
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ОЦЕНКА СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ КОЭФФИЦИЕНТОВ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЯРКОСТИ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ПОРОД ГЗЛП “ПЕНЗА-КАМЕНСК” С ПОМОЩЬЮ ДЗЗ И ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 2024 г. А. А. Выприцкий¹*, К. П. Синельникова¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение “Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук” (ФНЦ агроэкологии РАН), Волгоград, Россия

*E-mail: vyprickiy-a@yfacn.ru

Поступила в редакцию 17.01.2024 г.

Для улучшения климатических условий, сохранения урожая сельскохозяйственных культур и защиты от дефляции 76 лет назад было спроектировано 8 государственных защитных лесных полос (ГЗЛП), общей протяженностью 5320 км. В настоящее время актуальные данные о состоянии ГЗЛП отсутствуют в открытом доступе, поэтому определение современного состояния защитных лесных полос на основе данных дистанционного зондирования является актуальной. Цель исследования – определить основные изменения коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) преобладающих пород на ГЗЛП “Пенза–Каменск” на основе данных ДЗЗ и проведенных инвентаризационных работах. Объектом исследования является государственная защитная лесная полоса “Пенза–Каменск”, которая проходит по территории Волгоградской области. Картографирование проектных границ объекта исследования выполнялось по данным сверхвысокого разрешения. Определение сохранности ГЗЛП “Пенза–Каменск” проводилось по данным высокого разрешения спутника Sentinel-2 на основе вегетационного индекса NDVI). При выполнении камеральных исследований было выделено 6949,62 га проектной площади государственной защитной лесной полосы, площадь внутри контуров составила 6317,91 га, а общая сохранность исследуемого объекта равна 90,91%. Во время проведения инвентаризационных работ было описано более 59 различных видов комбинаций по определению породного состава, была вычислена средняя высота насаждений, рассчитана сомкнутость на участках и присвоены классы бонитета по таблице Орлова. В результате инвентаризации было определено, что преобладающими породами являются: Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), Ясень пенсильванский (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) и Вяз (*Ulmus* L.), для которых были рассчитаны КСЯ. Полученные результаты демонстрируют значительную разницу между коэффициентами преобладающих древесных пород с 6 канала по 8А, высокие значения наблюдаются в выделах с чистым породным составом вяза и смешанным составом с ним. Минимальные показатели КСЯ при анализе получены на выделах с чистыми насаждениями ясеня.

Ключевые слова: картографирование, Волгоградская область, ГЗЛП, защитные лесные полосы, КСЯ

DOI: 10.31857/S0205961424060056, **EDN:** RQSRHU

ВВЕДЕНИЕ

Защитное лесоразведение рассматривается как важный элемент государственной стратегии сохранения окружающей среды, рационального использования и приумножения природно-ресурсного потенциала страны, решения проблем ее экологической и продовольственной безопасности. Государственные защитные лесные полосы оказывают влияние на микроклимат прилегающей территории. Главным фактором, влияющий на улучшение температуры, влажности воздуха, испарения влаги, задержание и накопление снега, влажности почвы, является изменение режима ветра. По инициативе

И.В. Сталина для сохранения урожая сельскохозяйственных культур, защиты от дефляции и улучшения водного режима и климатических условий было создано Постановление Совета Министров СССР и ЦП ВКП (б) от 20 октября 1948 года “О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР”. По плану было спроектировано 8 крупных лесных государственных полос общей протяженностью 5320 км и общей площадью насаждений 117,9 тыс. га (Мартынюк и др., 2023).

Через Волгоградскую область проходят пять государственных защитных лесных полос: три водораздельные и две приречные. Возраст насаждений ГЗЛП составляет 55–70 лет. Преобладающая часть государственных защитных лесных полос имеет неудовлетворительное санитарное состояние и находится на различных стадиях распада (Чеплянский и др., 2022; Манаенков, Костин, 2007; 2009). Несмотря на то, что часть государственных защитных лесных полос относится к Государственному лесному фонду, актуальные данные о современном состоянии ГЗЛП отсутствуют в открытом доступе. Поэтому необходимо проводить инвентаризационные работы для получения актуальных данных, в связи с достижением предельного возраста лесных насаждений и ухудшения их состояния.

В настоящее время большинство государственных и частных лесохозяйственных организаций, которые занимаются мониторингом, оценкой состояния лесных насаждений используют современные методы, а именно геоинформационные технологии. Например, анализ сомкнутости защитных лесных насаждений можно проводить на основе бисезонного индекса леса BSFI (Шинкаренко, Барталев, 2023а), определять запас древесины по данным дистанционного зондирования (Жарко и др., 2018), разработана методика определения высоты защитных лесных насаждений (Барталев и др., 2022; Mulverhill et al., 2022), проводить оценку изменения структуры лесных насаждений после пожаров (Барталев и др., 2016; Лупян и др., 2017; Берденгалиева, 2023; Bolton et al., 2017) и другие задачи. Современные исследования по определению состояния ЗЛН и ГЗЛП опираются на экспертное дешифрирование (Koshelev et al., 2021; Синельникова, 2023; Мелихова, 2022), на полевые исследования (Мартынюк и др., 2023; Турчин и др., 2021) или на материалы государственной инвентаризации лесов, которые отсутствуют в открытом доступе. Исследуемая государственная защитная лесная полоса “Пенза–Каменск” состоит из трех параллельных лент шириной 60–100 м, поэтому для проведения оценки их современного состояния, с помощью данных дистанционного зондирования, открывается возможность использовать спутниковые снимки высокого пространственного разрешения (10–15 метров).

Главной задачей исследования является определение современного состояния древесных пород в составе государственной защитной лесополосы “Пенза–Каменск” с использованием данных дистанционного зондирования и результатов полевых работ для оценки изменения сезонной динамики коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) преобладающих пород (Шестаков, Казяк, 2022; Шинкаренко, Барталев, 2023б; Терехин, 2020).

ОБЪЕКТ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования в данной работе является лесные насаждения водораздельной ГЗЛП “Пенза–Каменск”, которая проходит по территории Волгоградской области через 8 районов: Жирновский, Руднянский, Еланский, Даниловский, Михайловский, Новоаннинский, Кумылженский и Серафимовичский. По данным литературных источников информация о породном составе выделов оценивалась в процентном соотношении на всех пяти ГЗЛП в Волгоградской области (Турчин и др., 2021; Засоба и др., 2019), проводилась оценка состояния лесных насаждений по лесохозяйственным районам преобладающих пород на выделах ГЗЛП (Чеплянский и др., 2022). В данной работе проводился статистический анализ совместной работы полевого и камерального методов. Расположение ГЗЛП “Пенза–Каменск” довольно разнообразно, в связи со своей большой протяженностью (334 км) по Волгоградской области, а также заметные характерные изменения в рельефе и почвенно-климатических условиях (Выприцкий, 2023; Выприцкий, Шинкаренко, 2022; Выприцкий, Юфев, 2023).

