ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
Научная статья
УДК 551.583; 632.35A/Z
DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159
EDN: GLLRSG

ДИСТАНЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ, ЗАРАСТАЮЩИХ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ, НА СЕВЕРЕ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Екатерина Александровна Богдан[1], Ирик Юлаевич Сайфуллин[2], Ильдар Радикович Вильданов[3], Лариса Николаевна Белан[4], Ирэн Ольвертовна Туктарова[5]
[1, 2, 3, 4, 5] Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа, Россия
[1, 2, 3, 4] Уфимский университет науки и технологий, г.Уфа, Россия
[1] eavolkova@bk.ru, ORCID: 0000-0003-0566- 2639, Scopus Author ID: 57807449000, ResearcherID: ACM-8732-2022, eLibrary Author ID: 852130
[2] irekle@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2017-6516, Scopus Author ID: 57209511295, eLibrary Author ID: 755910
[3] ildar.vildanov.89@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6312-3241, Scopus Author ID: 57216977338, ResearcherID: CAF-2808-2022, eLibrary Author ID: 745532
[4] Belan77767@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3098-7881, Scopus Author ID: 56671294600, ResearcherID: AAD-2968-2022, eLibrary Author ID: 271885
[5] umrko@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4731-1394, Scopus Author ID: 57510137900, ResearcherID: H-6747-2017, eLibrary Author ID: 455079

Аннотация. Во всем мире наблюдается увеличение площадей залежных земель, которые со временем покрываются древесной растительностью.

В Республике Башкортостан имеются значительные территории залежных земель. В работе проанализирована территория, соответствующая 29 муниципальным районам Республики Башкортостан, расположенным на севере Башкирского Предуралья. С помощью дистанционного зондирования выявлены участки, зарастающие сосной (*Pinus sylvestris* L.) и березой (*Betula pendula* Roth.). Для анализа использовался нормализованный дифференцированный вегетационный индекс (NDVI), рассчитанный на базе изображений Sentinel-2. Для верификации данных дистанционного зондирования были проведены обследования 35 пробных площадей.

Общая площадь зарастания залежных земель на севере Башкирского Предуралья составляет 219 тыс. га, что означает 3,75 % от всей исследованной территории. При этом площади сосновых и березовых насаждений примерно равны – 1,95 % и 1,80 % соответственно. Большое зарастание характерно для районов, отличающихся холмистым и горным рельефом.

Отмечена тенденция влияния сельскохозяйственного освоения территории на долю залежных земель, зарастающих лесом. С увеличением сельскохозяйственного освоения наблюдается снижение зарастания древесной растительностью (r = –0,52). Также отмечено влияние на распространение сосновых и березовых насаждений таких факторов, как структура государственного лесного фонда и особенности образования семян и всходов древесных пород. Кроме того, в Башкирском Предуралье для сосновых насаждений особое значение имеет охрана реликтовых сосняков и старовозрастных лесов.

Ключевые слова: засоление, хлорид натрия, почва, фитотестирование, фитотоксичность залежные земли, сосна, береза, зарастание, изменение климата, Башкирское Предуралье

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на тему «Оценка объемов эмиссии и поглощения парниковых газов репрезентативными типами экосистем на участках Евразийского карбонового полигона и поиск оптимальных технологических решений для декарбонизации Республики Башкортостан на 2024–2026 годы» (Номер для публикации FEUR-2024-0007).

Для цитирования: Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И.Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О. Дистанционная оценка площади залежных земель, зарастающих древесной растительностью, на севере Башкирского Предуралья // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 1(76). С. 145–159. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159 EDN GLLRSG

© Богдан Е. А., Сайфуллин И. Ю., Вильданов И. Р., Белан Л. Н., Туктарова И. О., 2026

Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, перейдите по ссылке https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
Original article
DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159
EDN: GLLRSG

REMOTE ASSESSMENT OF THE AREA OF FALLOW LANDS OVERGROWN WITH WOODY VEGETATION IN THE NORTH BASHKIR CIS-URALS

Ekaterina A. Bogdan[1], Irik Yu. Sayfullin[2], Ildar R. Vildanov[3], Larisa N. Belan[4], Iren O. Tuktarova[5]
[1, 2, 3, 4, 5] Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia
[1, 2, 3, 4] Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia
[1] eavolkova@bk.ru, ORCID: 0000-0003-0566- 2639, Scopus Author ID: 57807449000, ResearcherID: ACM-8732-2022, eLibrary Author ID: 852130
[2] irekle@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2017-6516, Scopus Author ID: 57209511295, eLibrary Author ID: 755910
[3] ildar.vildanov.89@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6312-3241, Scopus Author ID: 57216977338, ResearcherID: CAF-2808-2022, eLibrary Author ID: 745532
[4] Belan77767@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3098-7881, Scopus Author ID: 56671294600, ResearcherID: AAD-2968-2022, eLibrary Author ID: 271885
[5] umrko@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4731-1394, Scopus Author ID: 57510137900, ResearcherID: H-6747-2017, eLibrary Author ID: 455079

Abstract. All over the world, there is noted an increase in the area of fallow lands, which naturally become covered with woody vegetation over time.

The Republic of Bashkortostan has significant areas of fallow lands. The paper analyzes the territory of 29 municipal districts of the republic, located in the north of the Bashkir Urals. Remote sensing has revealed areas overgrown with pine (*Pinus sylvestris* L.) and birch (*Betula pendula* Roth.). The normalized differentiated vegetation index (NDVI) calculated on the basis of Sentinel-2 images was used for the analysis. 35 test sites were surveyed to verify the remote sensing data.

The total area of overgrown fallow lands in the north of the Bashkir Urals is 219 thousand hectares, which is 3.75 % of the total studied territory. The areas of pine and birch plantations are approximately equal and amount to 1.95 % and 1.80 %, respectively. Large overgrowth is typical for areas characterized by hilly and mountainous terrain.

The study has noted a tendency for the agricultural development of the territory to affect the proportion of fallow lands overgrown with forest. With an expanding agricultural development, there is noted a decrease in the overgrowth with woody vegetation (r = -0.52). Factors such as the structure of the state forest fund and the peculiarities of seed formation and germination of tree species also influence the spread of pine and birch plantations. Of particular importance for pine plantations in the Bashkir Urals is the protection of relict pine forests and old-growth forests.

Keywords: fallow lands, pine, birch, overgrowth, climate change, Bashkir Cis-Urals

Funding. This research was performed within the state assignment framework of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation "Assessment of greenhouse gas balance in the Eurasian carbon polygon with the aim to develop technologies to increase carbon stocks by ecosystems of the Republic of Bashkortostan for 2024–2026» (Publication number: FEUR-2024-0007)".

For citation: Bogdan E. A., Sayfullin I. Yu., Vildanov I. R., Belan L. N., Tuktarova I. O. Remote assessment of the area of fallow lands overgrown with woody vegetation in the north Bashkir Cis-Urals. *Geographical Bulletin,* 2026, no. 1(76), pp. 145–159. DOI: 10.17072/2079-7877-2026-1-145-159 EDN: GLLRSG

Введение

Развитие современных агротехнологий и трансформация социально-экономических систем привели к глобальному уменьшению площади используемых сельскохозяйственных земель и увеличению доли залежей.

По данным [36], в период с 1700 по 1992 год во всем мире было заброшено около 150 млн га сельскохозяйственных земель. Лидерами по увеличению площади залежных земель в XX в. стали СССР и страны Южной Азии [31].

В России, по разным оценкам, площадь заброшенных сельскохозяйственных угодий составляет от 4,9 млн га [6] до 21,6 [21] – 45 млн га [16; 29]. Многие регионы России также отличаются наличием значительных площадей постагрогенных земель: Красноярский край – от 123,5 [6] до 222 тыс. га [15], Республика Хакасия – 22,4 тыс. га, Республика Тыва – 31,2 тыс. га [9].

Для таких земель отмечается массовое зарастание древесной растительностью. В Республике Бурятия методом анализа спутниковых снимков выявлено 15,2 тыс. га залежных земель, заросших лесом [10].

Образованные в результате зарастания лесные экосистемы имеют высокий потенциал к поглощению атмосферного углерода – от 3,1 [35] до 30 г С м^2/год [33]. По данным [20], постагрогенные земли отличаются высоким потенциалом аккумуляции почвенного углерода. Максимальные значения накопления углерода в почве наблюдается в центральных областях европейской части России, на юге Восточной Сибири и Дальнем Востоке.

Таким образом, подобные территории могут быть использованы в качестве лесоклиматических проектов [14; 21]. Определение местонахождения и площадей залежных земель, зарастающих лесной растительностью, является крайне актуальной задачей.

Цель настоящего исследования – оценка площадей и особенностей зарастания лесной растительностью бывших сельскохозяйственных земель севера Башкирского Предуралья.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования отобрано 29 муниципальных районов, расположенных на севере Республики Башкортостан (рис. 1). В соответствии с физико-географическим районированием данная территория включает лесостепную (западная область), лесную (центральная область) и частично горнолесную зону (восточная область) [27].

