

Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности

Алина Владимировна Мелихова ^{✉1,2}, лаборант-исследователь, студент, e-mail: melihova-a@vfanc.ru –

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, пр. Университетский, 97, г. Волгоград, Россия

²Волгоградский государственный университет (ВолГУ), e-mail: info@volsu.ru, 4000620, проспект Университетский, 100, г. Волгоград, Россия

Исследование связано с проблемой опустынивания южных регионов России с аридным типом климата, где актуальным является постоянный мониторинг состояния полезащитных лесных полос, препятствующих деградации агроландшафтов. Статья посвящена пространственному анализу защитных лесных насаждений (ЗЛН) на территории водосборов реки Донская Царица, а также реки Большая Тингута, находящихся в пределах Ергенинской возвышенности, по данным дистанционного зондирования Земли. При помощи программного обеспечения QGIS проведен геоинформационный анализ крутизны и экспозиции склонов исследуемой территории. Морфометрический анализ территории по данным цифровой модели рельефа SRTM показал, что 35% защитных лесных насаждений размещены на склонах крутизной более 1°, следовательно, имеют противозерозионные свойства, еще 65% – противодефляционные на ровных склонах. Всего в районе исследований на основе экспертного дешифрирования спутниковых снимков высокого пространственного разрешения и обработки данных вегетационного индекса NDVI (нормализованный относительный индекс растительности) выделено 1011 лесных полос общей площадью 3700 га. Установлено, что почти половина всех ЗЛН имеют сохранность менее 50%. Полученные данные по сохранности и пространственному размещению существующих полезащитных лесных полос позволят разработать мероприятия по уходу, реконструкции и созданию новых лесных насаждений. Использованный подход к пространственному анализу агроландшафтов на основе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования достаточно универсален и может применяться для любой территории.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, геоинформационные системы, геоинформационное картографирование, состояние лесных насаждений, Ергенинская возвышенность, агроресомелиорация, крутизна и экспозиция склона.

Поступила в редакцию: 11.08.2022

Принята к печати: 14.09.2022

Территориально Волгоградская область располагается на крайнем юго-востоке Европейской России, где преобладающее негативное влияние на ведение сельского хозяйства оказывают пыльные бури, суховеи и засухи. Защитные лесные полосы (ЗЛП) играют как природоохранную, так и средообразующую роль на занимаемой площади и прилегающей территории.

Благодаря созданию защитных лесных насаждений возможно добиться улучшения микроклиматических показателей и противостоять неблагоприятным климатическим условиям на межполосном пространстве, и практически предотвращать негативные последствия пыльных бурь, которые довольно часто проявляются на территории области. Стоит отметить, что большая часть полезащитных полос региона нуждается в проведении мероприятий по улучшению их состояния и повышению эффективности [6].

Оценка состояния защитных лесных насаждений является важнейшей задачей системы мониторинга лесов. Непосредственно анализу состояния защитных лесных насаждений лесоводы уделяют большое внимание по причине их биосферной и хозяйственной роли, для этого проводятся мероприятия по инвентаризации защитных

лесных насаждений [8].

В течение многих десятилетий при лесостроительстве таксационная характеристика насаждений записывалась в журналах таксации. Наиболее правильным для наших лесов при различной интенсивности хозяйства и разных целях работ является сочетание всех способов наземной таксации: глазомерного, перечислительного и измерительного.

Начиная с XX века, совершенствуя технологический процесс лесоинвентаризационных работ, лесостроители с 1961 г. начали применять карточки таксации вместо журналов. К примеру, в 1965 г. с применением карточек было протаксировано 11,6 млн га. Преимущество карточек заключается в том, что они экономят рабочее время в полевой сезон и позволяют широко механизировать камеральную обработку таксационных материалов [7]. Помимо данных методов в исследованиях ЗЛП были также востребованы и применены методы аэровизуального обследования лесов, аэротаксационного обследования, аэротаксация (таксация с воздуха) и т.д.