Картографирование контуров проектной площади выделов ГЗЛП проводилось с помощью геоинформационной системы QGIS 3.32. Выбор данного ресурса обусловлен бесплатным характером распространения, необходимых модулей для обработки информации и статистических данных. Выделение проектных границ проводилось на основе экспертного дешифрирования спутниковых снимков (10 м) Sentinel-2, которые были получены с сервиса “Bera-science”, в комбинации каналов естественных цветов: 4(Red), 3(Green), 2(Blue) (Loupian et al., 2022). Использование выбранных данных обуславливается шириной кулис, которая колеблется от 60 метров до 100 метров. Уточнение проектных границ исследуемой ГЗЛП выполнялось по данным сверхвысокого разрешения (менее 1 м), полученных с сервиса ESRI World Imaging. Для корректировки контуров проектной площади учитывались данные карты-схем лесничеств на территорию исследования (Лесной план...).

В оценке сохранности выделов государственной защитной лесной полосы “Пенза–Каменск” использовались космические снимки высокого разрешения спутника Sentinel-2, на август–сентябрь для более высокой точности по причине окончания вегетационной активности у растительности на прилегающих к ГЗЛП сельскохозяйственных угодий, что дает возможность разделять посевы от древесно-кустарниковой растительности внутри полигонов (Рулев и др., 2016). Даты и тайлы использованных снимков: T38UMB – 21.08.2018; T37UGQ, T38ULA, T38UMA – 05.09.2019 (рис. 1). Выделение лесных насаждений внутри полигонов прово-

дилось с помощью вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Книжников и др., 2011). Пороговые значения для каждого тайла подбирались индивидуально в связи с разницей в датах съемки. Пороговые значения для древесно-кустарниковой растительности варьировались от 0,6 до 0,7. Сохранность полигонов рассчитывалась как отношение лесных насаждений внутри выдела на ее проектную площадь (Пат. №2437061).

По полученным картографическим данным в ранее опубликованных работах (Выприцкий, Шинкаренко, 2022; Выприцкий, Юфев, 2023) были заложены 67 временные пробные площади (ВПП) с различными почвенно-климатическими условиями по всей протяженности ГЗЛП на территории Волгоградской области, на которых по общепринятым в лесной таксации методам (Турчин и др., 2021; ОСТ 56-69-83, 1983) проводилось определение таксационных показателей насаждений ГЗЛП “Пенза–Каменск”. ВПП были подобраны, как центральные точки, доступные для проведения таксационного описания кулис ГЗЛП, в котором происходило, во времена закладки лесной полосы древесного материала, начало или конец участка. В подавляющем случае рассматривались одновременно 3 кулисы (рис. 2).

На каждой ВПП проводилось определение породного состава, средней высоты (определялась с помощью эклиметр-высотомера ЭВ1У1) и сомкнутость (определялась в долях единицы от 0,1 до 1, где ноль – это отсутствие крон, а 1 – это полное смыкание). Класс бонитета определяли по бонитировочной шкале, которую разработал профессор М.М. Орлов (Орлов, 1927). Полученные данные заносили в перечетную ведомость.

При полевом исследовании выделов ГЗЛП “Пенза–Каменск” было выявлено, что средняя высота лесных насаждений составила 10,43 метров, стандартное отклонение 1,87, максимальная высота 15 метров, минимальная 5 метров. Средняя сомкнутость составляет 0,57, стандартное отклонение 0,18, максимальная сомкнутость выделов 1, минимальная 0.

Расчет сезонной динамики КСЯ проводился по мозаике спутниковых снимков Sentinel 2A/2B каналов: 2(Blue), 3(Green), 4(Red), 5-7(Vegetation Red Edge), 8(NIR), 8A (Vegetation Red Edge), 11(SWIR), 12(SWIR). Анализ КСЯ выбранных каналов обуславливается шириной кулис, которая колеблется от 60 до 100 метров. Всего в оценке использовалось два тайла – T37UGQ, T38ULA на май–сентябрь 2022 года (07.05.2022, 09.06.2022, 06.07.2022, 23.08.2022,

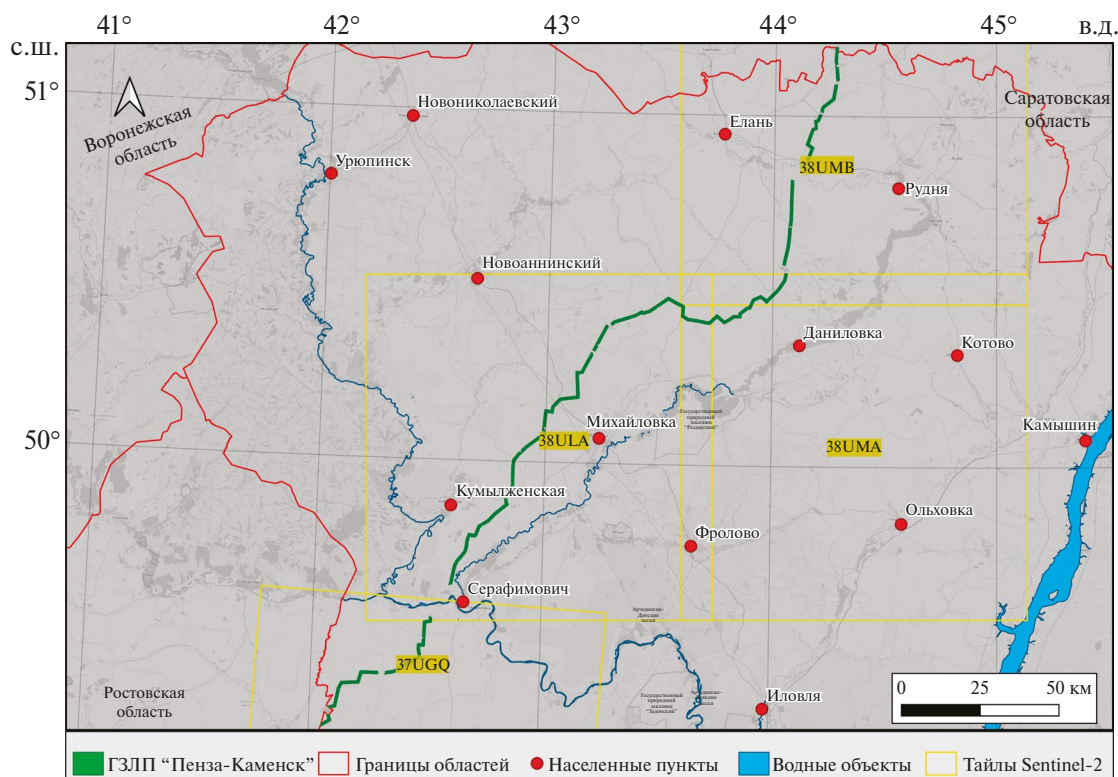


Рис. 1. Тайлы использованных снимков и расположение ГЗЛП “Пенза–Каменск” относительно населенных пунктов на территории Волгоградской области.