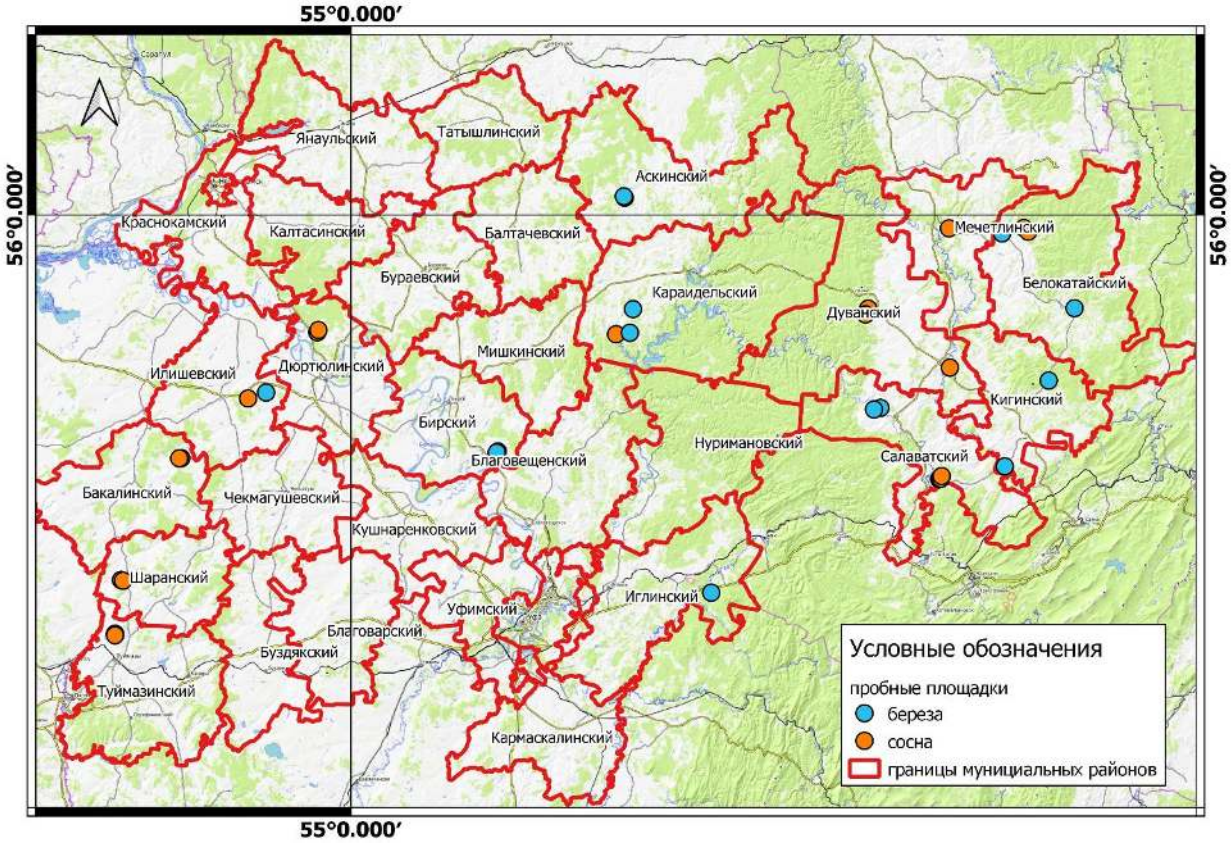

Рис. 1. Месторасположение объекта исследования
Fig. 1. Location of the research object

Рельеф исследуемой территории равнинный, за исключением небольших участков в Салаватском, Кигинском, Белокатайском и Нуримановском районах. Высота от 60 до 300 м, за исключением Салаватского и Белокатайского районов, поскольку там имеются участки с высотой более 500 м [2].

Климат умеренно континентальный. Средняя годовая температура – от 0 до 3,5ºС. Средняя температура января – от –14 до –16,5 ºС, июля – от 16 до 19 ºС. Среднее количество осадков в западной и восточной части исследуемой территории – 350–550 мм в год, в центральной части – 600–700 мм в год [2].

Почвенный покров региона отличается значительным разнообразием. Преобладающими типами почв являются среднемощные, средне- и тяжелосуглинистые: серые лесные, дерново-лесные, дерново-карбонатные и темно-серые лесные почвы [2; 27].

В Башкирском Предуралье распространены вторичные березово-осиновые леса, встречаются смешанные и широколиственные леса – остатки массивов, которые произрастали здесь ранее [19].

Согласно лесному плану Республики Башкортостан [13], основными лесообразующими породами являются береза, липа, сосна и осина, занимающие соответственно 20, 17, 12 и 11 % соответственно от общей площади лесов. Настоящее исследование, а также работы других научных коллективов [28] демонстрируют, что процесс зарастания залежных земель в Республике Башкортостан преимущественно осуществляется за счет двух видов древесных растений: березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Данное явление обусловлено следующими факторами:

1. Засеивание залежных территорий происходит как из естественных лесных массивов, так и из защитных лесополос, в которых доминируют сосна и береза.

2. Береза демонстрирует высокую конкурентоспособность по сравнению с другими древесными породами благодаря ежегодному интенсивному семеношению, широкому распространению семян и высокой всхожести.

3. В северных районах Башкирского Предуралья, таких как Дюртюлинский, Калтасинский, Краснокамский и Янаульский, значительные площади заняты корневыми сосновыми лесами [3].

Дистанционное выявление лесных массивов, сформировавшихся на бывших сельскохозяйственных угодьях, осуществлялось с применением космических мультиспектральных изображений Sentinel 2, а также высокодетальных оптических снимков с пространственным разрешением до 1 метра, доступных на платформах Google и Yandex.

Для верификации данных дистанционного зондирования были использованы результаты полевых исследований, проведенных в 2024 году, в рамках которых осуществлялась точная фиксация лесных насаждений, произрастающих на залежных землях, а также их породного состава (табл. 1). Возраст древостоя был определен дендрохронологическим методом (табл. 1). Результаты дендрохронологических исследований подтверждены анализом разновременных оптических снимков, размещенных на ресурсе Google Earth, где наглядно наблюдается появление и рост древостоя. Всего было обследовано 35 пробных участков, расположенных в северной части Башкирского Предуралья (рис. 1).

Таблица 1
Table 1

Характеристика пробных площадей
Characteristics of research areas

№ участка	*Местоположение*	*Порода*	*Средний возраст древостоя, лет*
1	Аскинский р-н, п. Аскино	береза	10
2	Аскинский р-н, п. Аскино	береза	20
3	Бакалинский р-н, д. Новые Маты	сосна	11
4	Бакалинский р-н, д. Новые Маты	сосна	20
5	Белокатайский р-н, с. Емаши	береза	24
6	Белокатайский р-н, с. Карлыханово	сосна	15
7	Белокатайский р-н, с. Карлыханово	сосна	5
8	Белокатайский р-н, с. Новобелокатай	береза	24
9	Бирский р-н, с. Зуево	береза	20
10	Бирский р-н, с. Зуево	береза	17
11	Дуванский р-н, с. Дуван	сосна	18
12	Дуванский р-н, с. Дуван	сосна	12
13	Дуванский р-н, с. Месягутово	сосна	7
14	Дюртюлинский р-н, д. Ангасяк	сосна	12
15	Дюртюлинский р-н, д. Ангасяк	сосна	12
16	Иглинский р-н, с. Улу-Карамалы	береза	20
17	Илишевский р-н, д. Кызыл-Байрак	береза	26
18	Илишевский р-н, д. Каенлык	сосна	15
19	Караидельский р-н, д. Урюш-Битулино	береза	25
20	Караидельский р-н., д. Красный Урюш	сосна	18
21	Караидельский р-н, д. Сулейманово	береза	26
22	Кигинский р-н, с. Кисеик	береза	15
23	Кигиский р-н, с. Еланлино	береза	25
24	Мечетлинский р-н, п. Большеустинское	сосна	10
25	Салаватский р-н, с. Куселярово	береза	22
26	Салаватский р-н, с. Куселярово	береза	22
27	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	25
28	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	22
29	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	18
30	Салаватский р-н, с. Насибаш	сосна	5
31	Туймазинский р-н, с. Какрыбашево	сосна	20
32	Туймазинский р-н, с. Какрыбашево	сосна	20
33	Туймазинский р-н, с. Какрыбашево	сосна	13
34	Шаранский р-н, с. Зириклы	сосна	6
35	Шаранский р-н, с. Зириклы	сосна	До 5

Для выделения границ сельскохозяйственных угодий, подвергающихся естественному зарастанию древесной растительностью, была осуществлена предварительная обработка спутниковых снимков Sentinel 2, сделанных 09 декабря 2023 г. Разновременные снимки не использовались, так как состояние атмосферы оказывает сильное влияние на значение NDVI (normalized difference vegetation index – нормализованный разностной вегетационный индекс). В рамках обработки проведены атмосферная коррекция, склеивание и обрезка снимков по контуру административного района.

