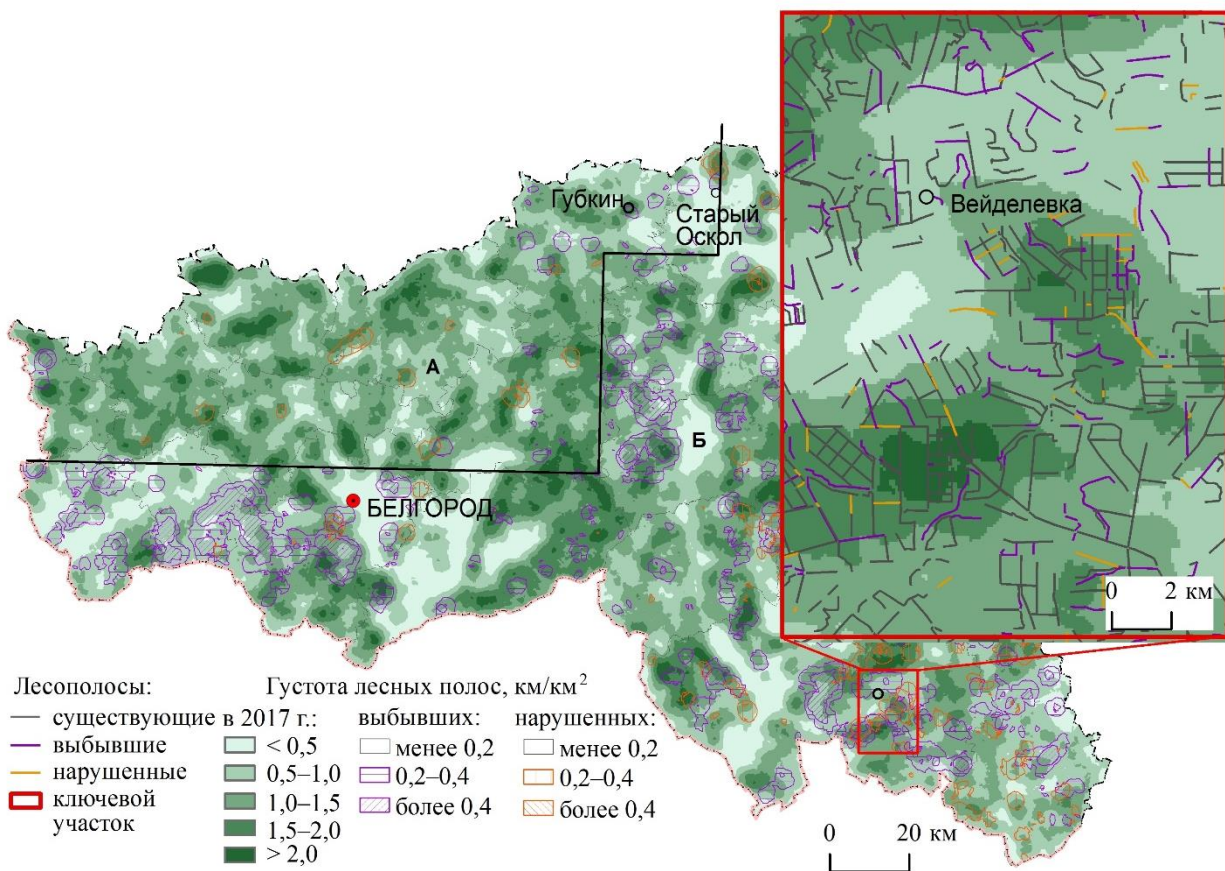


Рис. 3. Современное экологическое состояние лесных полос на территории Белгородской области: А) 1980–2017 гг., Б) 1955–2017 гг.

Fig. 3. Modern ecological condition of shelterbelts on the territory of Belgorod region: A) 1980–2017 years, B) 1955–2017 years)

Как видно из рис. 3 на территории, где использованы планшеты 1981 г. обновления (рис. 3А), значительно меньше выбывших и нарушенных лесополос, чем на остальной территории (рис. 3Б). Заметно выше количество выбывших лесных полос в Белгородском районе, где лесопосадки были уничтожены при планировке новых жилых массивов.