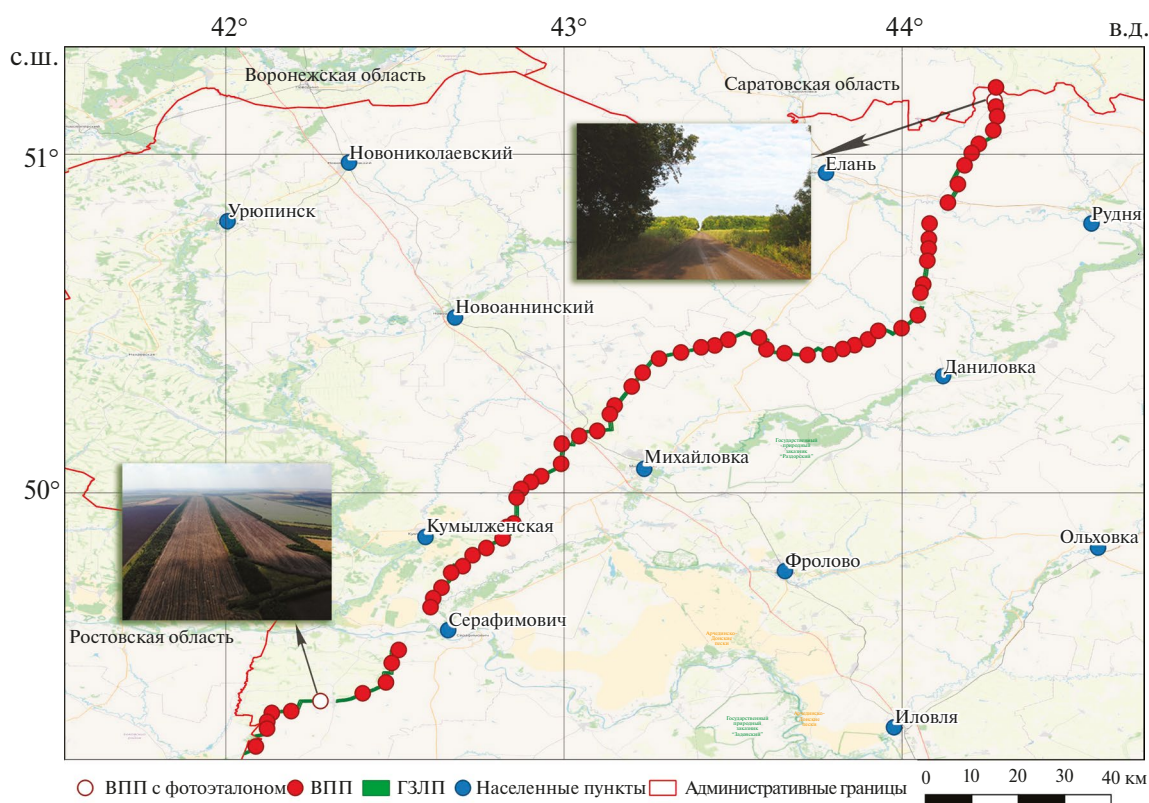


Рис. 2. Пример временных пробных площадей кулис ГЗЛП “Пенза–Каменск” на территории Волгоградской области (слева: 51°9'35" N, 44°16'5" E; справа: 49°22'52" N, 42°16'43" E).

02.09.2022), в связи с чем отсутствовала возможность для расчета КСЯ на всю протяженность защитной лесной полосы. Выбранные даты объясняются отсутствием облачности снимков на объекте исследования в каждый рассматриваемый месяц и охватом более 63% всей площади ГЗЛП.

Статистический анализ подсчета сохранности выделов, средней высоты насаждений, сомкнутости и данных КСЯ проводился с помощью Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По выбранной методике картографирования получены контура проектной площади и площадь лесных насаждений по данным вегетационного индекса выделов ГЗЛП “Пенза–Каменск” на территории Волгоградской области. Пример выделения проектных границ и лесной площади ГЗЛП показан на рис. 3.

По данным комитета природных ресурсов и экологии Волгоградской области информация предоставляется по всем ГЗЛП на лесничествах в совокупности, что затрудняет получение информации о площадях отдельных защитных лесных

полос. Оценка достоверности полученных результатов дешифрирования и сохранности проводилась авторами ранее по всем ГЗЛП на исследуемой области (Выприцкий, Шинкаренко, 2022), коэффициент корреляции точности дешифрирования составил 0,99.

В результате экспертного дешифрирования спутниковых снимков было установлено, что проектная площадь государственной защитной лесной полосы “Пенза–Каменск” составляет 6949,62 га, а площадь защитных лесных насаждений, расположенных внутри контуров, равна 6317,91 га, общая сохранность исследуемого объекта равна 90,91%. Высокая сохранность выделов обуславливается наиболее благоприятными почвенно-климатическими условиями для лесных насаждений на территории исследуемой области (Выприцкий, Шинкаренко, 2022). Исследования, которые проводились ранее по выявлению состояния ГЗЛП основываются только на данных о типах почв, без учета такого климатического фактора, как количество средних многолетних осадков (Чеплянский и др., 2018; Манаенков и др., 2013). Климатические условия являются основным фактором, влияющим не только на почвообразование, но и на динамику состояния древесной растительности. Совместный анализ пространственного рас-



Рис. 3. Пример выделения проектной и покрытой лесом площади ГЗЛП «Пенза–Каменск» с помощью NDVI.

пределения почвенных контуров, по разработанной векторной карте и распределение средних многолетних сумм осадков на территории исследования по статистической модели, позволили провести анализ изменения состояния древесной растительности в выделах ГЗЛП, который показал, что благоприятные климатические условия для произрастания лесных насаждений соответствуют почвенной климатической зоне черноземов и темно-каштановых почв. Здесь норма осадков превышает 420 мм (Выприцкий, Юферев, 2023; Почвенная карта..., 1989). Установленная ранее связь между высотой древостоев Дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в водораздельных ГЗЛП и нормой годовых сумм осадков (Манаенков, Костин, 2007) показала значимую корреляцию. В связи с этим определение взаимосвязи сохранности лесных насаждений и почвенно-климатических условий имеет большое значение для проектирования систем защиты ландшафтов от деградации. Высокая сохранность участков ГЗЛП «Пенза–Каменск» дает возможность в одинаковой

мере проводить исследования изменения сезонной динамики КСЯ на протяжении всей полосы и учитывать лишь изменения в породном составе.

Общая площадь выделов, распределенных по бонитету, полученных в ходе полевых исследований и рассчитанных на преобладающую породу выдела, представлены в таблице 1.

В ходе анализа полученных данных было выявлено, что чем южнее находится выдел ГЗЛП, тем хуже условия роста для лесных насаждений. Такая закономерность подтверждается в ранее проведенных исследованиях: с севера на юг состояние водораздельных ГЗЛП ухудшается. В работах Манаенкова А.С. и Костина М.В. было выявлено, что на черноземах бонитет дубрав снижается с I–II до III–IV, а на каштановых — с III–IV до V (Манаенков, Костин, 2007; 2009).