В геоинформационной системе Q-GIS путем применения операций пространственного анализа из слоя спутниковых данных были исключены следующие территории, не подлежащие учету при определении ареалов лесовосстановления:

1. Лесные земли;
2. Территории населенных пунктов;
3. Водные объекты (для водных артерий шириной до 100 м применялась буферизация, для водоемов – до 200 м);
4. Транспортные пути (для автомобильных дорог шириной до 10 м использовались буферные зоны).

Контуры исключенных территорий (населенные пункты, дороги, водные объекты) были получены из архивов базы векторных данных NextGIS (https://data.nextgis.com/ru/region/RU-BA/base/). Лесные земли исключены по контурам квартальной сети лесничеств, имеющейся в архивах авторов. Эти данные совпадают с официальной лесной картой – https://map.fgislk.gov.ru/map/.

Таким образом, оставшиеся земли относятся к настоящим и бывшим сельскохозяйственным угодьям: пастбищам, пашням и сенокосам.

Для идентификации древесных пород на зарастающих сельскохозяйственных землях был выполнен анализ летних и зимних спутниковых снимков с расчетом NDVI. Расчет NDVI в зимний период позволил дифференцировать участки с березовым и сосновым древостоем, поскольку сосна является вечнозеленой породой и имеет высокие значения NDVI в зимний период, особенно в начале зимы, когда снежный покров еще минимален. Пороговые значения NDVI, по результатам полевых исследований, для различения древесных пород составили: для сосны – более 0,159, для березы – в диапазоне 0,159–0,010 (рис. 2).

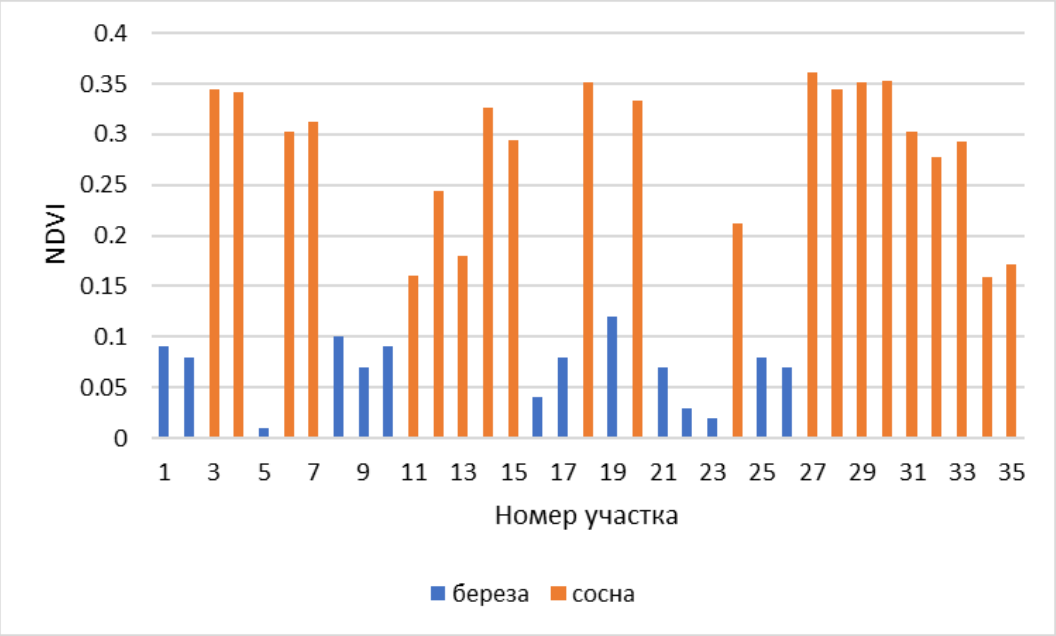

Рис. 2. Среднее значение NDVI в зимний период для березового и соснового древостоев
Fig. 2. The average NDVI values in winter for birch and pine stands

Результаты верификации данных, полученные в ходе полевых исследований, представлены на рис. 2. На основании анализа и сопоставления значений NDVI с ортофотопланами и данными полевых обследований были определены границы ареалов распространения различных типов древесных насаждений (рис. 3).

При наличии смешанного древостоя в качестве доминирующей породы для определения классификации выбиралась преобладающая порода ближайшего участка государственного лесного фонда, учитывая естественное распространение древостоя.

Алгоритм проведения работ по определению площади зарастающих участков с выделением сосновых и березовых пород включал следующие этапы:

1. Подготовка космического снимка Sentinel-2 (зимний снимок) для векторизации в программе QGIS. Были использованы каналы 4 и 8 Sentinel-2. При необходимости осуществлялась обрезка растрового слоя по границе административного района, а также объединение соседних снимков и проведение цветокоррекции.

2. Расчет индекса NDVI в калькуляторе растров по формуле 1

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED), \quad (1)$$

где NIR – ближний инфракрасный канал – b 8 Sentinel 2, RED – красный канал – b 4 Sentinel 2.

3. Векторизация слоя NDVI с использованием модуля SAGA GIS (vector<-> raster – vectorizing grid classes).

4. Обрезка полученного слоя по области исследования, исключая территории, не относящиеся к определению ареалов лесовосстановления.

5. Сегментация участков, соответствующих березе (NDVI в диапазоне от 0,010 до 0,159) и сосне (NDVI более 0,159).

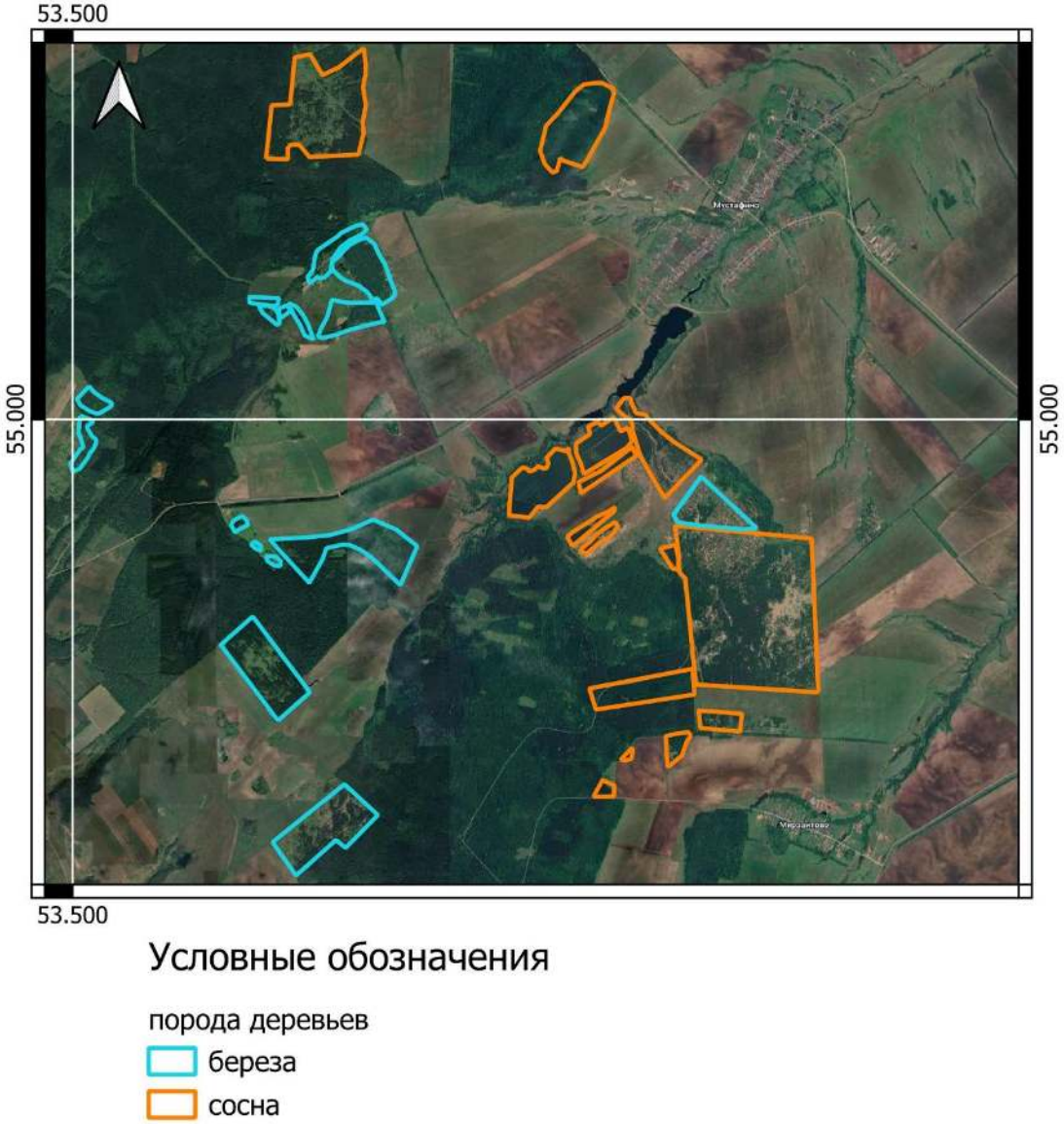

Рис. 3. Участки с разным породным составом
Fig. 3 Sites with different types of trees

Результаты исследования

Оцифрованы границы сосновых и березовых древостоев залежных земель севера Башкирского Предуралья. Ниже приведены определённые площади по муниципальным районам (табл. 2).