Для реперных ключевых участков, отображённых на рис. 1б, нами были установлены длины лесных полос и их густота для пространственно сопряжённых и идентичных по площади территорий на картах разных лет (табл. 1).

Табл. 1. Густота лесных полос на реперных ключевых участках Белгородской области по разновременным материалам, км/км²

Table 1. Density of shelterbelts on reference key sites of the Belgorod region on materials of different times, km/km²

Тип лесополос	1955 г.	2017 г. (по территории 1955 г.)	Разность ст. 3 – ст. 2	1980 г.	2017 г. (по территории 1980 г.)	Разность ст. 6 – ст. 5	Разность ст. 5 – ст. 2
1	2	3	4	5	6	7	8
Противо-эрозионные	0,18	0,51	+0,33	0,56	0,69	+0,13	+0,38
Полезащитные	0,22	0,29	+0,07	0,20	0,29	+0,09	-0,02
Придорожные	0,13	0,17	+0,04	0,20	0,24	+0,04	+0,07
Итого	0,54	0,97	+0,43	0,96	1,22	+0,26	+0,43

Как видно из табл. 1, на изучаемой территории к 1980 г. в 3 р. увеличилась густота противоэрозионных лесных полос, на 9 % уменьшилась густота полезащитных насаждений, на 54 % возросла густота придорожных лесных полос.

Экстраполяция установленных изменений на всю территорию Белгородской области дала вполне удовлетворительные результаты (табл. 2). Об этом, в частности, свидетельствует близкая величина процентного состава всех изучаемых категорий лесополос по состоянию на 2017 г.

Табл. 2. Длина лесополос на территории Белгородской области в разные периоды, км
Table 2. Length of shelterbelts in the Belgorod region in different periods, km

Тип лесополос	Длина, экстраполированная на основе соответствий по данным табл. 1					Фактическая длина в 2017 г. / % от всей длины
	1955 г.	1980 г.	2017 г. по 1955 г. / % от всей длины	2017 г. по 1980 г. / % от всей длины	Средняя 2017 г.	
Противо-эрозионные	4 880	15 183	13 828 / 53	18 708 / 57	16 268 / 55	14 467 / 49
Полезащитные	5 965	5 423	7 863 / 30	7 863 / 24	7 863 / 26	10 276 / 35
Придорожные	3 525	5 423	4 609 / 18	6 507 / 20	5 558 / 19	4 816 / 16
Итого	14 641	26 029	26 300 / 100	33 078 / 100	29 689 / 100	29 559 / 100

Различия длин лесополос в 2017 г., экстраполированных на всю территорию Белгородской области по разным участкам, могут быть связаны с региональными различиями, а также с более высоким темпами выбывания лесополос 1955 г. Как видно из данных табл. 2, в 1980 г. длина противоэрозионных и придорожных лесных полос могла быть выше современной на 4,7 % и 11,2 %, соответственно. С 1955 по 1980 гг. (табл. 2) на территории Белгородской области особое внимание уделялось созданию противоэрозионных лесных полос, а позднее — полезащитных.

Экстраполяция результатов на всю территорию области показала, что общая протяжённость лесных полос с 1955 по 2017 гг. возросла с 14,6 до 29,6 тыс. км. При этом увеличение густоты лесных полос особенно интенсивно происходило в интервале времени с 1960-х по 1970-е гг.

Следует отметить, что 9,1 % лесополос, посаженных во второй половине XX в., в начале XXI в. в той или иной степени оказались нарушенными, ещё 15,6 % полностью выбыли, из них более половины приходится на полезащитные лесные полосы и 25,7 % — на противоэрозионные (рис. 4).