Однако с развитием геоинформационных технологий появилась возможность оперативного мониторинга лесных насаждений в максимально сжатые сроки [11]. Современные геоинформационные методы исследований лесных насаждений

с использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют исследовать лесные насаждения с довольно высокой точностью [2]. Проблематика использования таких методов заключается лишь в оценке точности результатов. Часты случаи, когда исследуемые пространственные объекты по своему размеру граничат с пространственным разрешением данных ДЗЗ [4]. Проблема «смежного» пикселя для малых пространственных объектов дает большие ошибки в итоговых результатах. Поэтому обработка таких данных требует особого методологического подхода для повышения точности результатов. В таких исследованиях часто используют оптико-электронные спектрально-аналитические данные ДЗЗ [1]. Совокупное использование радарных и лидарных данных, а также оптико-электронных снимков позволяет комплексно изучать территорию, составлять достоверные пространственно-временные связи, изучать динамику, а также составлять прогнозы. Изучение сохранности защитных лесных насаждений в условиях засушливого климата Волгоградской области является перспективной задачей для агролесомелиорации [3].

Для пространственного анализа защитных лесных насаждений (ЗЛН) была выбрана территория водосборов рек Донская Царица, а также реки Большая Тингута, находящиеся в пределах Ергенинской возвышенности. Данные водосборы, находящиеся смежно, разделяются дорогой и относятся к разным крупным водосборам. Донская Царица относится к Донскому водосбору, а Большая Тингута – к водосбору Сарпинских озер. Ергенинская возвышенность – своеобразное геоморфологическое образование на юге России. Она является непосредственным морфологическим продолжением Приволжской возвышенности. Ергенинская возвышенность ассиметрична и вытянута в меридиональном направлении. Наиболее узкая часть ее расположена на севере в месте наибольшего сближения Волги и Дона (около 90 км) [5].

Целью данного исследования являлся пространственный анализ защитных лесных насаждений бассейна рек Донская Царица и Большая Тингута. Были поставлены следующие задачи:

- картографирование защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности бассейна рек Большая Тингута и Донская Царица,
- морфометрический анализ исследуемой территории.

Материалы и методы. В качестве основных данных дистанционного зондирования Земли использовались данные сверхвысокого и высокого пространственного разрешения. Для картографирования проектных площадей ЗЛН использовались данные сверхвысокого разрешения, находящиеся в открытом доступе. Благодаря точности таких данных и хорошей цветовой коррекции, на таких снимках видны в том числе и выпавшие части ЗЛН [9]. В качестве данных для определения

фактического состояния ЗЛН были выбраны данные высокого пространственного разрешения со спутника Sentinel-2, сканер MSI, разрешение в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра – 10 м. Из-за особенностей составления мозаики Sentinel-2 и поставки их геологической службой США [12] на территорию Ергенинской возвышенности составить безоблачный композит достаточно проблематично. Восточная часть водосбора р. Донская Царица на безоблачных снимках постоянно остается недоступной. По состоянию на 2022 год ближайшими данными для составления безоблачного композита являются снимки от 25.05.2019 г, кодировка в системе Sentinel-2: T38ULU и T38UMU.

В качестве исходных данных для моделирования рельефа являются материалы радиолокационной топографической миссии шаттла (SRTM) разрешением одна секунда. Данные SRTM ArcSecond являются цифровой моделью местности, а территорию исследования составляют две плитки мозаики: N048E043 и N048E044.

В качестве основного геоинформационного обеспечения использовалась бесплатная ГИС QGIS версии 3. Из-за особенностей алгоритмов, при обработке векторных данных, в некоторых случаях следует использовать QGIS версии 2.

Результаты и обсуждения. На этапе моделирования района исследования использовались стандартные инструменты построения водосборных областей. В основе всех данных о рельефе лежит цифровая модель местности SRTM ArcSecond разрешением 30 метров. Эти данные были склеены с помощью геоинформационных инструментов, а также обработаны посредством использования специальных фильтров для цифровых моделей рельефа и местности. На основе обработанных данных составлена карта рельефа территории исследования (рисунок 1).

Площадь территории исследования по результатам моделирования составила 2100 км². Наименьшая высота над уровнем моря в пределах водосбора составляет 1 м, а наибольшая – 181 м. Перепад высот составляет 180 м. Подавляющими высотами в пределах водосбора являются диапазоны от 80 до 100 м (20,9% территории) и от 100 до 120 м (21% территории). В геоинформационной среде карта оформлялась в виде псевдо-цветного одноканального изображения цифровой модели местности с дискретной классификацией высот через 20 м. Цветовая схема – общепринятая для карт рельефа: от зеленого к красному. Дополнительно были созданы изолинии и подписи к ним.