Всего в настоящее время площадь зарастания залежных земель на севере Башкирского Предуралья составляет 219 тыс. га, что составляет 3,75 % от всей исследуемой территории. При этом площадь сосновых и березовых насаждений примерно одинаковая и равняется 1,95 и 1,80 % соотвественно.

Таблица 2
Table 2

Площади участков лесовосстановления на бывших сельскохозяйственных угодьях, в гектарах
The area of reforestation sites on fallow lands, hectares

№ п/п	*Муниципальные районы*	*Порода*	
		береза	*сосна*
1	Аскинский	5814	6289
2	Бакалинский	1508	6289
3	Балтачевский	4128	2238
4	Белокатайский	6459	8161
5	Бирский	1682	3204
6	Благоварский	459	5089
7	Благовещенский	8680	9411
8	Буздякский	216	258
9	Бураевский	1949	4628
10	Дуванский	663	3798
11	Дюртюлинский	360	1513
12	Иглинский	6712	2548
13	Илишевский	263	918
14	Калтасинский	1798	5744
15	Караидельский	15919	15014
16	Кармаскалинский	209	52
17	Кигинский	4903	5711
18	Краснокамский	832	1861
19	Кушнаренковский	2912	3860
20	Мечетлинский	337	5990
21	Мишкинский	8930	4530
22	Нуримановский	1050	289
23	Салаватский	21355	8822
24	Татышлинский	236	80.0
25	Туймазинский	689	709
26	Уфимский	1287	615
27	Чекмагушевский	219	242
28	Шаранский	1341	1777
29	Янаульский	4065	5404
Итого		104968	114854

Вместе с тем зарастание по муниципальным районам происходит неоднородно (рис. 4). Наибольшие площади, занятые залежными землями, зарастающими лесом, характерны для центральной и восточной частей исследуемой территории. В то же время при оценке доли территорий, на которых наблюдается лесовосстановление на постагрогенных землях, в общей площади муниципального района лидирующую позицию занимает Салаватский район, где данный показатель составляет 13,9 %.

Наибольшее зарастание сосной характерно для Благовещенского, Караидельского, Балтачевского, Белокатайского, Салаватского и Бакалинского районов как в абсолютном значении площадей, так и в доле от общей площади муниципального района (рис. 5).

Распределение площадей залежных земель, подвергшихся зарастанию березой, характеризуется неравномерностью. Наибольшие площади зафиксированы в Краснокамском и Салаватском районах. По доле от общей площади сельскохозяйственных угодий Салаватский район занимает лидирующую позицию (рис. 6).

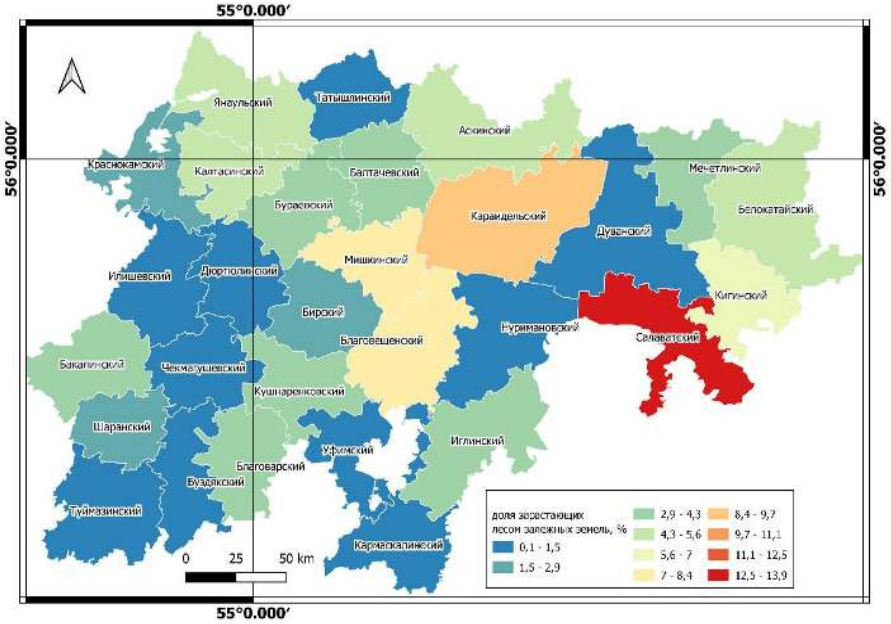

Рис. 4. Распределение доли площади зарастающих лесом залежных земель от общей площади муниципального района на севере Башкирского Предуралья
Fig. 4. Distribution of the share of overgrown fallow lands in the total area of individual municipal districts in the north of the Bashkir Cis-Urals

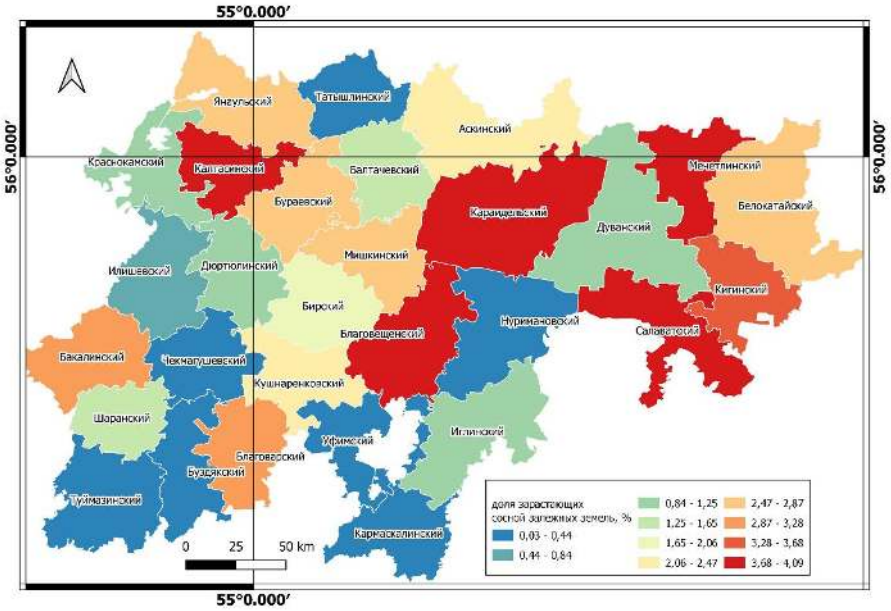

Рис. 5. Распределение доли площади зарастающих сосной залежных земель от общей площади муниципального района на севере Башкирского Предуралья
Fig. 5. Distribution of the share of fallow lands overgrown with pine in the total area of individual municipal districts in the north of the Bashkir Cis-Urals

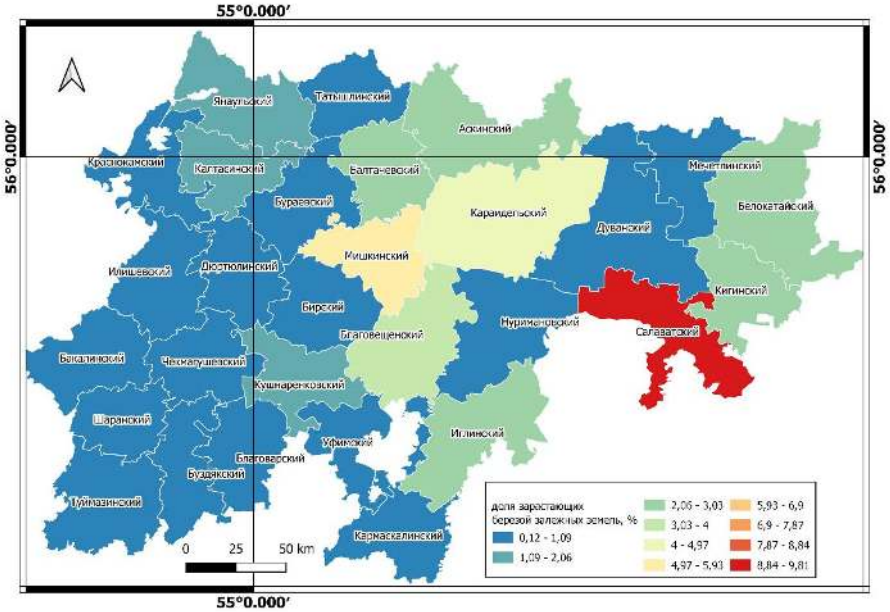

Рис. 6. Распределение доли площади зарастающих березой залежных земель
от общей площади муниципального района на севере Башкирского Предуралья
Fig. 6. Distribution of the share of birch-overgrown fallow lands
in the total area of individual municipal districts in the north of the Bashkir Cis-Urals

Обсуждение

Дистанционное определение зарастающих залежных земель. Для выявления процесса естественного лесовосстановления на заброшенных сельскохозяйственных угодьях используются спутниковые данные, полученные с помощью сенсоров Landsat OLI, Sentinel-2 MSI и MODIS [12; 23; 24; 32]. Различия в видовом составе больше были выражены в рамках применения Landsat OLI [25]. В то же время распределение заброшенных земель по степени лесного покрова в различных физико-географических подзонах наиболее четко проявляется на гистограммах коэффициентов отражения в коротковолновом инфракрасном диапазоне (SWIR), полученных с помощью Sentinel-2.

