

Геоинформационный анализ параметров сохранности защитных лесных насаждений Котельниковского района Волгоградской области

Вера Васильевна Балынова ✉, лаборант-исследователь, balinova-v@vfanc.ru, лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов – Федеральное 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, Университетский проспект, 97, Волгоград, Россия

В статье представлены результаты геоинформационного анализа защитных лесных насаждений (ЗЛН) и сельскохозяйственных полей. Из-за неправильной посадки ЗЛН у полей недостаточная ветровая защищенность, что приводит к уменьшению и гибели урожая. Данное исследование направлено на анализ защитных лесных насаждений и выявление непригодных ЗЛН, работа была проделана с большим количеством ЗЛН и сельскохозяйственных полей для большей точности исследования. Описана методика картографирования лесных насаждений на основе полуавтоматической классификации данных ДЗЗ с последующей экспертной фильтрацией, а также способ исследования лесистости территории. Произведено электронное картографирование лесных насаждений в пределах Котельниковского района, составлена обзорная карта Котельниковского района, карта рельефа, классификации полей района, обеспеченности полей лесополосами, отбора лесных полос. Были использованы адекватные картографические способы анализа защитных насаждений. Результаты анализа актуальны для исследуемой территории, характеризующейся засушливым климатом и подверженностью ветровой эрозии. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшей комплексной экологической оценки территории, при агролесомелиорации и других мероприятиях по борьбе с ветровой эрозией, а также при дальнейшей посадке защитных лесных насаждений.

Ключевые слова: Дистанционное зондирование земли, геоинформационные системы, геоинформационное картографирование, лесные насаждения, цифровая модель рельефа.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях», НИР № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий», НИР № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции».

Поступила в редакцию: 11.08.2022

Принята к печати: 07.12.2022

При исследовании крупных лесомелиоративных комплексов используют дистанционное зондирование Земли и геоинформационные системы. Все современные геоинформационные системы обладают базовым набором инструментов для обработки и различной интерпретации данных ДЗЗ. Использование спектрально-анализальных данных высокого пространственного разрешения позволяет проводить полный цикл обработки в геоинформационных системах в зависимости от целей и задач исследования. Картографическое моделирование в агролесомелиорации является одним из важных этапов при исследовании территории [2]. Так как лесные насаждения любого происхождения (естественного или искусственного) имеют дискретное распространение, создание различных картографических моделей позволяет анализировать характер их распределения, составлять различные прогнозные и инвентаризационные карты [1].

К основным картографическим моделям в лесомелиорации можно отнести модель ареалов, изо-

линейную (псевдоизолинейную) модель и регулярно-ячеистую модель [4,9].

Основным и самым информативным способом отображения и моделирования лесных насаждений разного происхождения является способ ареалов. Выделение ареалов лесных насаждений в зависимости от целей исследования и точности картографирования может производиться на основе экспертного дешифрирования, полуавтоматической и автоматической классификации данных ДЗЗ [3]. На основе ареалов с лесной растительностью могут составляться карты лесов, лесной промышленности, а также карты лесных хозяйств.

Цель исследования – с помощью геоинформационного анализа выявить степень сохранности защитных лесных насаждений на юге Волгоградской области, а также оценить эффективность их использования в качестве противозерозионной защиты сельскохозяйственных земель. Учитывая засушливость климата и подверженность земель Волгоградской области ветровой эрозии, результаты исследования могут быть полезны при про-

ведении противоэрозионных мероприятий.

Объекты и методы исследования. Для исследования физико-географических условий функционирования лесомелиоративных насаждений в агролесоландшафтах была выбрана территория Котельниковского района Волгоградской области. Котельниковский район граничит с двумя районами Волгоградской области, Октябрьским и Чернышковским районами. Административный центр района – город Котельниково. Общая площадь района – 3471,14 км² [6].

Полуавтоматическим методом было выделено 445 полигонов лесных полос. Чем больше требуемая точность картографирования, тем больше требуется квалификация специалиста-картографа. Экспертное дешифрирование лесных насаждений производилось с помощью данных дистанционного зондирования Земли высокого (10-30 метров) и сверхвысокого (менее 1 метра) пространственного разрешения на основе прямых и косвенных дешифровочных признаков. В качестве источника данных использовали бесплатно распространяющиеся растровые данные ДЗЗ в рамках проекта Copernicus (Sentinel-2), который имеет пространственное разрешение 10 и 30 метров. 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.