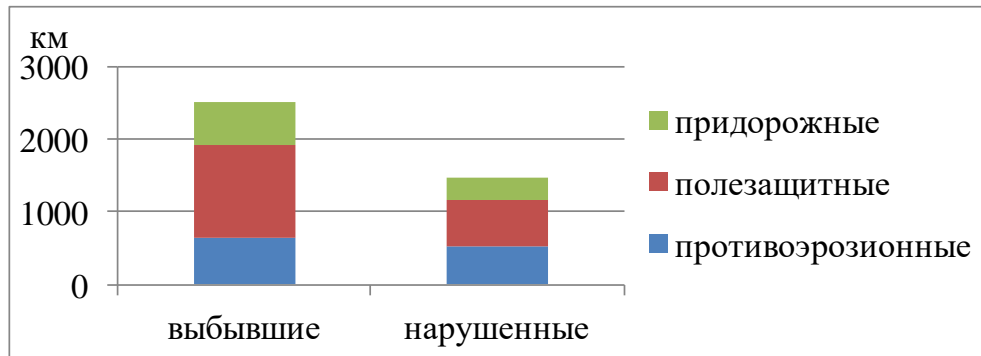


Рис. 4. Длины выбывших и нарушенных лесных полос в настоящее время
 Fig. 4. The length of departures and disturbed shelterbelts of the bands currently

В целом деградации в большей степени оказались подвержены старовозрастные лесополосы, на что со всей очевидностью указывает схема 3Б — с большим временным интервалом между периодами съёмки по сравнению со схемой 3А. Вытянуты выбывшие лесонасаждения в среднем для территории области с запада на восток, что может быть связано с общим направлением склонов области.

В среднем на территории Белгородской области около 0,96 км на 1000 км лесополос, высаженных до 1955 г., ежегодно выбывает из оборота. Скорость выпадения более молодых лесонасаждений, высаженных в период 1950–1980-е гг. — 0,23 км/год×1000 км. Около 0,13 км/год×1000 км лесонасаждений теряет целостность древостоя, и лесополосы становятся фрагментированными. Чаще всего причиной сокращения полезащитных лесных полос является их старение при отсутствии систематического ухода. Другая немаловажная причина — сведение при увеличении площади населённых пунктов.

Согласно совокупному анализу современной спутниковой информации и карты крутизны склонов, противоэрозионные лесные полосы в среднем расположены на склонах с крутизной $5,1 \pm 2,9^\circ$, полезащитные — $2,3 \pm 1,7^\circ$, придорожные — $1,6 \pm 1,5^\circ$.

Как показал анализ крупномасштабных карт, при устройстве лесных полос на пашне в середине XX в. на территории области отдавали предпочтение лесным полосам на плакорях, которые располагали прямолинейно. Так, на пашне с крутизной склона свыше 2° в 1950-е гг. располагалось лесных полос в 1,4 р. меньше, а в 1980-е гг. — в 2,5 р. меньше, чем на плакорях (табл. 3).

На современном этапе сохранилось преобладание полезащитных лесных полос на плакорях (см. табл. 3). Между тем 46,5 % лесных полос в агроландшафтах относится к склоновым землям, они требуют контурного размещения поперёк склонов, при ориентировании лесополос вдоль горизонталей. Однако около половины из них отклоняются от горизонталей более чем на 30° , что создаёт предпосылки для развития эрозионных процессов. В ряде случаев на космических снимках были обнаружены размывы вблизи неправильно расположенных лесополос (рис. 5).

Табл. 3. Длина полезащитных лесных полос на склонах, км

Table 3. Length of protective shelterbelts on slopes, km

Территория	Годы съёмки				Итого на территории области в разные периоды	
	1955*	2017	1980*	2017	1955–1980 гг.	2017
Склоны до 2°	2519	4065	1017	1428	3536	5493
Склоны более 2°	1771	4112	398	671	2169	4783
Итого	4290	8177	1415	2099	5705	10276