Моделирование слоя крутизны склонов производилось на основе ранее созданного слоя SRTM ArcSecond с помощью алгоритмов морфометрического анализа в ГИС.

С помощью инструментов морфометрического анализа был сформирован слой экспозиции склонов. Знание информации о экспозиции склонов очень важно при оценке территории исследова-

ния, так как это имеет большое значение при организации хозяйственной деятельности человека. Слой создан на основе 8 румбовой системы, дубли-

рование значений северной экспозиции удалось избежать путем кодирования двойного диапазона оформления данных раstra.

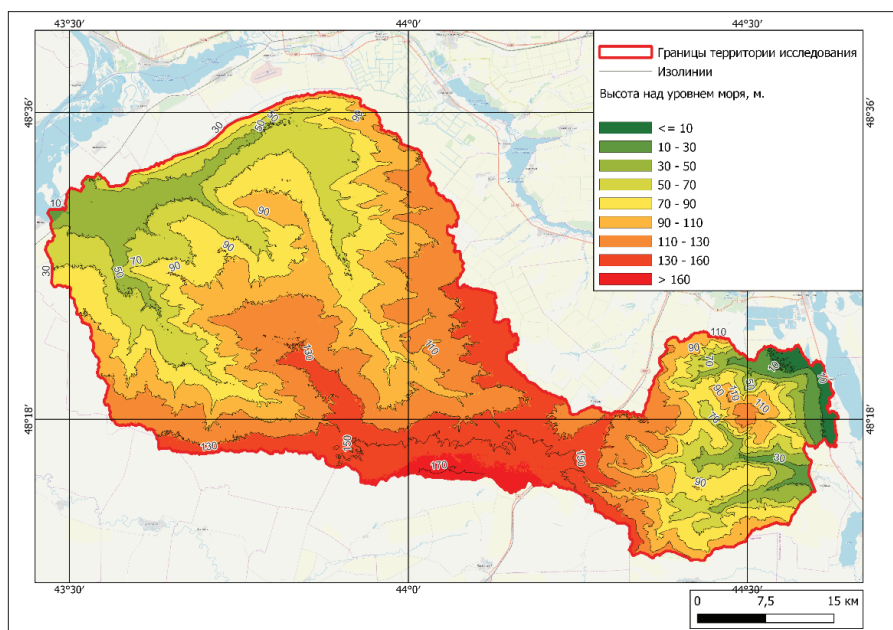


Рисунок 1. Карта рельефа Ергенинской возвышенности, 2022 год

Важным этапом при моделировании морфометрических показателей является перепроецирование данных из географической системы координат в метрическую. В данном проекте использовалась проекция WGS 84 UTM Zone 38N. Установлено, что наибольшую площадь занимают склоны южной экспозиции – 36%, это немногим больше, чем западной – 30%. Площади с северной экспозицией занимают 16% территории, а с восточной – 18%. Стандартное отображение экспозиции склона основано на оформлении пикселей. Множество элементов микрорельефа дает некорректные значения по многим пикселям-одиночкам (так назы-

ваемые бессточные области). Поэтому для более точного анализа ЗЛН была создана карта преимущественной экспозиции склонов (рисунок 2). Инструментально такая карта создавалась на основе сетки, каждая ячейка которой имела площадь в 1 км². В пределах каждой ячейки считалась площадь той или иной экспозиции путем перевода в векторную графику изображения с экспозицией склона. Далее, с помощью калькулятора полей выяснялось наиболее крупное значение площади во всех промежутках экспозиции в пределах каждой ячейки: задавалось условие (IF) или алгоритм (CASE).