Согласно результатам исследования [22], наиболее сильная корреляция между показателями лесного покрова и данными спутниковых сенсоров наблюдается в красном диапазоне (полоса 4) и в коротковолновом инфракрасном спектре (полосы 11 и 12) Sentinel-2 для всех типов постагрогенных ландшафтов. В указанных спектральных диапазонах также были выявлены статистически значимые различия между теми или иными градациями лесного покрова на постагрогенных территориях. Установленные закономерности позволяют использовать коэффициенты отражения в красном диапазоне (полоса 4) и коротковолновом инфракрасном спектре (полосы 11 и 12) для оценки состояния лесного покрова на постагрогенных участках.

Была также отмечена высокая эффективность применения нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), полученного по снимкам, снятым в зимний период, для мониторинга зарастания залежных земель [32], особенно в случае с хвойными породами. Залежи с хвойными насаждениями демонстрируют наибольшую интенсивность межгодовых колебаний значений NDVI.

Таким образом, на основании данных наших и других исследований можно сделать вывод о том, что нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) является эффективным инструментом для достоверного определения породного состава древостоя.

Особенности зарастания залежных земель. Результаты исследования демонстрируют два основных момента: 1. особенности распределения площади и доли зарастания залежных земель в Башкирском Предуралье; 2. особенности зарастания березой. Несомненно, что площади зарастания связаны с количеством сельскохозяйственных земель, использование которых прекращено. По данным, представленным в статье [11], площадь пахотных земель с 1990 по 2010 гг. в Республике Башкортостан снизилась с 4849,2 тыс. га до 3631,9 тыс. га – т.е. на 25 %.

Исследования, проведенные в отдельных районах республики, также демонстрируют снижение площади пашни. Так, в Мишкинском районе на исследуемом участке отмечено снижение площади пашни с 1985 по 2020 г. на 72 % [26]. В исследовании [8] представлены показатели снижения площади пахотных земель с 1990 по 2017 год для некоторых районов республики. В частности, в Бакалинском районе произошло снижение на 26,8 %; Буздякском – 8 %, Илишевском – 5 %, Кушнаренковском – 10 %, Чекмагушевском – 6 % и пр.

Показательным было сравнение данных сельскохозяйственной микропереписи [17] Республики Башкортостан и результатов наших исследований (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Площади и структура сельскохозяйственных земель по муниципальным районам
(по данным сельскохозяйственной микропереписи, 2021 [17])
The area and structure of agricultural lands by municipal districts
(according to agricultural micro-census data, 2021 [17])

№, п\п	*Муниципальный район*	*Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения*	*Общая посевная площадь*	*Доля посевной площади, %*	*Доля зарастающих лесом залежных земель*
1.	Аскинский	38294,60	3762,00	9,82	31,60
2.	Бакалинский	138870,40	38295,00	27,60	5,62
3.	Балтачевский	72077,00	30689,00	42,60	8,80
4.	Белокатайский	48985,10	10087,00	20,60	29,80
5.	Бирский	73357,00	20614,70	28,10	6,66
6.	Благоварский	159852,40	66158,00	41,40	3,47
7.	Благовещенский	123984,10	25033,00	20,20	14,60
8.	Буздякский	106782,80	35529,00	33,30	0,44
9.	Бураевский	94726,30	20372,00	21,50	6,90
10.	Дуванский	91044,80	40548,00	44,50	4,90
11.	Дюртюлинский	108455,90	52343,00	48,30	1,73
12.	Иглинский	40801,30	9325,00	22,90	22,70
13.	Илишевский	219798,10	63718,00	29,00	0,54
14.	Калтасинский	50756,50	12519,00	24,70	14,90
15.	Караидельский	66410,00	14218,00	21,40	46,60
16.	Кармаскалинский	169412,90	49655,00	29,30	0,15
17.	Кигинский	85281,90	10103,00	11,80	12,40
18.	Краснокамский	82230,90	20389,00	24,80	3,27
19.	Кушнаренковский	91740,80	37587,00	41,00	7,38
20.	Мечетлинский	52974,10	18446,00	34,80	11,90
21.	Мишкинский	31088,70	5626,00	18,10	43,30
22.	Нуримановский	39891,10	9163,50	23,00	3,36
23.	Салаватский	45851,30	6576,00	14,30	65,80
24.	Татышлинский	68933,30	43455,00	63,00	0,46
25.	Туймазинский	152956,90	49427,80	32,30	0,91
26.	Уфимский	105572,00	33607,00	31,80	1,80
27.	Чекмагушевский	250468,30	73611,00	29,40	0,18
28.	Шаранский	59100,90	9743,00	16,50	5,28
29.	Янаульский	141399,90	35003,00	24,80	6,70

На основании данных, представленных в табл. 3, наблюдается следующая закономерность: при увеличении доли посевных площадей происходит снижение доли залежных земель, подверженных зарастанию лесными насаждениями, и наоборот. Коэффициент корреляции Пирсона (r) составляет –0,52, что указывает на наличие умеренной обратной зависимости между этими показателями.

Таким образом, преобладание залежных земель, зарастающих лесными насаждениями, в Салаватском и Караидельском районах может быть обусловлено спецификой сельскохозяйственного освоения данных территорий.

В целом литературные и фондовые данные свидетельствует о значительных площадях залежных земель в Республике Башкортостан. Вместе с тем официальные данные и результаты исследований различаются. В соответствии с данными сельскохозяйственной микропереписи Республики Башкортостан 2021 г. [29] общая площадь залежных земель составляет 116 тыс. га, в то время как наши результаты показали 219 тыс. га только заросших лесом бывших пашен по северу Башкирского Предуралья. Онлайн-ресурс «Карта неиспользуемых сельхозземель» (составлено на основании анализа данных изображений спутника Landsat) [30] выделяет Республику Башкортостан как регион-лидер по площади неиспользуемых сельскохозяйственных земель с общей площадью более 4 млн га, из которых 944 тыс. га покрыто лесом. На наш взгляд, данная оценка весьма завышена. В расчетах не исключены водоохранные зоны рек, дороги и в некоторых случаях естественные степные участки. Также на базе космических снимков Landsat проведена классификация поверхности Земли в работе [31]. Отличие от полученных нами результатов заключается в меньшем пространственном разрешении (у снимков Landsat – 30 м, у снимков Sentinel – 10 м), отсутствии верификации результатов по полевым данным в регионе исследования и отсутствии разделения контуров по преобладающей породе.

Полевое исследование, проведенное для Караидельского, Аскинского, Мишкинского, Иглинского районов, показывает массовое зарастание березой [18]. В соответствии с таблицей 2 береза действительно преобладает в Мишкинском и Иглинском районах, а вот в Караидельском и Аскинском районах соотношение

березы и сосны примерно одинаковое. Такое различие объясняется особенностями локализации площадок для геоботанических исследований.

Береза является видом, доминирующим в естественном лесовосстановлении на Европейской территории России [32; 33]. Сосна возобновляется при наличии источника обсеменения, и есть мнение, что лучше восстанавливается в таежной зоне России [7; 34]. По нашим наблюдениям, в северной части Башкирского Предуралья заселение сосной залежных земель происходит как за счет участков соснового леса и лесопосадок, так и за счет охраняемых реликтовых лесов и старовозрастных посадок. По данным лесного плана Республики Башкортостан, сосновые леса преобладают среди хвойных лесов и занимают 68,8 % площади хвойных насаждений и 77,1 % их запасов (11,7 % от общей площади лесов и 18,4 % от общего запаса) [17]. В настоящее время на исследуемой территории имеется 20 памятников природы, направленных на сохранение реликтовых сосновых лесов и старовозрастных сосновых посадок [35]. При этом 2 памятника природы расположены в Бакалинском, 2 – в Бирском, 2 – в Дуванском, 2 – в Дюртюлинском, 4 – в Краснокамском, 3 – в Туймазинском районах. Во всех указанных районах площадь постагрогенных земель, занятых сосной, превышает площадь аналогичных березовых древостоев.

В научных исследованиях факторы, оказывающие влияние на процесс зарастания бывших сельскохозяйственных угодий, классифицируются на несколько категорий: ландшафтно-экологические, социальные, экономические и обусловленные научно-техническим прогрессом [4; 15].