* см. территорию на рис. 3

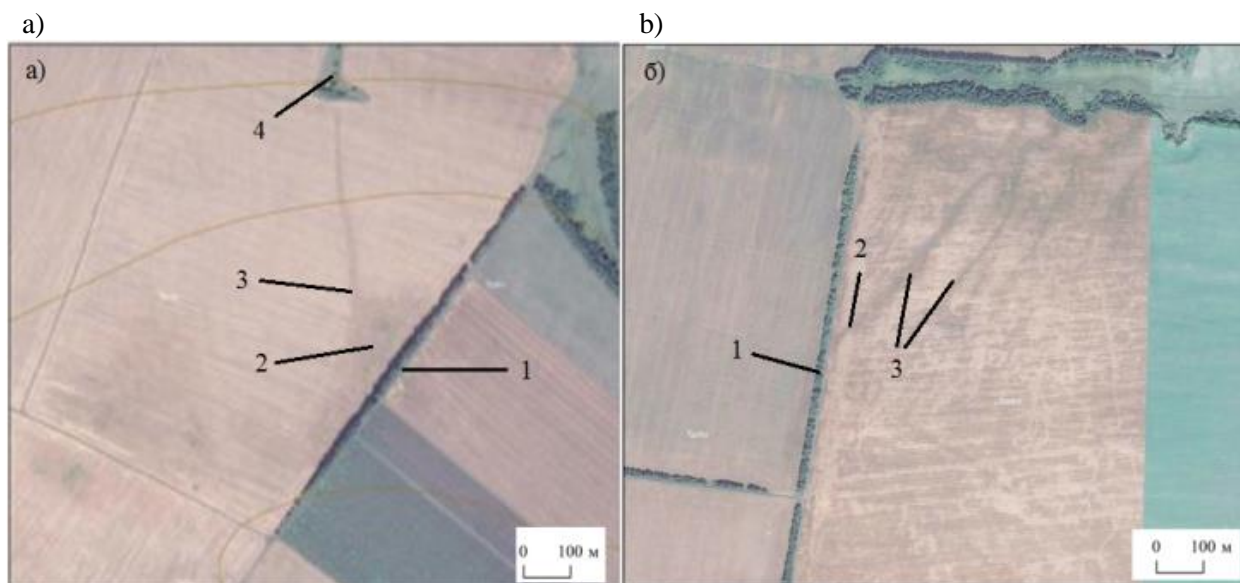


Рис. 5. Неблагоприятное влияние неправильно заложённых лесных полос:
 а) 1 — лесная полоса с отклонением от горизонталей 40°, 2 — зона размыва почвы, 3 — формирование промоины, 4 — ложбина;
 б) 1 — лесная полоса с отклонением от горизонтали 80°, 2 — зона размыва почвы, 3 — формирование промоин (пояснение в тексте)

Fig. 5. The adverse impact of incorrectly laid shelterbelts:
 а) 1 — shelterbelts deviation from the contour 40°, 2 — zone soil erosion, 3 — formation of gullies; 4 — trough;
 б) 1 — shelterbelts deviation from horizontal 80°, 2 — zone soil erosion, 3 — formation of gullies (explanation in the text)

Как видно из рис. 5, в центральной части лесной полосы в результате концентрации стока образуется размыв почвы, при усилении которого хорошо выделяется промоина, которая ниже по склону трансформируется в ложбину. В другом случае (рис. 5б) образовалась не одна промоина, а система микроручейковой сети промоин.

Для лесополос, расположенных на склонах относительно горизонталей правильно, нами рассчитан потенциальный смыв почв. Было установлено, что в 35 % случаев смыв на них превышает допустимые значения в среднем на 41 % (от 6 до 70 %). Это говорит о недостаточности лесных полос, больших расстояниях между ними, неверном определении местоположения первой по склону лесной полосы.

Пространственный анализ рис. 3 показывает, что количество выбывших и нарушенных лесополос увеличивается с севера на юг области, поэтому было выдвинута гипотеза о влиянии климатических особенностей территории на этот процесс. В результате расчётов было установлено, что изменение густоты выбывших и нарушенных противозерозионных и полевзащитных лесополос обратно пропорционально ($r = -0,44$) среднему значению ГТК (за 1955–2017 гг.) по муниципальным образованиям Белгородской области (рис. 6).

При уменьшении ГТК больше всего сокращается длина полевзащитных лесных полос (рис. 6а). Для придорожных лесных полос выявлена слабая связь ($r = -0,15$). Таким образом, количество выбывших и нарушенных лесных полос увеличивается с севера и северо-запада на юг и юго-восток в соответствии с понижением значений ГТК.