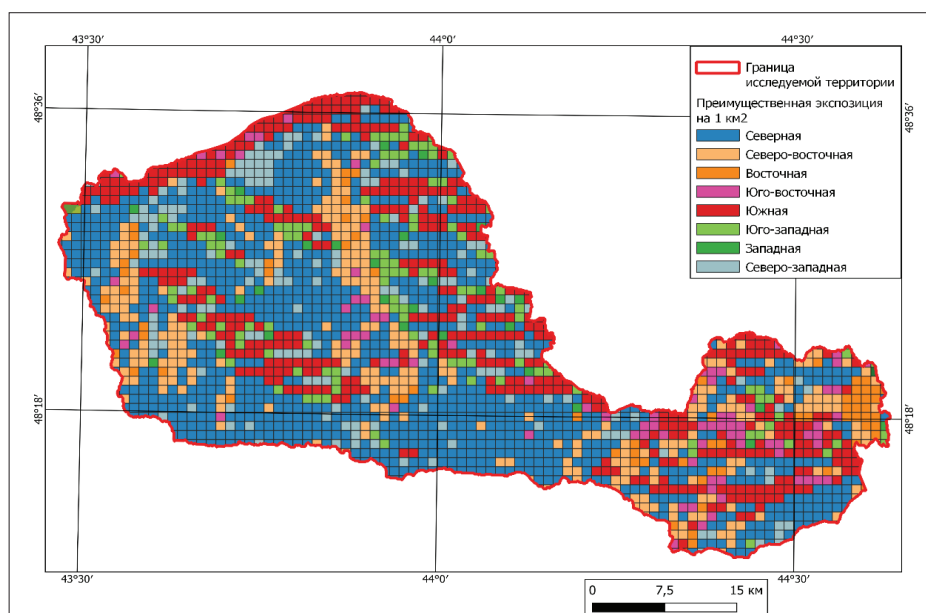


Рисунок 2. Регулярно-ячейчатая модель преимущественной экспозиции склона на 1 км², Ергенинская возвышенность, 2022 год

На основе данных сверхвысокого пространственного разрешения произведено картографирование проектных площадей защитных лесных насаждений на территории исследования. Всего выделено 1011 лесных полос общей проектной

площадью 3700 га. Используя инструментарий зональной статистики, на основе растровых поверхностей с крутизной склона и экспозицией произведен геоинформационный анализ ЗЛН на территории исследования (рисунок 3).

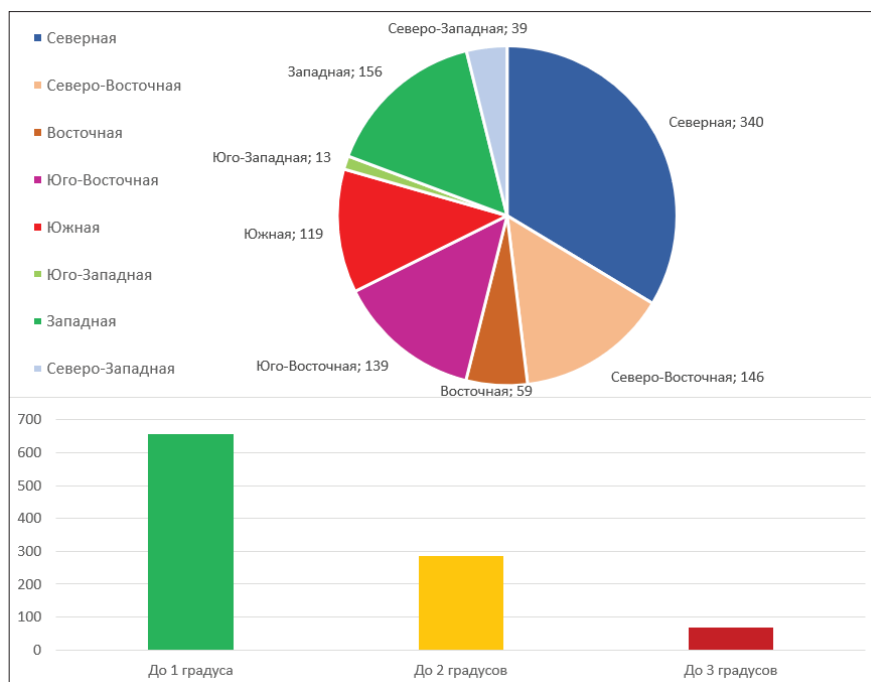


Рисунок 3. Диаграммы распределения крутизны и экспозиции ЗЛН

На территории исследования 33,6% ЗЛН располагаются вблизи сельхозугодий северной экспозиции, 15,4% – западной, 14,4% – восточной. По крутизне ЗЛН располагаются рационально, 65% насаждений расположены вдоль полей, имеющих угол наклона склона менее 1°, т.е. ЗЛН имеют противодефляционные свойства, направленные против ветровой эрозии почвенной поверхности полей. 35% ЗЛН имеют противоэрозионные свой-

ства, направленные на борьбу с водной эрозией.

Используя данные высокого пространственного разрешения, на основе вегетационного индекса NDVI [10] выделены лесные насаждения в пределах проектных границ ЗЛН. С помощью элементов геостатистики вычислено отношение фактических площадей к проектным, так называемая сохранность лесных полос (рисунок 4).