В ходе полевых исследований и при анализе литературных источников было выявлено, что на ис-

Таблица 1. Распределение в ходе инвентаризационных работ по бонитету выделов ГЗЛП “Пенза–Каменск” на территории Волгоградской области

Бонитет	Проектная площадь, га	Площадь, покрытая лесными насаждениями, га	Сохранность, %
II	85.56	82.55	96.48
III	2067.05	1919.17	92.85
IV	2388.49	2122.75	88.87
V	2280.71	2073.77	90.93
Va	127.82	119.68	93.63
Всего	6949.63	6317.91	90.91

следуемых участках ГЗЛП преобладающими породами являются дуб, ясень и вяз (Чеплянский и др., 2022). При полевом исследовании описано более 59 различных видов комбинаций по породному составу 1 яруса, который был переведен в общую базу данных векторного слоя, полученного в ходе картографирования. Общая площадь выдела разделялась в соответствии с каким процентным соотношением породного состава является выдел. В статистическом анализе рассматривалось процентное распределение на площади лесных насаждений по породному составу первого яруса (табл. 2).

В ходе полевой инвентаризации было проведено описание второго и третьего яруса выделов ГЗЛП, так наиболее встречающимися породами являлись акация желтая от 2 метров до 4,5 метров, крушина от 1,8 метров до 6 метров, терн от 0,5 метра до 2 метров, скумпия от 4 метров до 7 метров, клен татарский от 2 метров до 4,5 метров, шиповник от 0,5 метров до 2 метров, ясень пенсильванский и вяз в подростках от 1,5 метров до 4,5 метров, а также груша, лох, береза, боярышник на опушках.

Расчет КСЯ проводился на всей протяженности ГЗЛП (*Quercus robur* L., *Fraxinus pennsylvanica*

Marshall, *Ulmus* L.), в чистом древостое, а также в 50% отношении между друг другом (5Q5Fr, 5Q5U, 5Fr5U) 1 яруса, которые были получены при проведении инвентаризационных работ. В результате расчета было выявлено, что значительная разница между КСЯ преобладающих древесных пород наблюдается с 6 канала (Vegetation Red Edge) по 8A (Vegetation Red Edge). Наиболее высокие значения КСЯ на протяжении исследуемого сезона наблюдаются на выделах с лесообразующей породой *Ulmus* L., как и в полном видовом составе, так и в 50% с *Quercus robur* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., кроме значений в первый месяц исследований. Данные результаты могут подтверждаться более поздним началом распускания листьев на *Ulmus* L. Минимальные значения спектральной яркости наблюдается на *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. на протяжении всего периода исследований, полученные результаты подтверждаются инвентаризационными работами, а также публикациями других авторов (Сергеева, 2023) об ухудшении состояния *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. в Волгоградской области в результате повреждения от ясеневой златки. Стандартные отклонения за исследуемый период по каналам представлены в таблице 3.

Таблица 2. Процентное распределение лесных насаждений ГЗЛП “Пенза–Каменск” на территории Волгоградской области по данным полевого исследования

U ¹	Fr ²	Q ³	Ap ⁴	An ⁵	P ⁶	T ⁷	M ⁸	B ⁹	Py ¹⁰	Pi ¹¹
14.93	37.60	45.15	1.61	0.13	0.002	0.09	0.06	0.16	0.23	0.02

Примечание: ¹*Ulmus* L.; ²*Fraxinus pennsylvanica* Marshall; ³*Quercus robur* L.; ⁴*Acer platanoides* L.; ⁵*Acer negundo* L.; ⁶*Populus* L.; ⁷*Tilia* L.; ⁸*Malus* P. Mill.; ⁹*Betula* L.; ¹⁰*Pyrus* L.; ¹¹*Pinus* L.

Таблица 3. Поканальные стандартные отклонения КСЯ преобладающих древесных насаждений на ГЗЛП “Пенза–Каменск”

	2	3	4	5	6	7	8	8A	11	12
10U	0.0045	0.0094	0.0065	0.158	0.0311	0.045	0.043	0.458	0.0113	0.0117
10Q	0.0038	0.0089	0.0045	0.0155	0.0341	0.0428	0.43	0.433	0.0116	0.0091
10Fr	0.0044	0.0073	0.006	0.0118	0.033	0.046	0.0441	0.0475	0.0133	0.0128
5Q5Fr	0.0045	0.0083	0.0059	0.0139	0.0353	0.0459	0.0452	0.0467	0.0126	0.011
5Q5U	0.0052	0.0109	0.0049	0.0188	0.0325	0.04	0.0396	0.0401	0.0135	0.0121
5Fr5U	0.005	0.0092	0.0064	0.0153	0.0374	0.0512	0.0481	0.053	0.0141	0.0117