Совокупный анализ карты крутизны склонов и лесных полос показывает, что противозерозионные лесополосы чаще выбывают из оборота на склонах крутизной 4,7°, а полевзащитные — на склонах с крутизной 2,2°. Влияния экспозиции склонов на нарушение целостности древостоя лесных полос не выявлено. Но при визуальном анализе картосхем было

замечено, что на покатых склонах южной экспозиции чаще встречается более выразительная изреженность древостоя. Поэтому был проведён анализ влияния экспозиции склонов крутизной свыше 4° на выпадение лесополос в зависимости от ГТК. Оказалось, что на изменение густоты придорожных лесных полос изменение значений ГТК и экспозиция склонов не оказывают влияния ($r = -0,03$). Вместе с тем густота выбывших противозэрозийных и полезащитных лесных полос на склонах разных экспозиций коррелирует со значениями ГТК ($r_{\text{ср}} = -0,473$) (рис. 7).

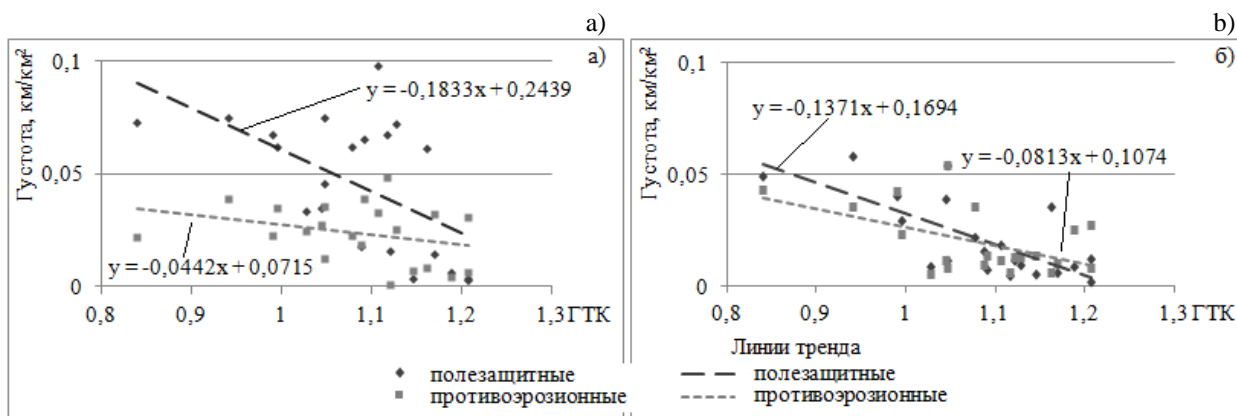


Рис. 6. Зависимость протяжённости лесных полос от значений ГТК в муниципальных образованиях Белгородской области:

а) полностью выбывших лесополос; б) нарушенных лесополос

Fig. 6. The dependence of the length of shelterbelts on the values of the HTC in the municipalities of the Belgorod region: a) completely eliminated shelterbelts; b) disturbed shelterbelts

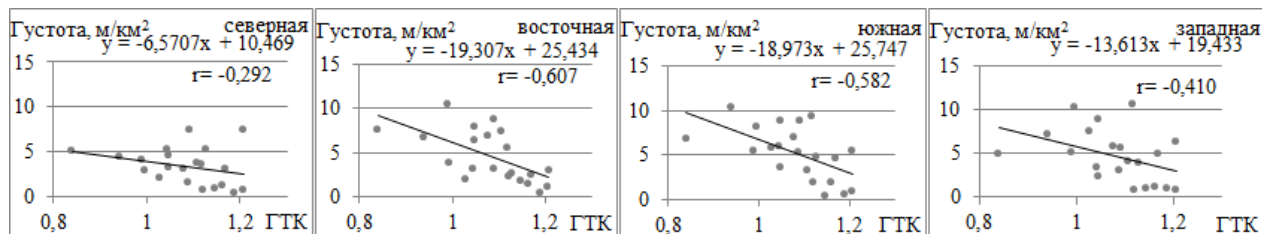


Рис. 7. Зависимость длины выпавших лесополос от ГТК по экспозициям склонов крутизной больше 4°

Fig. 7. The dependence of the length of the fallen shelterbelts from the HTC on the aspect of slopes with a steepness greater than 4°

Как видно из представленных на рис. 7 уравнений, наибольшие скорости сокращения длин лесополос при повышении значений ГТК наблюдаются на склонах южных экспозиций, а наименьшие — на склонах северных экспозиций.