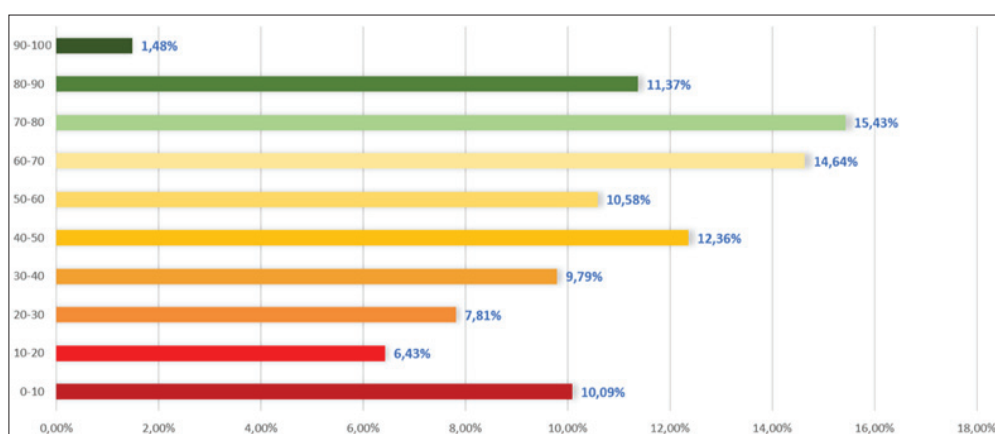


Рисунок 4 – Гистограмма сохранности ЗЛН на территории исследования

Таким образом, на территории исследования 28,3% ЗЛН имеют сохранность более 70%. Сохранность в пределах от 30% до 70% имеют 47,3% ЗЛН. Менее 30% сохранности имеют 24% ЗЛН. Наиболее сохранившиеся ЗЛН соотносятся к левобережью р. Донская Царица, а также расположены ближе к водоразделу. Наименее сохранившиеся ЗЛН относятся к бассейну р.

Большая Тингута (рисунок 5). Это связано с особенностями рельефа и почвенного покрова на данной территории. Большинство из выпавших ЗЛН находятся на склонах крутизной более 1° и имели противоэрозионное назначение, но несвоевременный мониторинг и отсутствие ухода за защитными лесными насаждениями привели к их полному исчезновению.