Ландшафтно-экологические факторы включают в себя характеристики рельефа, почвенного покрова, климатические условия, уровень антропогенного воздействия, наличие коренных лесных массивов и особо охраняемых природных территорий.

В контексте Башкирского Предуралья отчетливо прослеживается влияние ландшафтных факторов на трансформацию структуры землепользования и последующее зарастание залежных земель. Район, лидирующий по степени зарастания, а именно Салаватский район, характеризуется сложным горным рельефом и бедными серыми лесными почвами, что значительно снижает его агропроизводственный потенциал. В период после экономических реформ 1990-х годов данный регион подвергся значительной дезурбанизации. Присутствие особо охраняемых природных территорий, ориентированных на сохранение реликтовых лесных экосистем, оказывает влияние на формирование породного состава древостоев. Кроме того, физиологические характеристики древесных пород, их устойчивость к внешним факторам и репродуктивные способности также играют ключевую роль в этом процессе.

Ландшафтно-экологические факторы, в свою очередь, оказывают воздействие на экономические аспекты сельскохозяйственного производства. Трудности в обработке земель, обусловленные спецификой ландшафта, приводят к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции и сокращению рентабельности аграрных предприятий. К социальным факторам относятся удаленность от крупных населенных пунктов и рынков сбыта, ограниченная транспортная доступность, а также демографические изменения, включая сокращение численности местного населения.

Анализ территориального распределения процессов зарастания в Башкирском Предуралье демонстрирует, что районы, наиболее близкие к г. Уфе, такие как Кармаскалинский, Буздякский и Чекмагушевский, подвержены зарастанию в наименьшей степени. Научно-технический прогресс способствует переходу от интенсивного к экстенсивному земледелию, что позволяет получать более высокие урожаи с меньших площадей за счет современных агротехнических методов и сельскохозяйственной техники. В результате этого процесса потребность в обширных пахотных угодьях снижается, в то время как площади заброшенных земель, подверженных зарастанию древесной растительностью, увеличиваются.

Заключение

Сопоставление данных камерального анализа и результатов дистанционного зондирования Земли продемонстрировало эффективность применения индекса NDVI для определения доминирующих древесных пород на территориях, ранее использовавшихся в сельскохозяйственных целях и в настоящее время подвергающихся лесовосстановлению.

Общая площадь зарастания территории сосной и березой является сопоставимой и составляет 105 и 115 тыс. гектаров соответственно, что в совокупности эквивалентно 3,75 % от всей исследованной площади.

Береза характеризуется высокой способностью к распространению благодаря биологическим особенностям, таким как семеношение и формирование всходов. Источником распространения сосновых насаждений являются коренные лесные массивы и особо охраняемые природные территории.

Проведенный анализ выявил неравномерность процесса зарастания по территории Башкирского Предуралья. В северных муниципальных районах Башкирского Предуралья наблюдается зарастание древесной растительностью от 0,2 % до 65 % площадей сельскохозяйственного назначения. Наибольшая степень зарастания зафиксирована в районах, удаленных от города Уфы и характеризующихся гористым и холмистым рельефом (Салаватский, Караидельский районы). Установлена отрицательная корреляционная зависимость ($r = –0,52$) между уровнем аграрной деятельности и степенью зарастания бывших сельскохозяйственных земель древесной растительностью, включая березу и сосну. В районах, приближенных к городу Уфе, отмечается более высокая степень сельскохозяйственной освоенности и меньшее зарастание залежных земель древесными породами.

Библиографический список

1. *Архипова М. В.* Изменение лесистости в центре Восточно-Европейской равнины за последние150 лет // Лесоведение. 2020. № 1. С. 35–45.

2. Атлас Республики Башкортостан» / Р. Ф. Абдрахманов, Р. М. Абзалов, А. З. Асфандияров [и др.]; гл. ред. И. М. Япаров; Омская картографическая фабрика, Роскартография, Уфа, 2005. 419 с.

3. *Байтурина Р. Р., Габделхаков А. К., Халикова О. В., Рахматуллин З. З., Тимерьянов* А. Ш. Влияние изменений климата на лесные ресурсы Республики Башкортостан // Лесотехнический журнал. 2020. №4 (40). С. 99-109. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/8

4. *Гичан Д. В., Тебенькова Д. Н.* Зарастание земель сельскохозяйственного назначения древесной растительностью: масштабы, причины, пути использования. Обзор // Вопросы лесной науки. 2023. № 3. Статья № 131. DOI: 10.31509/2658-607x-202363-131

5. *Глушков И. В., Лупачик В., Прищепов А. В., Потапов П. В., Пукинская М. Ю., Ярошенко А. Ю., Журавлева И. В.* Картирование заброшенных земель в восточной Европе с помощью спутниковых снимков Landsat и Google Earth Engine // Доклады VII Всероссийской конференции "Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии". Москва, 22-24 апреля 2019 г. Москва: ЦЭПЛ РАН, 2019. С. 35–37

6. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2021 году / О. А. Скуфинский, А. И.Бутовецкий Т. А., Громова; Росинформагротех, Москва 2022. 206. с.

7. *Данченко А. М., Трофименко Н. М.* Экология семенного размножения березы. Новосибирск: Наука, 1993. 184 с.

8. *Закиров И. В., Галкин А. В., Пономарева Н. С.* Экономико-географический анализ сельскохозяйственного землепользования в Республике Башкортостан // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2020. №1. С. 28–42

9. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Т. 3. Земельные ресурсы и их использование / А. В. Базаров, Н. А. Воробьева, Е. Ч. Галабурда [и др.]; гл. ред. К.Э. Лайкам; Федеральная служба гос. статистики. Москва: ИИЦ «Статистика России», 2018. 308 С.

10. *Калашников К. И., Кулик Е. Н., Коменданова Т. М., Балданов Н. Д.* Ретроспективный анализ лесовозобновления на залежных землях Республики Бурятия по данным дистанционного зондирования земли // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2020. № 4(183). С. 64-68.

11. *Кузнецова А. Р., Махмутов А. Х.* Агропромышленный комплекс Республики Башкортостан в период с 1990 по 2010 годы // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2024. Т. 50, № 1(113). С. 45–59. DOI: 10.24412/1728-5283-2024-1-45-59

12. *Лежнин С. А., Губаев А. В., Воробьев О .Н., Курбанов Э .А., Дергунов Д. М.* Дистанционный мониторинг зарастания залежей Республики Марий Эл методом анализа главных компонент // Исследования Земли из космоса. 2024. № 2. С. 21–31. DOI: 10.31857/S0205961424020034

13. Лесной план Республики Башкортостан. // сайт. URL: https://forest.bashkortostan.ru/upload/uf/94b/t18j0ae08v0byebu0rbtjjo3tnnxhevu/Lesnoy-plan-Respubliki-Bashkortostan-_tekstovaya-chast_.pdf (дата обращения: 12.12.2025).

14. *Наквасина Е. Н., Шумилова Ю. Н.* Динамика запасов углерода при формировании лесов на постагрогенных землях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 1. С. 46–59. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-46-59

15. *Новоселова Н. Н., Залесов С. В., Магасумова А. Г.* Формирование древесной растительности на бывших сельскохозяйственных угодьях. Екатеринбург: Урал. гос.лесотехн. ун-т, 2016. 106 с.

16. *Орлова О. И.* Борьба за землю: восстановление залежных земель // Карельский научный журнал. 2015. № 2 (11). С. 130–133.

17. Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года. Статистический сборник. / отв. ред. З. Н. Аса–дуллина А. Ф., Валишина Р. Р., Хурамшина; Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Республике Башкортостан; Уфа, 2022. 298 с.

18. Реестр особо охраняемых природных территорий республиканского значения / А. А. Мулдашев, Э. П. Позднякова, Л. А. Едрёнкина [и др.]; гл. ред. В.Б. Мартыненко; 3-е изд., перераб. Уфа: Белая река, 2016. 400 с.

19. Реестр особо охраняемых природных территорий Республики Башкортостан. / А А. Мулдашев, Э. П. Позднякова, Л. А. Едрёнкина [и др.]; гл. ред. Б.М. Миркин; 2-е изд., перераб. и доп. Уфа: МедиаПринт, 2010. 414 с.

20. *Романовская А. А.* Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO_2, N_2O, CH4) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России: автореф. дис. … докт. биол. наук. / Институт глобального климата и экологии Москва, 2008. 42 с.

21. *Романовская А. А., Гитарский М. Л., Карабань Р. Т., Назаров И. М.* Роль залежных земель России в поглощении диоксида углерода из атмосферы // Проблемы экол. мониторинга и моделирования экосистем. 2005. Т. 20. С. 219–237.