ВЫВОДЫ

Протяжённость лесных полос на территории Белгородской области с середины XX в. по настоящее время увеличилась в 2 р., однако 2525 км лесных полос, существовавших в прошлом веке, выбыли из оборота, ещё 1470 км имеют нарушенный (фрагментированный) древостой. Необходимо отметить, что около четверти прямолинейных лесных полос на пашне необходимо заменить на контурные. Деградация лесных полос сильнее проявляется в засушливых районах Белгородской области, особенно

на южных покатых склонах, заметно изрезанных долинно-балочной сетью, в связи с чем необходим тщательный подбор видового состава лесных насаждений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 19-17-00056.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by The Russian Science Foundation, grant No 19-17-00056.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Барабанов А.Т.* Преобразование гидрологического режима агроландшафтов защитными лесными насаждениями. Живые и биокосные системы, 2016. № 16. С. 67–74.
2. *Баранов В.А.* Оптимизация агролесоландшафтов юго-востока Европейской России (к 120-летию Докучаевской экспедиции). Исследования в области естественных наук, 2012. № 9. Электронный ресурс: <http://science.snauka.ru/2012/09/1538> (дата обращения 07.02.2019).
3. *Буряк Ж.А., Нарожняя А.Г., Павлюк Я.В.* Пространственно-временное моделирование водной эрозии почв средствами ГИС-технологий и оценка её влияния на состояние малых рек в сложных геоморфологических условиях Центрально-Чернозёмного региона. Белгород: БелГУ, 2016. 39 с.
4. *Дронов О.Н., Мурзин А.П., Фёдоров А.Б.* Великая степь. М.: Политиздат, 1984. 352 с.
5. *Ерусалимский В.И., Рожков В.А.* Многофункциональная роль защитных лесных насаждений. Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева, 2017. № 88. С. 121–137.
6. *Кулик К.Н.* Агролесомелиорация аридной зоны России. Вековой опыт и перспективы агrolесомелиорации аридных ландшафтов на юге РФ: материалы Российской научно-практической конференции (к 50-летию Ачикулакской НИЛОС). Волгоград: РАСХН, Всероссийский НИИ агrolесомелиорации, 2000. С. 13–14.
7. *Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В.* Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъёмки. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2009. № 10 (58). С. 39–43.
8. *Лозовой А.Д.* Состояние и перспективы развития. Оптимальная лесистость как биоиндикатор эколого-экономического положения в регионе. Лесной комплекс. Брянск, 2003. Электронный ресурс: science-bsea.bgita.ru/2003/leskomp_2003/lozovoy.htm (дата обращения 05.11.2019).
9. *Нарожняя А.Г., Буряк Ж.А.* Морфометрический анализ цифровых моделей рельефа Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 2016. № 25 (246). Вып. 37. С. 169–178.
10. *Петина В.И., Гайворонская Н.И.* Эколого-геоморфологический анализ экзоморфогенеза территории Белгородской области. Проблемы региональной экологии, 2005. № 6. С. 62–69.
11. *Спесивый О.В., Лисецкий Ф.Н.* Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в Центрально-Чернозёмном районе на основе бассейнового подхода. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 2014. Т. 27. № 10 (181). С. 125–132.
12. *Трегубов П.С.* Ветровая эрозия почв и меры борьбы с ней на Северном Кавказе. М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 1978. 167 с.
13. *Чендев Ю.Г., Соэр Т.Д., Геннадиев А.Н., Новых Л.Л., Петин А.Н., Петина В.И., Заздравных Е.А., Буррас С.Л.* Накопление органического углерода в чернозёмах (моллисолях) под пологом защитными лесными насаждениями в России и США. Почвоведение, 2015. № 1. С. 49–60.
14. Possibilities of shelterbelt planting in the plain region. Prepared under the direction of the Lake States forest experiment station. United States Forest service. Washington:

United States Government printing office, 1935. 201 p.