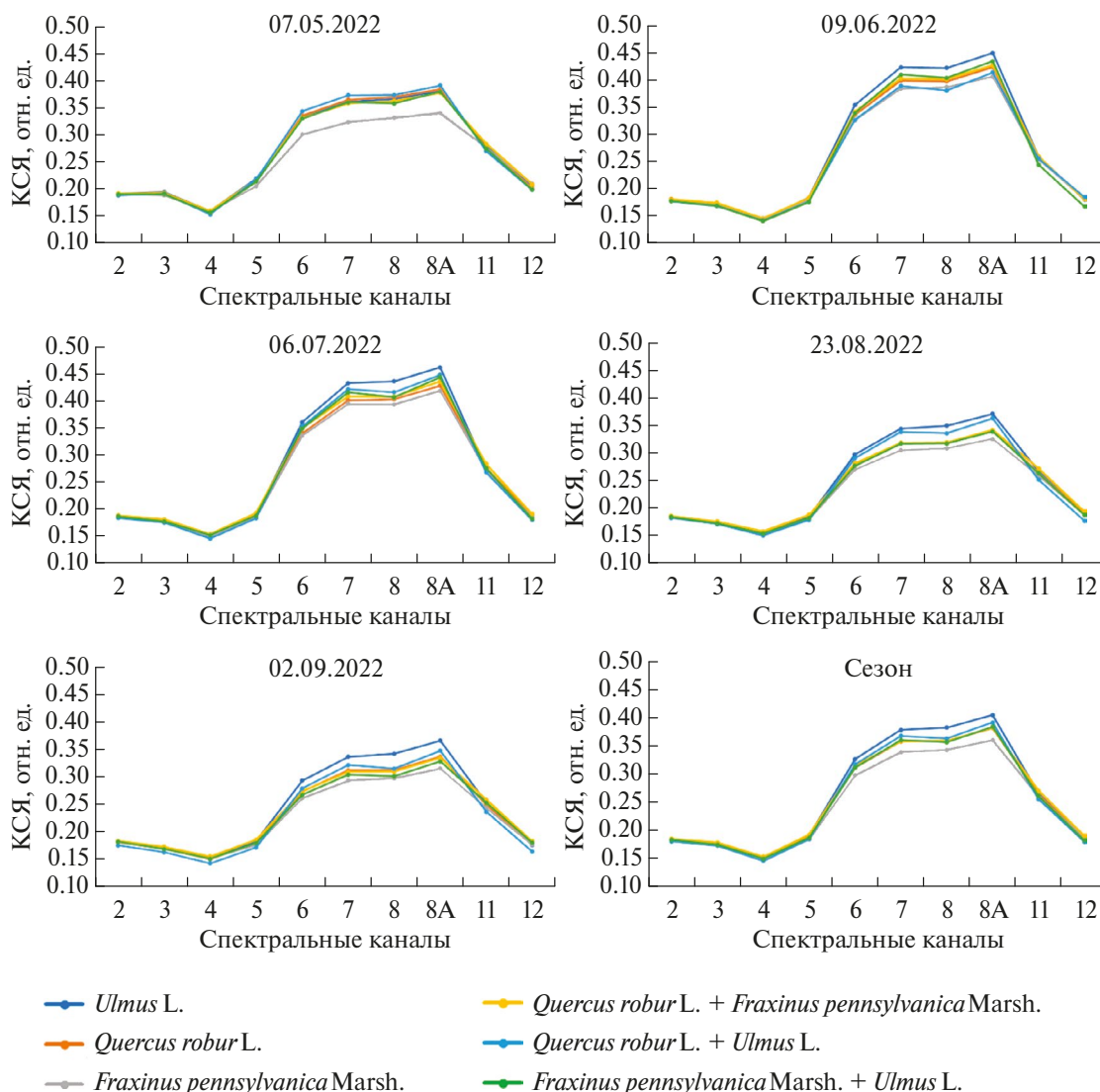


Рис. 4. Кривые спектральной яркости основных лесобразующих пород ГЗЛП “Пенза–Каменск” по данным Sentinel-2.

За весь период исследования средние показатели указывают на характерную разницу только лишь с 6 по 8A каналы, а каналы 2-5, 11 и 12 не открывают возможности дистанционно выявить разницу КСЯ исследуемого породного состава (рис. 4). Выявленные закономерности могут быть использованы в дальнейшем выявлении породного состава на широколиственных полосах Волгоградской области, но только лишь *Ulmus L.* и *Fraxinus pennsylvanica Marsh.* в 100% отношении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного экспертного дешифрирования спутниковых снимков высокого (Sentinel-2) и сверхвысокого разрешения (ESRI

World Imaging) были созданы векторные слои проектных границ ГЗЛП. С помощью вегетационного индекса NDVI получены фактические площади лесных насаждений на исследуемой ГЗЛП. Общая сохранность выделов исследуемой государственной защитной лесной полосы “Пенза–Каменск” на территории Волгоградской области составила 90,91%, что коррелируется с данными комитета природных ресурсов области. Данный результат обуславливается наиболее высокими среднегодовыми осадками для ГЗЛП на территории области (Выприцкий, Шинкаренко, 2022) и расположение 86,77% выделов на благоприятных типах почв для растительности (черноземы, темно-каштановые).

Установлено, что наибольшая площадь, покрытая лесными насаждениями, относится к IV классу бонитета (по таблице Орлова) и занимает 2122,75 га.

Преобладающими породами на ГЗЛП в первом ярусе являются дуб, ясень и вяз, что составляет 2852,72 га, 2375,43 га и 943,54 га площади покрытой лесной растительностью соответственно. Рассчитаны КСЯ на лесообразующие породы и выявлены закономерности. Наиболее высокие значения на май-сентябрь наблюдаются на выделах с лесообразующими породами Вяза (*Ulmus L.*), как в полном видовом составе, так и в комбинации с Дубом черешчатым (*Quercus robur L.*) и Ясенем пенсильванским (*Fraxinus pennsylvanica Marshall*). Наименьшие показатели КСЯ на протяжении вегетационного периода относятся к выделам с лесообразующей породой Ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica Marshall*).

Изменение в породном составе первого яруса выделов по почвенно-климатической зональности с севера на юг не наблюдается, в связи с идентичными характеристиками условий для лесных насаждений.

В комбинациях 5Q5Fr, 5Q5U, 5Fr5U и 10Q, разница КСЯ идентична и не выявляет общих закономерностей, которые могут быть использованы в дальнейших исследованиях. Полученные результаты коэффициентов спектральной яркости открывают возможность дистанционно проводить анализ выявления породного состава на выделах ГЗЛП Вяза (*Ulmus L.*) и Ясеня пенсильванского (*Fraxinus pennsylvanica Marshall*).

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа выполнена в рамках Госзадания ФНЦ агроэкологии РАН № FNFE-2024-0008 “Математическое моделирование и прогнозирование процессов дефляции земель сельскохозяйственного назначения при техногенных и природных воздействиях на современном уровне лесомелиоративной защищенности”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Барталев С.А., Богодухов М.А., Жарко В.О., Сидоренков В.М. Исследование возможностей использования данных ICESat-2 для оценки высоты лесов России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 195–206. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-195-206.

Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Луян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016.

Берденгалиева А.Н. Дистанционный мониторинг поврежденных пожарами сосновых насаждений на севере Волгоградского Заволжья // Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 104–115. DOI 10.24412/2712-8628-2023-3-104-115.

Выприцкий А. А. Анализ влияния геоморфологических характеристик территорий на сохранность государственных

защитных лесных полос // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1(69). С. 261–271. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-28.

Выприцкий А.А., Шинкаренко С.С. Анализ влияния почвенно-климатических условий на сохранность государственных защитных лесных полос на основе данных Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 147–163. DOI 10.21046/2070-7401-2022-19-5-147-163.

Выприцкий А.А., Юферев В.Г. Геоинформационный анализ влияния государственных защитных лесных полос на продуктивность сельскохозяйственных угодий // Исследования Земли из космоса. 2023. № 4. С. 60–71. DOI 10.31857/S0205961423040073.

Жарко В.О., Барталев С.А., Егоров В.А. Исследование возможностей оценки запасов древесины в лесах Приморского края по данным спутниковой системы Proba-V // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 1. С. 157–168. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-1-157-168.

Засоба В.В., Чеплянский И.Я., Поповичев В.В. Семидесятилетний опыт создания государственных защитных лесных полос в степной зоне России // Живые и биокосные системы, 2019. № 27. С. 3.

Книжников Ю.Ф., Крайцова Ю.Ф., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению “География” и специальностям “География” и “Картография” // 2-е изд., перераб. и доп. М.: Академия, 2011. (Высшее профессиональное образование. Естественные науки).

Лесной план Волгоградской области на 2009-2018 гг., утвержден постановлением Главы Администрации Волгоградской области №144 от 11.02.2009 г. URL: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/upload/iblock/8c4/Lesnoy-plan-Volgogradskoy-oblasti.pdf>.

Луян Е.А., Барталев С.А., Балашов И.В., Егоров В.А., Ершов Д.В., Кобец Д.А., Сенько К.С., Стыченко Ф.Б., Сычугов И.Г. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской Федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14, № 6. С. 158–175. DOI 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175.

Манаенков А.С., Костин М.В. Современное состояние и возобновительный потенциал лесообразующих пород на обыкновенном черноземе // Лесное хозяйство. 2007. № 5. С. 26–28.

Манаенков А.С., Костин М.В. Состояние и перспектива возобновления защитных лесонасаждений на южном черноземе // Лесное хозяйство. 2009. № 3. С. 18–20.