22. *Терехин Э. А.* Анализ спектрально-отражательных свойств залежных земель Среднерусской лесостепи по данным Sentinel-2 // Компьютерная оптика. 2023. Т. 47, № 2. С. 306-313. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1160

23. *Терехин Э. А.* Особенности многолетней динамики вегетационного индекса залежных земель на территории Центрального Черноземья // Региональные геосистемы. 2022. № 45. С. 505-515. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-505-515

24. *Терехин Э. А.* Состояние залежных земель и особенности их спектрально-отражательных свойств на территории Среднерусской // Региональные геосистемы. 2022. № 45 С. 356-365. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-356-365

25. *Терехин Э. А.* Сравнительный анализ индикаторов формирования древесной растительности на залежных землях среднерусской лесостепи на основе данных дистанционного зондирования Земли // Исследование Земли из космоса. 2024. №1. С. 29-39. DOI: 10.31857/S0205961424010037

26. *Туктамышев И .Р., Федорова Ю. А., Федоров Н. И., Широких П. С.* Закономерности современного использования заброшенных сельскохозяйственных земель в широколиственно-лесной и лесостепной зонах Республики Башкортостан // Экобиотех. 2022. Т. 5, № 3. С. 152-160. DOI: 10.31163/2618-964X-2022-5-3-152-160

27. Физико-географическое районирование Башкирской АССР / Е. И. Кадильникова А. А. Цветаев Е .С. Смирнова [и др.]; гл. ред. И. П. Кадильников. Уфа, 1964. 210 с.

28. *Широких П. С., Федоров Н. И., Туктамышев И. Р., Бикбаев И. Г., Мартыненко В. Б.* Закономерности лесовосстановительных сукцессий на заброшенных сельскохозяйственных землях Башкирского Предуралья // Экология. 2023. № 3. С. 179-187. DOI: 10.31857/S036705972303006X

29. *Щукин С.В., Голубева А.И., Дорохова В.И., Дугин А.Н.* Рекомендации по вовлечению в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 1 (41). С. 87–98.

30. *Юровских Е. В., Залесов С. В., Магасумова А. Г., Бачурина А .В.* Густота и надземная фитомасса подроста сосны на бывших сельскохозяйственных угодьях// Аграрный вестник Урала. 2016. № 11(153). С. 80–85

31. *Cramer V. A., Hobbs R. J.* Old Fields: Dynamics and Restoration of Abandoned Farmland. Washington, DC: Island Press, 2007. Vol. 101. 334 p.

32. *Khunrattanasiri W., Amarakul A., Rianthakool L., Hutayanon Th*. Above-ground Carbon Storage Estimation of a Reforestation Site at Mae Moh Mine, Lampang Province, Using Sentinel-2 Satellite Data // Thai Journal of Forestry. 2023. № 42(2). Pp. 113–122.

33. *Kurganova I. N., Kudeyarov V. N., Lopes de Gerenyu V. O*. Updated estimate of carbon balance on Russian territory // Tellus, 2010, Vol. 62B (5). Pp. 497–505.

34. *Liangyun L., Xiao Zh., Tingting Zh*.. GLC_FCS30D: the first global 30-m land-cover dynamic monitoring product with fine classification system from 1985 to 2022. 2023 [Data set] / сайт. URL: https://zenodo.org/records/14891815 (дата обращения 10.02.2026). DOI:10.5281/zenodo.8239305

35. *Post W. M., Kwon K. C.* (). Soil carbon sequestration and landuse change: processes and potential // Global Change Biology. 2000. № 6. Pp. 317–327.

36. *Ramankutty N., Foley J. A.* (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992 // Global Biogeochemical Cycles. Vol. 13. No. 4, Pp. 997–1027. DOI:10.1029/1999gb900046

References

1. Arhipova M. V. Izmenenie lesistosti v centre Vostochno-Evropejskoj ravniny za poslednie150 let [Changes in forest cover in the center of the Eastern European Plain over the last 150 years]. *Lesovedenie,* 2020, no. 1, pp. 35–45. (In Russ.)

2. Abdrakhmanov R. F., Abzalov R. M., Asfandiyarov A. Z., Baimbetov L. R. *Atlas Respubliki Bashkortostan* [The atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: «Omskaja kartograficheskaja fabrika», «Roskartografija» (Ufa). 419 p. (In Russ.)

3. Bajturina R. R., Gabdelxakov A. K., Xalikova O. V., Raxmatullin Z. Z., Timer`yanov A.Sh. Impact of climate change on the forest resources of the Republic of Bashkortostan. *Forestry Engineering Journal*, 2020, no 4(40), pp. 99-109. (In Russ.) DOI:10.34220/issn.2222-7962/2020.4/8

4. Gichan D. V., Teben`kova D. N. Woody plants growth on abandoned agricultural lands: scale, causes of abandonment, ways of use. A review. *Forest Science Issues*, 2023, no 3, pp 131, (In Russ.) DOI: 10.31509/2658-607x-202363-131.

5. Glushkov I. V., Lupachik V., Prishhepov A. V., Potapov P. V., Pukinskaja M .Ju., Jaroshenko A. Ju., Zhuravleva I. V. Kartirovanie zabroshennyh zemel' v vostochnoj Evrope s pomoshh'ju sputnikovyh snimkov Landsat i Google Earth Engine [Mapping abandoned lands in Eastern Europe using Landsat and Google Earth Engine satellite imagery]. In *Doklady VII Vserossijskoj konferencii "Ajerokosmicheskie metody i geoinformacionnye tehnologii v lesovedenii, lesnom hozjajstve i jekologii", 22-24 aprelya 2019 g*. Moscow: CJePL RAN, 2019, pp. 35-37. (In Russ.)

6. Skufinsky O. A., Butovetsky A. I., Gromova T.A., Martynova E.V. *Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostojanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2021 godu* [State (national) report on the state and use of lands in the Russian Federation in 2021]. Moscow.: Rosinformagroteh, 2022. 29 p. (In Russ.)

7. Danchenko A. M., Trofimenko N.M. *Jekologija semennogo razmnozhenija breezy* [Ecology of birch seed propagation]. Novosibirsk: Nauka, 1993. 184 p.

8. Zakirov I.V., Galkin A.V., Ponomareva N.S. *Jekonomiko-geograficheskij analiz sel'skohozjajstvennogo zemlepol'zovanija v Respublike Bashkortostan* [Economic and geographical analysis of agricultural land use in the Republic of Bashkortostan] . *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografija. Geologija*, 2020, no 1, pp. 28-42. (In Russ.)

9. Bazarov A.V., Vorobyova N.A., Galaburda E.C., Demina L.V. Itogi Vserossijskoj sel'skohozjajstvennoj perepisi 2016 goda [Results of the All-Russian Agricultural Census of 2016:]. Moscow.: IIC «Statistika Rossii», 2018. 308 p. (In Russ.)

10. Kalashnikov K.I., Kulik E.N., Komendanova T.M., Baldanov N.D. Retrospektivnyj analiz lesovozobnovlenija na zalezhnyh zemljah Respubliki Burjatija po dannym distancionnogo zondirovanija zemli [A retrospective analysis of reforestation on fallow lands of the Republic of Buryatia based on remote sensing data]. *Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'*, 2020, no 4(183), pp. 64-68. (In Russ.)

11. Kuznecova A.R., Mahmutov A.H. Agricultural complex of the Republic of Bashkortostan in the period from 1990 to 2010. *Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*. 2024, Vol. 50, no 1(113), pp. 45-59. (In Russ.) DOI: 10.24412/1728-5283-2024-1-45-59

12. Lezhnin S.A., Gubaev A.V., Vorob'ev O.N., Kurbanov Je.A., Dergunov D.M. Remote monitoring of reforestation on the abandoned agricultural lands in the Republic of Mari El using the method of principal component analysis. *Earth observation and remote sensing*, 2024, no 2, pp. 21-31, (In Russ.) DOI: 10.31857/S0205961424020034.

13. *Lesnoj plan Respubliki Bashkortostan* [Forest Plan of the Republic of Bashkortostan]. (In Russ.) URL: https://forest.bashkortostan.ru/upload/uf/94b/t18j0ae08v0byebu0rbtjjo3tnnxhevu/Lesnoy-plan-Respubliki-Bashkortostan-_tekstovaya-chast_.pdf (Accessed: 12 December 2025).

14. Nakvasina E.N., Shumilova Ju.N. Dynamics of carbon stocks in the formation of forests on post-agrogenic lands. *Russian Forestry Journal*, 2021, no 1, pp. 46–59. (In Russ.) DOI: 10.37482/0536-1036-2021-1-46-59

15. Novoselova N.N., Zalesov S.V., Magasumova A.G. *Formirovanie drevesnoj rastitel'nosti na byvshih sel'skohozjajstvennyh ugod'jah* [Formation of woody vegetation on former agricultural lands]. Ekaterinburg: Ural. gos. lesotehn. un-t, 2016. 106 p. (In Russ.)

16. Orlova O.I. Bor'ba za zemlju: vosstanovlenie zalezhnyh zemel' [The struggle for land: restoration of fallow lands]. *Karel'skij nauchnyj zhurnal*, 2015, no 2 (11), pp. 130–133. (In Russ.)