15. *Read R.A.* The Great Plains shelterbelt in 1954 (A re-evaluation of field windbreaks planted between 1935 and 1942 and a suggested research program). Lincoln, Nebraska: University of Nebraska, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 1958. 125 p.

REFERENCES

1. *Barabanov A.T.* Transformation of the hydrological regime of agricultural lands, protective forest plantations. Living and biocos systems (*Zhivye i biokosnyye sistemy*), 2016. No 16. P. 67–74 (in Russian, abs English).
2. *Baranov V.A.* Optimization of agro-forest landscapes of the South-East of European Russia (to the 120th anniversary of the Dokuchaev expedition). *Research in the Natural Sciences*, 2012. Web resource: <http://science.snauka.ru/2012/09/1538> (accessed 07.02.2019) (in Russian).
3. *Buryak Zh.A., Narozhnyaya A.G., Pavlyuk Ya.V.* Spatial-temporal modeling of water erosion of soils by means of GIS technologies and assessment of its impact on the condition of small rivers in difficult geomorphological conditions of the central chernozem region. Belgorod: Belgorod State University, 2016. 39 p. (in Russian).
4. *Chendev Yu.G., Soer T.D., Gennadiev A.N., Novyh L.L., Petin A.N., Petina V.I., Zazdravnyh E.A., Burras S.L.* Accumulation of organic carbon in chernozems (mollisols) under protective forest plantations in Russia and the USA. *Eurasian Soil Science*, 2015. No 1. P. 49–60 (in Russian).
5. *Dronov O.N., Murzin A.P., Fedorov A.B.* Great steppe. Moscow: Politizdat, 1984. 352 p. (in Russian).
6. *Erusalimskij V.I., Rozhkov V.A.* Multifunctional role of protective forest plantations. *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2017. No 88. P. 121–137 (in Russian).
7. *Kulik K.N.* Agroforestry of arid zone of Russia. Century experience and prospects of agroforestry of arid landscapes in the South of the Russian Federation: Proceedings of the Russian scientific and practical conference (to the 50th anniversary of Achikulak Scientific Research Forest Agricultural Station). Volgograd, 2000. P. 13–14 (in Russian).
8. *Lisetsky F.N., Marcinevskaya L.V.* Assessment of the development of linear erosion and soil erosion by the results of aerial photography. *Land management, cadastre and land monitoring*, 2009. No 10 (58). P. 39–43 (in Russian).
9. *Lozovoj A.D.* State and prospects of development. Optimal forest cover as a bioindicator of ecological and economic situation in the region. Forest complex. Bryansk, 2003. Web resource: science-bsea.bgita.ru/2003/leskomp_2003/lozovoy.htm (accessed 05.11.2019) (in Russian).
10. *Narozhnyaya A.G., Buryak Zh.A.* Morphometric analysis of digital elevation models of the Belgorod region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural sciences*, 2016. No 25 (246). Iss. 37. P. 169–178 (in Russian).
11. *Petina V.I., Gayvoronskaya N.I.* Ecological-geomorphological analysis of ecomorphogenesis the territory of the Belgorod region. *Regional Environmental Issues*, 2005. No 6. P. 62–69 (in Russian).
12. Possibilities of shelterbelt planting in the plain region. Prepared under the direction of the Lake States forest experiment station. United States Forest service. Washington: United States Government printing office, 1935. 201 p.
13. *Read R.A.* The Great Plains shelterbelt in 1954 (A re-evaluation of field windbreaks planted between 1935 and 1942 and a suggested research program). Lincoln, Nebraska: University of Nebraska, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 1958. 125 p.
14. *Spesivyi O.V., Lisetsky F.N.* Assessing the intensity and regulation of erosion soil loss in the Central Black Earth region based on the basin approach. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural sciences*, 2014. V. 27. No 10 (181). P. 125–132 (in Russian).
15. *Tregubov P.S.* Wind erosion of soils and measures to combat it in the North Caucasus. Moscow: Dokuchaev Soil Science Institute, 1978. 167 p. (in Russian).