Манаенков А.С., Костин М.В., Шкуринский В.А., Сурхаев Г.А., Лепеско В.В., Кладиев А.К., Узолин А.И., Зеленья А.К., Павлов В.И., Петелько А.И. Методическое руководство по повышению долговечности широкополосных защитных лесных насаждений на юге европейской территории России. Волгоград: ВНИИЛМИ, 2013.

Мартынюк А.А., Турчин Т.Я., Чеплянский И.Я., Кулик А.К. Современное состояние государственных защитных лесных полос степной и полупустынной зон, основные направления их сохранения и реабилитации // Известия НВ АУК. 2023. 1(69). С. 78–91. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-07.

- Мелихова А. В. Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3(118). С. 43–48. DOI 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48.
- Орлов М.М. Лесоустройство, Ленинград, 1927.
- ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 90 с. Об утверждении Лесоустроительной инструкции: приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.03.2018 № 122. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542621790> (дата обращения: 06.10.2023).
- Патент № 2437061 С1 Российская Федерация, МПК G01C 11/04, A01G 23/00. Способ определения сохранности лесных насаждений: № 2010115216/28 : заявл. 19.04.2010 : опубл. 20.12.2011 / А. С. Рулев, В. Г. Юферев, В. Ю. Михалев, А. Н. Маенко ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью “БиоЭкоЛес” (ООО “БиоЭкоЛес”).
- Почвенная карта Волгоградской области. М 1:400000. Киев: ПКО “Картография” ГУГК СССР. 1989.
- Рулев А.С., Кошелева О.Ю., Шинкаренко С.С. Оценка лесистости агроландшафтов юга приволжской возвышенности по данным NDVI // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2016. № 4 (44). С. 24–32.
- Сергеева Е. С. Экологические последствия инвазии ясеневой изумрудной узкотелой златки, *Agilus planipennis* (Coleoptera: Vuprestidae), на территорию Нижнего Поволжья // Куражсковские чтения: Материалы II Международной научно-практической конференции, Астрахань, 18–21 мая 2023 года. Астрахань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева”. 2023. С. 18–21.
- Синельникова К. П. Анализ защитных лесных насаждений на территории Донской гряды с использованием ГИС-технологий и аэрокосмических данных / К. П. Синельникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2(70). С. 299–305. DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-34.
- Терехин Э.А. Оценка нарушенности лесов лесостепной зоны в начале XXI в. по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 2. С. 134–146. DOI 10.21046/2070-7401-2020-17-2-134-146.
- Турчин Т.Я., Чеплянский И.Я., Ермолова А.С., Баканов И.А. Современное состояние насаждений государственной защитной лесной полосы “Воронеж–Ростов-на-Дону” в связи с типом культур и почвенными условиями // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2021. № 3 (51). С. 41–58. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.41.
- Чеплянский И.Я., Турчин Т.Я., Ермолова А.С. Дистанционный мониторинг государственных защитных лесных полос степной зоны европейской части России // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 3(387). С. 44–59. DOI 10.37482/0536-1036-2022-3-44-59.
- Чеплянский И.Я., Засоба В.В., Поповичев В.В. Лесные и не-лесные земли в государственных защитных лесных полосах в России // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2018. № 51. С. 91–95.
- Шестаков Н.А., Казяк Е.В. Анализ спектральной отражательной способности лесной растительности по мультиспектральным спутниковым данным Landsat-8, Sentinel-2 (на примере ландшафтного заказника “Озеры”) // ГИС-технологии в науках о Земле : Материалы республиканского научно-практического семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 ноября 2022 года / Редколлегия: А.А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Белорусский государственный университет, 2022. С. 292–299.
- Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Возможности оценки сомкнутости защитных лесных насаждений на основе бисезонного индекса леса и материалов съемки БПЛА // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023а. Т. 20, № 1. С. 189–202. — DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-1-189-202.
- Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Анализ влияния видового состава, проективного покрытия и фитомассы растительности аридных пастбищных ландшафтов на их спектрально-отражательные свойства по данным наземных измерений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023б. Т. 20, № 3. С. 176–192. DOI 10.21046/2070-7401-2023-20-3-176-192.
- Bolton D.K., Coops N.C., Hermosilla T., Wulder M.A., White J.C. Assessing variability in post-fire forest structure along gradients of productivity in the Canadian boreal using multi-source remote sensing // Journal of Biogeography. 2017. V. 44. № 6. pp. 1294–1305.
- Mulverhill Ch., Coops N., Txomin Hermosilla, White J.C., Wulder M. Evaluating ICESat-2 for monitoring, modeling, and update of large area forest canopy height products // Remote Sensing of Environment. 2022. 271. 112919. 10.1016/j.rse.2022.112919.
- Koshelev A.V., Tkachenko N.A., Shatrovskaya M.O. Decoding of forest belts using satellite images // IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science. 2021. V. 875. Art. No. 012065. 9 p. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012065
- Loupian E.A., Bourtsev M.A., Proshin A.A., Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Radchenko M.V., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System // Remote Sensing. 2022. Vol. 14. №. 1. P. 77. DOI: doi.org/10.3390/rs14010077.

Assessment of the Current State of the Penza-Kamensk State Protective Forest Strip Using Remote Sensing and Field Research

A. A. Vypritskiy¹, K. P. Sinel'nikova¹

¹*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences), Volgograd, Russia*

To improve climatic conditions, preserve agricultural yields and protect against deflation, 8 state protective forest belts (SPFB), with a total length of 5320 km, were designed 76 years ago. Currently, current data on the state of forest protection areas are not publicly available, so determining the current state of protective forest belts based on remote sensing data is relevant. The purpose of the study is to determine the main changes in the spectral brightness coefficients (SBC) of the predominant rocks at the Penza-Kamensk State Forestry Plant based on remote sensing data and inventory work carried out. The object of the study is the state protective forest belt "Penza-Kamensk", which runs through the territory of the Volgograd region. Mapping of the design boundaries of the research object was carried out using ultra-high-resolution data. The determination of the safety of the Penza-Kamensk State Forestry Landscape was carried out using high-resolution data from the Sentinel-2 satellite based on the NDVI vegetation index). When performing desk research, 6949.62 hectares of the project area of the state protective forest belt were allocated, the area inside the contours was 6317.91 hectares, and the overall safety of the studied object was 90.91%. During the inventory work, more than 59 different types of combinations were described to determine the tree-species composition, the average height of the plantings was calculated, the density in the plots was calculated, and quality classes were assigned according to the Orlov table. As a result of the inventory, it was determined that the predominant species are: English oak (*Quercus robur* L.), Pennsylvania ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marshall) and Elm (*Ulmus* L.), for which the CFC was calculated. The data obtained demonstrate a significant difference between the coefficients of the predominant tree species from channel 6 to 8A; high values are observed in sections with a pure elm species composition and a mixed composition. The minimum indicators of CSI in the analysis were obtained in areas with pure ash stands.