17. *Osnovnye itogi sel'skohozjajstvennoj mikroperepisi 2021 goda. Statisticheskij sbornik.* [The main results of the agricultural micro-census in 2021. Statistical collection]. Ed. by Z.N. Asadullina, A.F. Valishina, R.R. Khuramshina. Ufa. Territorial'nyj organ federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Bashkortostan. 2022. 298 p. (In Russ.)

18. Muldashev A.A., Pozdnyakova E.P., Edrenkina L.A., Sagitov Sh.Z. *Reestr osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij respublikanskogo znachenija* [Register of specially protected natural territories of republic importance. Issue 3]. Ufa: Belaja reka, 2016. 400 p. (In Russ.)

19. Muldashev A.A., Pozdnyakova E.P., Edrenkina L.A., Sagitov Sh.Z/ Reestr osobo ohranjaemyh prirodnyh territorij Respubliki Bashkortostan [Register of specially protected natural territories of the Republic of Bashkortostan. Issue 2]. Ufa: MediaPrint, 2010. 414 p. (In Russ.)

20. Romanovskaja A.A. *Osnovy monitoringa antropogennyh jemissij i stokov parnikovyh gazov (CO_2, N_2O, CH_4) v zhivotnovodstve, pri sel'skohozjajstvennom zemlepol'zovanii i izmenenii zemlepol'zovanija v Rossii* [Fundamentals of monitoring anthropogenic emissions and runoff of greenhouse gases (CO_2, N_2O, CH_4) in animal husbandry, agricultural land use and land-use change in Russia]: Extended abstract of Doct.Sc., dissertation. Institute of Global Climate and Ecology. Moscow, 2008. 42 p. (In Russ.)

21. Romanovskaja A.A., Gitarskij M.L., Karaban' R.T., Nazarov I.M. Rol' zalezhnyh zemel' Rossii v pogloshhenii dioksida ugleroda iz atmosfery [The role of Russia's fallow lands in the absorption of carbon dioxide from the atmosphere]. *Problemy jekol. monitoringa i modelirovanija jekosistem*, 2005, Vol. 20, pp. 219–237. (In Russ.)

22. Terehin Je.A. Spectral reflectance analysis of abandoned agricultural lands in the Central Russian forest-steppe using Sentinel-2 satellite data. *Computer Optics*, 2023, Vol. 47, no 2, pp. 306-313. (In Russ.) DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1160

23. Terehin Je.A. Long-term dynamics of the vegetation index for abandoned farmlands in the Central Chernozem Region of Russia. *Regional geosystems*, 2022, no 45, pp. 505-515. (In Russ.) DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-4-505-515.

24. Terehin Je.A. Parameters of abandoned agricultural lands and their reflectance in the Central Russian forest-steppe. *Regional geosystems*, 2022, no 45 pp. 356-365. (In Russ.) DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-356-365.

25. Terehin Je.A. Comparative analysis of reforestation indicators on abandoned agricultural lands in the Central Russian Forest-Steppe based on remote sensing data. *Earth Research from Space*, 2024, no 1, pp. 29-39. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0205961424010037

26. Tuktamyshev I.R., Fedorova Ju.A., Fedorov N.I., Shirokih P.S. Patterns of modern use of abandoned agricultural land in broad-leaved forest and forest-steppe zones of the Republic of Bashkortostan. *EcoBioTech*, 2022, Vol. 5, no 3. pp. 152-160. (In Russ.) DOI: 10.31163/2618-964X-2022-5-3-152-160.

27. Kadilnikova E.I., Tsvetaev A.A. , Smirnova E.S., Kadilnikov I.P. *Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie Bashkirskoj ASSR* [Physical and geographical zoning of the Bashkir ASSR]. Ufa, 1964. 210 p. (In Russ.)

28. Shirokih P.S., Fedorov N.I., Tuktamyshev I.R., Bikbaev I.G., Martynenko V.B. Patterns of Reforestation Successions on Abandoned Agricultural Lands of the Bashkir Cis-Urals. *Russian Journal of Ecology*, 2023, no 3. pp. 179-187. (In Russ.) DOI: 10.31857/S036705972303006X

29. Shhukin S.V., Golubeva A.I., Doroxova V.I., Dugin A.N. Rekomendacii po vovlecheniyu v xozyajstvenny`j oborot neispol`zuemy`x zemel` sel`skoxozyajstvennogo naznacheniya [Recommendations on the involvement of unused agricultural land in economic turnover]. *Vestnik APK Verxnevolzh`ya*, 2018, no 1 (41), pp. 87–98. (In Russ.)

30. Jurovskih E.V., Zalesov S.V., Magasumova A.G., Bachurina A.V. Gustota i nadzemnaja fitomassa podrosta sosny na byvshih sel'skohozjajstvennyh ugod'jah [Density and aboveground phytomass of pine undergrowth on former agricultural lands]. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2016, no 11 (153), pp. 80–85. (In Russ.)

31. Cramer V. A., Hobbs R. J. Old Fields: Dynamics and Restoration of Abandoned Farmland. Washington, DC: Island Press, 2007. Vol. 101. 334 p.

32. Khunrattanasiri W., Amarakul A., Rianthakool L., Hutayanon Th. Above-ground Carbon Storage Estimation of a Reforestation Site at Mae Moh Mine, Lampang Province, Using Sentinel-2 Satellite Data . *Thai Journal of Forestry*. 2023, no 42(2), pp. 113-122

33. Kurganova I.N., Kudeyarov V.N., Lopes de Gerenyu V.O. Updated estimate of carbon balance on Russian territory. *Tellus*. 2010, Vol. 62B (5), pp. 497–505.

34. Liangyun L., Xiao Zh., Tingting Zh.. GLC_FCS30D: the first global 30-m land-cover dynamic monitoring product with fine classification system from 1985 to 2022. 2023 [Data set] URL: https://zenodo.org/records/14891815. (Accessed: 10 February 2026).DOI:10.5281/zenodo.8239305

35. Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and landuse change: processes and potential. *Global Change Biology*, 2000, no 6, pp. 317–327.

36. Ramankutty N., Foley J. A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992 . *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, Vol. 13, no. 4, pp. 997–1027. DOI:10.1029/1999gb900046

Статья поступила в редакцию: 14.05.25, одобрена после рецензирования: 06.03.26, принята к опубликованию: 12.03.26.

The article was submitted: 14 May 2025; approved after review: 6 March 2026; accepted for publication: 12 March 2026.

Информация об авторах
Екатерина Александровна Богдан
Кандидат экономических наук,
ведущий научный сотрудник,
Уфимский государственный нефтяной технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
Доцент,
Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Information about the authors
Ekaterina A. Bogdan
Candidate of Economic Sciences,
Leading Researcher,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Associate Professor,
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: eavolkova@bk.ru

Ирик Юлаевич Сайфуллин
Кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
Доцент, Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Irik Yu. Sayfullin
Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Associate Professor,
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: irekle@mail.ru

Ильдар Радикович Вильданов
Младший научный сотрудник,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
Старший преподаватель,
Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Ildar R. Vildanov
Junior Researcher,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Senior Lecturer,
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: ildar.vildanov.89@mail.ru

Лариса Николаевна Белан
Доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
Директор Международного научно-образовательного
центра «Кафедра ЮНЕСКО
«Геопарки и территории устойчивого развития»,
Уфимский университет науки и технологии;
450076, Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. Заки Валиди, 32

Larisa N. Belan
Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Professor,
Ufa State Petroleum Technological University,
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia;
Director of the International Scientific and Educational
Center "UNESCO Department of Geoparks and
Territories of Sustainable Development,"
Ufa University of Science and Technology;
32, Zaki Validi st., Ufa, 450076, Russia

e-mail: Belan77767@mail.ru

Ирэн Ольвертовна Туктарова
Кандидат технических наук, заведующий кафедрой охраны
окружающей среды и рационального использования
природных ресурсов,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет;
450064, Россия, Республика Башкортостан,
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1

Iren O. Tuktarova
Candidate of Technical Sciences,
Head of the Department of Environmental Protection
and Rational Exploitation of Natural Resources,
Ufa State Petroleum Technological University;
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russia

e-mail: umrko@mail.ru

Вклад авторов

Богдан Е. А. – идея, сбор материала, обработка, анализ и визуализация полученных результатов, написание статьи.

Сайфуллин И. Ю. – идея, разработка методики исследования, обработка данных дистанционного зондирования.

Вильданов И. Р. – идея, разработка методики исследования, обработка данных дистанционного зондирования.

Белан Л. Н. – идея, написание статьи.

Туктарова И. О. – научное редактирование текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Ekaterina A. Bogdan – the idea; material collection; processing, analysis, and visualization of field data and remote sensing data; writing of the article.

Irik Yu. Sayfullin – the idea; development of research methodology; processing of remote sensing data.

Ildar R. Vildanov – the idea; development of research methodology; processing of remote sensing data.

Larisa N. Belan – the idea; writing of the article.

Iren O. Tuktarova – scientific editing.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.