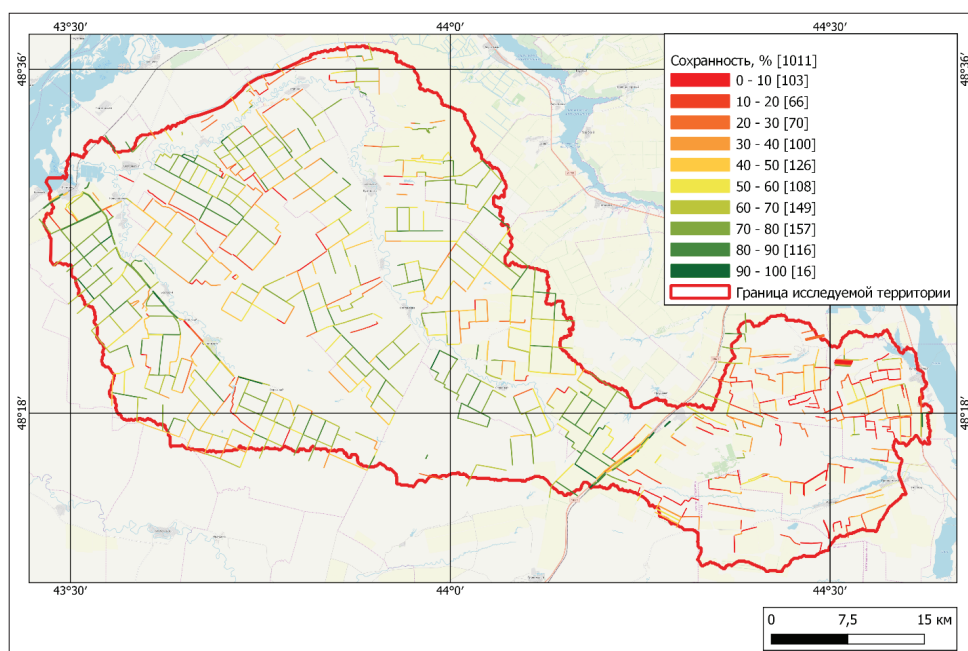


Рисунок 5 – Карта сохранности ЗЛН на территории исследования

Выводы. По результатам данного исследования было определено 1011 лесных полос общей проектной площадью 3700 га. Установлено, что больше половины ЗЛН расположены вдоль полей, имеющих угол наклона склона менее 1°. Защитные лесные полосы с наименьшей сохранностью (от 0 до 30%) выявлены в пределах водосбора реки Большая Тингута и составляют 24% всей площади или 888 га. Для предотвращения процесса разрушения ЗЛН и улучшения экологического состояния территории необходима лесная мелиорация с посадкой защитных лесных насаждений, адаптированных для данного региона.

Литература:

1. Васильченко А.А., Грицюк А.А. Оценка лесистости Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // Грани познания. 2020. №2 (67). С. 9-12.
2. Волосюк А.И., Топаз А.А. Обработка данных ДЗЗ в программном пакете SNAP ESA / ГИС-технологии в науках о Земле: материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых. 2018. С. 160-162.
3. Выприцкий А.А. Электронное картографирование государственных защитных лесных полос в Волгоградской области // Грани познания. 2021. №3 (74). С. 9-14.
4. Занозин В.В., Бармин А.Н., Валов М.В. Применение ГИС и данных ДЗЗ для оценки антропогенного преобразования территории // Вестник СВФУ. 2020. №1 (17). С. 27-37.
5. Карандеева Мария Виссарионовна. Геоморфология

Европейской части СССР. - Москва: МГУ, 1957. 314 с.

6. Кулик К.Н., Степанов А.М. Полезащитные лесонасаждения и их роль в повышении продуктивности агроландшафтов // Вестник РАСХН. 2008. № 1. С. 21-23.
7. Матюк И. С. Устойчивость лесонасаждений / И. С. Матюк. М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1983. 136с.
8. Сучков Д.К. Инвентаризация полезащитной лесной полосы х. Троицкий Михайловского района Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2019. №2 (105). С. 24-26.
9. Тимерьянов А.Ш., Хайретдинов А.Ф., Гафиятов Р.Х. Воспроизводство защитных лесных насаждений // Лесное хозяйство. 2011. № 3. С. 28-29.
10. Шинкаренко С.С. Анализ динамики пастбищных ландшафтов в аридных условиях на основе нормализованного вегетационного индекса (NDVI) // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. №1. С. 110-114.
11. Юферев В.Г., Кулик К.Н., Рулев А.С., Мушаева К.Б., Кошелев А.В., Дорохина З.П., Березовикова О.Ю. 2010. Геоинформационные технологии в агроресомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ. 102 с.
12. EarthExplorer: [сайт]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 15.05.2022).
13. Pouliot, D.A. Development and evaluation of an automated tree detection-delineation algorithm for monitoring and regenerating coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. №35(10). p. 2332-2345.

DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48

Spatial Analysis of Protective Forest Plantations in the Northern Part of the Ergeninskaya Upland

^{1,2}Alina V. Melikhova , laboratory researcher, student, e-mail: melihova-a@vfanc.ru -

¹Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS), e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia. ²Volgograd State University, e-mail: info@volsu.ru, 4000620, Universitetskiy Prospekt, 100, Volgograd, Russia

The study is related to the problem of desertification in the southern regions of Russia with an arid type of climate, where constant monitoring of the state of protective forest strips that prevent the degradation of agricultural landscapes is relevant. The article is devoted to the spatial analysis of protective forest stands on the territory of the Donskaya Tsaritsa River, as well as the Bolshaya Tinguta River catchments, located within the Ergeninskaya upland, according to remote sensing of the Earth. With the help of QGIS software, a geoinformation analysis of the steepness and exposure of the slopes on the studied territory was carried out. Morphometric analysis of the territory according to the SRTM digital relief model showed that 35% of protective forest stands are located on slopes with a steepness of more than 1°, therefore they have anti-erosion properties, another 65% are anti-deflationary on flat slopes. In total, 1011 forest strips with a total area of 3,700 hectares were allocated in the research area based on expert interpretation of high spatial resolution satellite images and processing of data from the vegetation index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). It has been established that almost half of all protective forest plantations (PFP) have an integrity of less than 50%. The data obtained on the integrity and spatial placement of existing protective forest belts will allow us to develop measures for the care, reconstruction and creation of new forest plantations. The approach used to spatial analysis of agricultural landscapes based on geoinformation technologies and remote sensing data is quite universal and can be applied to any territory.