Keywords: mapping, Volgograd region, GZLP, protective forest strips, SBC

REFERENCES

- Bartalev S.A., Bogodukhov M.A., Zharko V.O., Sidorenkov V.M. Issledovanie vozmozhnostey ispol'zovaniya dannykh ICESat-2 dlya otsenki vysoty lesov Rossii [Investigation of the possibility of using ICESat-2 data for the altitude ecumene in Russia] // *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2022. Vol. 19. No. 4. pp. 195-206. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-195-206 (In Russian).
- Bartalev S.A., Egorov V.A., Zharko V.O., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Khvostikov S.A., Shabanov N.V. Sputnikovoe kartografirovaniye rastitel'nogo pokrova Rossii [Satellite mapping of the vegetation cover of Russia]. Moscow: IKI RAS, 2016. (In Russian).
- Berdengalieva A.N. Distantsionnyy monitoring povrezhdennykh pozhamami sosnovykh nasazhdeniy na severe Volgogradskogo Zavolzh'ya [Remote monitoring of pine plantations damaged by fires in the north of the Volgograd Volga region] // *Voprosy stepovedeniya.* 2023. No. 3. pp. 104-115. DOI: 10.24412/2712-8628-2023-3-104-115 (In Russian).
- Bolton D.K., Kups N.S., Hermosilla T., Woolder M.A., White J.S. Assessment of forest structure variability after fires by productivity gradients in the boreal zone of Canada using remote sensing from several sources // *Journal of Biogeography.* 2017. Vol. 44. No. 6. pp. 1294-1305.
- Cheplyansky I.Ya., Turchin T.Ya., Ermolova A.S. Distantsionnyy monitoring gosudarstvennykh zaschitnykh lesnykh polos stepnoy zony evropeyskoy chasti Rossii [Remote monitoring of state protective forest strips of the steppe zone of the European part of Russia] // *Izvestiya vysshihkh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal.* 2022. No. 3(387). pp. 44-59. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-44-59 (In Russian).
- Cheplyansky I.Ya., Zasoba V.V., Popovichev V.V. Lesnye i nele-snye zemli v gosudarstvennykh zaschitnykh lesnykh polosakh v Rossii [Forest and non-forest lands in state protective forest belts in Russia] // *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa.* 2018. No. 51. Pp. 91-95. (In Russian).
- Knizhnikov Yu.F., Kravtsova Yu.F., Tutubalina O.V. Aerokosmicheskie metody geograficheskikh issledovaniy : uchebnik dlya studentov vysshihkh uchebnykh zavedeniy, obuchayushchikhsya po napravleniyu "Geografiya" i spetsial'nostyam "Geografiya" i "Kartografiya" [Aerospace methods of geographical research : a textbook for students of higher educational institutions studying in the field of "Geography" and specialties "Geography" and "Cartography"] // 2-e izd., pererab. i dop. M.: Akademiya, 2011. (Vyshee professional'noe obrazovanie. Estestvennye nauki). (In Russian).
- Koshelev A.V., Tkachenko N.A., Shatrovskaya M.O. Decoding of forest strips from satellite images // *IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science.* 2021. V. 875. Art. No. 012065. 9 p. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012065/
- Lesnoy plan Volgogradskoy oblasti na 2009-2018 gg., utverzhden postanovleniem Glavy Administratsii Volgogradskoy oblasti №144 ot 11.02.2009 g. [The forest plan of the Volgograd region for 2009-2018, approved by the decree of the Govern-

- ment of the Volgograd region No. 144 dated 11.02.2009.] URL: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/upload/iblock/8c4/Les-noy-plan-Volgogradskoy-oblasti.pdf> (In Russian).
- Lupyan E.A., Bartalev S.A., and Balashov V., V Egorov A., D Ershov V., D Kobets A., K Senko S., Stytsenko F.B., Sychugov I.G. Sputnikovyy monitoring lesnykh pozharov v 21 veke na territorii Rossiyskoy Federatsii (tsifry i fakty po dannym detektirovaniya aktivnogo goreniya) [Satellite monitoring of forest fires in the 21st century in the territory of the Russian Federation (figures and facts based on active gorenje detection data)] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2017. Vol. 14, No. 6. Pp. 158–175. DOI 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175 (In Russian).
- Lupyan E.A., Burtsev M.A., Proshin A.A., Kashnitsky A.V., Balashov I.V., Bartalev S.A., Konstantinova A.M., Kobets D.A., Radchenko M.V., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Experience in using and capabilities of the VEGA-Science system // *Remote sensing*. 2022. Volume. 14. No. 1. P. 77. DOI: doi.org/10.3390/rs14010077.
- Malverhill Ch., Kups N., Tksomin Hermosilla, White J.S., Woolder M. ICESat-2 assessment for monitoring, modeling and updating data on the height of forest cover over large areas // *Remote sensing of the environment*. 2022. 271. 112919. 10.1016/j.rse.2022.112919.
- Manaenkov A.S., Kostin M.V. Sostoyanie i perspektiva vobnovleniya zaschitnykh lesonasazhdeniy na yuzhnom chernozeme [The state and prospects of renewal of protective plantations on southern chernozem] // *Lesnoe khozyaystvo*. 2009. No. 3. Pp. 18–20. (In Russian).
- Manaenkov A.S., Kostin M.V. Sovremennoe sostoyanie i vobnovitel'nyy potentsial lesoobrazuyuschikh porod na obyknovennom chernozeme [The current state and renewable potential of forest-forming rocks on ordinary chernozem] // *Lesnoe khozyaystvo*. 2007. No. 5. Pp. 26–28. (In Russian).
- Manaenkov A.S., Kostin M.V., Shkurinsky V.A., Surkhaev G.A., Lepesco V.V., Kladiev A.K., Uzolin A.I., Zelenyak A.K., Panov V.I., Petelko A.I. Metodicheskoe rukovodstvo po povysheniyu dolgovechnosti shirokopolosnykh zaschitnykh lesnykh nasazhdeniy na yuge evropeyskoy territorii Rossii [Methodological guidelines for improving the durability of broadband protective forest plantations in the south of the European territory of Russia]. Volgograd: VNIALMI, 2013. (In Russian).
- Martynyuk A.A., Turchin T.Ya., Cheplyansky I.Ya., Kulik A.K. Sovremennoe sostoyanie gosudarstvennykh zaschitnykh lesnykh polos stepnoy i polupustynnoy zon, osnovnye napravleniya ikh sokhraneniya i reabilitatsii [The current state of state protective forest strips of steppe and semi-desert zones, the main directions of their conservation and rehabilitation] // *Izvestiya NVAUK*. 2023.1(69). Pp. 78–91. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-07 (In Russian).
- Melikhova A.V. Prostranstvennyy analiz zaschitnykh lesnykh nasazhdeniy severnoy chasti Ergeninskoy vozvyshennosti [Spatial analysis of protective forest plantations in the northern part of the Ergeninsky upland] // *Nauchno-agronomicheskyy zhurnal*. 2022. No. 3(118). Pp. 43–48. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48 (In Russian).
- Orlov M.M. Lesoustroystvo [Forest Management]. Leningrad, 1927. (In Russian).
- OST 56-69-83 Ploschadi probnye lesoustroite'nye. Metod zakladki. M.: TSBNTI Gosleskhoza SSSR, 1983. 90 s. Ob utverzhdenii Lesoustroitel'noy instruksii: prikaz Ministerstva prirodnnykh resursov i ekologii Rossiyskoy Federatsii ot 29.03.2018 № 122 [OST 56-69-83 Trial forest management areas. The method of laying. M.: Central Research Institute of the State Forestry of the USSR, 1983. 90 p. On approval of the Forest Management instruction: Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 03/29/2018 No. 122.] Address: <http://docs.cntd.ru/document/542621790> (date of application: 06.10.2023) (In Russian).
- Patent No. 2437061 C1 Russian Federation, IPC G01C 11/04, A01G 23/00. Method for determining the safety of forest plantations: No. 2010115216/28 : application. 04/19/2010 : publ. 12/20/2011 / A. S. Rulev, V. G. Yuferev, V. Yu. Mikhalev, A. N. Maenko ; applicant Limited Liability Company “BioEcoLes” (LLC “BioEcoLes”). (In Russian).
- Pochvennaya karta Volgogradskoy oblasti [Soil map of the Volgograd region], Kiev: PKO “Kartografiya”. GUGK SSSR, 1989, Scale 1:400 000 (In Russian).
- Rulev A.S., Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S. Otsenka lesistosti agrolandshaftov yuga privolzhskoy vozvyshennosti po dannym NDVI [Assessment of the forest cover of agricultural landscapes of the south of the Volga upland according to the NDVI index] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*. 2016. No. 4 (44). Pp. 24–32. (In Russian).
- Sergeeva E.S. Ekologicheskie posledstviya invazii yasenevoy izumrudnoy uzkoteloy zlatki, Agrilusplanipennis (Coleoptera: Buprestidae), na territoriyu Nizhnego Povolzh'ya // *Kurazhkovskie chteniya: Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii, Astrakhan', 18–21 maya 2023 goda*. Astrakhan': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya “Astrahanskiy gosudarstvennyy universitet imeni V.N. Tatishcheva”. 2023. S. 18–21. (In Russian).
- Shestakov N.A., Kazyak E.V. Analiz spektral'noy otrazhatel'noy sposobnosti lesnoy rastitel'nosti po mul'tispektral'nym sputnikovym dannym Landsat-8, Sentinel-2 (na primere landshaftnogo zakaznika “Ozery”) [Analysis of the spectral reflectivity of forest vegetation using multispectral satellite data from Landsat-8, Sentinel-2 (using the example of the landscape reserve “Lakes”)] // *GIS-tehnologii v naukakh o Zemle : Materialy respublikanskogo nauchno-prakticheskogo seminar studentov i molodykh uchenykh, Minsk, 16 noyabrya 2022 goda / Redkollegiya: A.A. Sazonov (gl. red.) [i dr.]*. – Minsk: Belorusskiy gosudarstvennyy universitet, 2022. Pp. 292–299. (In Russian).
- Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Analiz vliyaniya vidovogo sostava, proektivnogo pokrytiya i fitomassy rastitel'nosti aridnykh pastbischnykh landshaftov na ikh spektral'no-otrazhatel'nye svoystva po dannym nazemnykh izmereniy [Analysis of the effect of species composition, projective coverage and phytomass of vegetation of arid pasture landscapes on their spectral-reflective properties according to ground measurements] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2023b. T. 20, № 3. Pp. 176–192. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-3-176-192 (In Russian).
- Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Vozmozhnosti otsenki somknutosti zaschitnykh lesnykh nasazhdeniy na osnove bisezon-nogo indeksa lesa i materialov s'emki BPLA [The possibilities of assessing the closeness of protective forest plantations based on the bi-seasonal forest index and UAV survey materi-

- als] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2023a. Vol. 20, No. 1. Pp. 189–202. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-1-189-202 (In Russian).
- Sinelnikova K. P.* Analiz zaschitnykh lesnykh nasazhdeniy na territorii Donskoy gryady s ispol'zovaniem GIS-tekhnologiy i aerokosmicheskikh dannykh [Analysis of protective forest plantations on the territory of the Don ridge using GIS technologies and aerospace data] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*. 2023. No. 2(70). Pp. 299–305. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-34 (In Russian).
- Terekhin E.A.* Otsenka narushennosti lesov lesostepnoy zony v nachale XXI v. po sputnikovym dannym [Assessment of forest disturbance in the forest-steppe zone at the beginning of the XXI century using satellite data] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2020. T. 17, № 2. Pp. 134–146. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-134-146 (In Russian).
- Turchin T.Ya., Cheplyansky I.Ya., Ermolova A.S., Bakanov I.A.* Sovremennoe sostoyanie nasazhdeniy gosudarstvennoy zaschitnoy lesnoy polosy "Voronezh–Rostov-na-Donu" v svyazi s tipom kultur i pochvennymi usloviyami [The current state of plantings of the Voronezh–Rostov-on-Don State protective forest strip in connection with the type of crops and soil conditions] // *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univertsiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*. 2021. No. 3 (51). Pp. 41–58. DOI: 10.25686/2306-2827.2021.3.41 (In Russian).
- Vyprikskiy A. A.* Analiz vliyaniya geomorfologicheskikh kharakteristik territoriy na sokhrannost' gosudarstvennykh zaschitnykh lesnykh polos [Analysis of the influence of geomorphological characteristics of territories on the preservation of state protective forest strips] // *Izvestiya NV AUK*. 2023. No. 1(69). Pp. 261–271. DOI 10.32786/2071-9485-2023-01-28 (In Russian).
- Vyprikskiy A.A., Shinkarenko S.S.* Analiz vliyaniya pochvenno-klimaticheskikh usloviy na sokhrannost' gosudarstvennykh zaschitnykh lesnykh polos na osnove dannykh Sentinel-2 [Analysis of the influence of soil and climatic conditions on the safety of state protective forest strips based on Sentinel-2 data] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2022. Vol. 19, No. 5. Pp. 147–163. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-5-147-163 (In Russian).
- Vyprikskiy A.A., Yuferev V.G.* Geoinformatsionnyy analiz vliyaniya gosudarstvennykh zaschitnykh lesnykh polos na produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh ugodiy [Geoinformation analysis of the influence of state protective forest belts on the productivity of agricultural lands] // *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 2023. No. 4. Pp. 60–71. DOI: 10.31857/S0205961423040073 (In Russian).
- Zasoba V.V., Cheplyansky I.Ya., Popovichev V.V.* Semidesyatilet-niy opyt sozdaniya gosudarstvennykh zaschitnykh lesnykh polos v stepnoy zone Rossii [Seventy years of experience in creating state protective forest strips in the steppe zone of Russia] // *Zhivye i biokosnye sistemy*, 2019. No. 27. P. 3. (In Russian).
- Zharko V.O., Bartalev S.A., Egorov V.A.* Issledovanie vozmozhnostey otsenki zapasov drevesiny v lesakh Primorskogo kraya po dannym sputnikovoy sistemy Proba-V [Investigation of the possibility of a drevesina reserve in the forest of Primorsky Krai according to the data of the Proba-V satellite system] // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. Vol. 15, No. 1. Pp. 157–168. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-1-157-168 (In Russian).