Received: 11.08.2022

Accepted: 14.09.2022

References:

1. Vasil'chenko A.A., Gritsyuk A.A. *Otsenka lesistosti Volgo-Akhtubinskoj pojmy na territorii Volgogradskoj oblasti* [The forest cover of the Volga-Akhtuba floodplain assessment on the territory of the Volgograd region]. *Grani poznaniya* [Facets of Cognition]. 2020. 2(67). pp. 9-12.
2. Volosyuk A.I., Topaz A.A. *Obrabotka dannyh DZZ v programnom pakete SNAP ESA* [Remote sensing data processing in the SNAP ESA software package]. *GIS-tekhnologii v naukah o Zemle* [GIS technologies in Earth sciences]: materials of the Rep. scientific-practical. seminars

for students and young scientists. 2018. pp. 160-162.

3. Vyprickij A.A. *Elektronnoe kartografirovaniye gosudarstvennyh zashchitnyh lesnyh polos v Volgogradskoj oblasti* [Electronic mapping of state protective forest strips in the Volgograd region]. *Grani poznaniya* [Facets of Cognition]. 2021. 3(74). pp. 9-14.
4. Zanozin V.V., Barmin A.N., Valov M.V. *Primeneniye GIS i dannyh DZZ dlya ocenki antropogennogo preobrazovaniya territorii* [Application of GIS and remote sensing data to assess the anthropogenic transformation of the territory]. *Vestnik SVFU* [Bulletin of North-Eastern Federal University]. 2020. 1(17). pp. 27-37.
5. Karandeeva M.V. *Geomorfologiya Evropejskoj chasti SSSR* [Geomorphology of the European part of the USSR]. Moscow. MSU Publ. house. 1957. 314 p.
6. Kulik K.N., Stepanov A.M. *Polezashchitnye lesonasazhdeniya i ih rol' v povyshenii produktivnosti agrolandshaftov* [Protective forest plantations and their role in increasing the productivity of agricultural landscapes]. *Vestnik RASKHN* [Bulletin of the RAAS]. 2008. 1. pp. 21-23.
7. Matyuk I.S. *Ustojchivost' lesonasazhdenij* [Sustainability of planted forests]. Moscow. «Lesnaya promyshlennost'» Publ. house. 1983. 136 p.
8. Suchkov D.K. *Inventarizatsiya polezashchitnoj lesnoj polosy h. Troickij Mihajlovskogo rajona Volgogradskoj oblasti* [Inventory of the protective forest strip in the Troitskiy village of the Mikhailovsky district of the Volgograd region]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific Agronomy Journal]. 2019. 2(105). pp. 24-26.
9. Timer'yanov A.SH., Hajretidinov A.F., Gafiyatov R.H. *Vosproizvodstvo zashchitnyh lesnyh nasazhdenij* [Reproduction of protective forest stands]. *Lesnoe hozyajstvo* [Forest management]. 2011. 3. pp. 28-29.
10. Shinkarenko S.S. *Analiz dinamiki pastbishchnyh landshaftov v aridnyh usloviyah na osnove normalizovannogo vegetacionnogo indeksa (NDVI)* [Analysis of the pasture landscapes dynamics in arid conditions based on the normalized difference vegetation index (NDVI)]. *Izvestiya Nizhevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Lower-Volga Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education]. 2015. 1. pp. 110-114.
11. Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S., Mushaeva K.B., Koshelev A.V., Dorohina Z.P., Berezovikova O.Y. *Geoinformacionnye tekhnologii v agrolesomelioratsii* [Geoinformation technologies in agroforestry]. Volgograd. VNIALMI Publ. house. 2010. 102 p.
12. Earth Explorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (access date: 15.05.2022).
13. Pouliot D.A. Development and evaluation of an automated tree detection-delineation algorithm for monitoring and regenerating coniferous forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. 35(10). pp. 2332-2345.

Цитирование. 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

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Melikhova A.V. Spatial Analysis of Protective Forest Plantations in the Northern Part of the Ergeninskaya Upland. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 3(118). pp. 43-48. DOI: 10.34736/FNC.2022.118.3.006.43-48

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Author of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Author declare no conflict of interest.