По состоянию на 2022 год, ближайшими данными для составления безоблачного композита являлись снимки от 25.05.2021 г., кодировка в системе Sentinel-2: T38UMU, T37UGP, T38TMT, T38TLT, и T38ULU [10].

Картографирование на основе сверхвысокого пространственного разрешения производили в рабочих масштабах крупнее 1:1000 [5].

К первичным базовым операциям при составлении картографических моделей в лесомелиорации можно отнести составление RGB-композитных изображений. Для создания композитных изображений в геоинформационных системах имеются встроенные функции объединения, создания композитного растра, наложения и иные инструменты. Большинство ГИС поддерживают постобработку созданного композита в соответствии с предпочтениями пользователя.

Создание RGB-композитного изображения, а также композитных изображений с другими комбинациями каналов позволяет выполнять базовые космофотокарты территории исследования, которые в дальнейшем могут использоваться как основа для проведения экспертного дешифрирования с последующим выделением ареалов необходимых пространственных объектов.

При работе с данными ДЗЗ экспертное дешифрирование на основе прямых и косвенных дешифровочных признаков не является единственным способом выделения необходимых пространственных объектов. При исследованиях региональ-

ного, районного или более мелкого масштабов целесообразнее использовать алгоритмы контролируемых и неконтролируемых классификаций данных ДЗЗ [8]. При однородной структуре исследуемых пространственных объектов (лесных насаждений) и относительно небольшой территории исследования отличным инструментом выделения будет являться алгоритм автоматической классификации без обучения k-means (к-средних) или ISODATA [9]. Одним из наиболее удобных инструментов для проведения полуавтоматической классификации данных ДЗЗ является модуль для QGIS: Semi-automatic classification plugin. Этот плагин позволяет производить весь спектр операций с данными ДЗЗ: обработку, анализ, классификацию. Функция preprocessing позволяет обрабатывать, калибровать, производить коррекцию атмосферных искажений, создавать композиты для дальнейшей классификации для следующих спутников и продуктов: ASTER, GOES, Landsat, MODIS, Sentinel-1 (radar), Sentinel-2, Sentinel-3 [7]. Функция bandprocessing проводит необходимые алгоритмы с обработанными данными в соответствии с задачами пользователя. Основными инструментами обработки является кластеризация и классификация. Классификация в SCP производится на основе обучения системы эталонам. Так называемые ROI (эталонные участки) выделяются пользователем и записываются в общую таблицу дальнейших классов. Чем больше эталонов для класса, тем больше точность дешифрирования. Опыт использования SCP показал, что при полуавтоматической классификации лесных насаждений разного характера существует определенная доля неточностей, исправить которые можно только методами экспертного дешифрирования на основе косвенных дешифровочных признаков. В качестве основного геоинформационного обеспечения использовалась бесплатная ГИС с открытым исходным кодом QGIS версии 3.

Результаты и обсуждения. Перед дешифрированием защитных лесных насаждений был получен снимок Sentinel-2 Котельниковского района, после чего полуавтоматическим методом были выделены лесные полосы [10]. Для полноты карты и исследования также были оцифрованы поля исследуемой территории. Количество оцифрованных защитных лесных насаждений в общей сумме составило 445, а количество полей – 1181 (рис. 1).

Следующим этапом работы было составление карт рельефа для последующего вычисления уклонов полей и их классификации. Для составления карты рельефа требовалась ЦМР района исследования высокого разрешения, которая имеется в общем доступе [10]. Следующим этапом было создание изолиний и подбор цветовой гаммы для ЦМР (рис. 2).

После составления карты рельефа нужно рассчитать уклоны рельефа для классификации полей Котельниковского района. Для расчета уклона полей использовались инструменты анализа. По-

сле подсчета крутизны рельефа была произведена классификация полей на дефляционно-опасные и эрозионно-опасные. В результате вычислений

была составлена карта классификации полей Котельниковского района по степени опасности дефляции пашен (рис. 3).

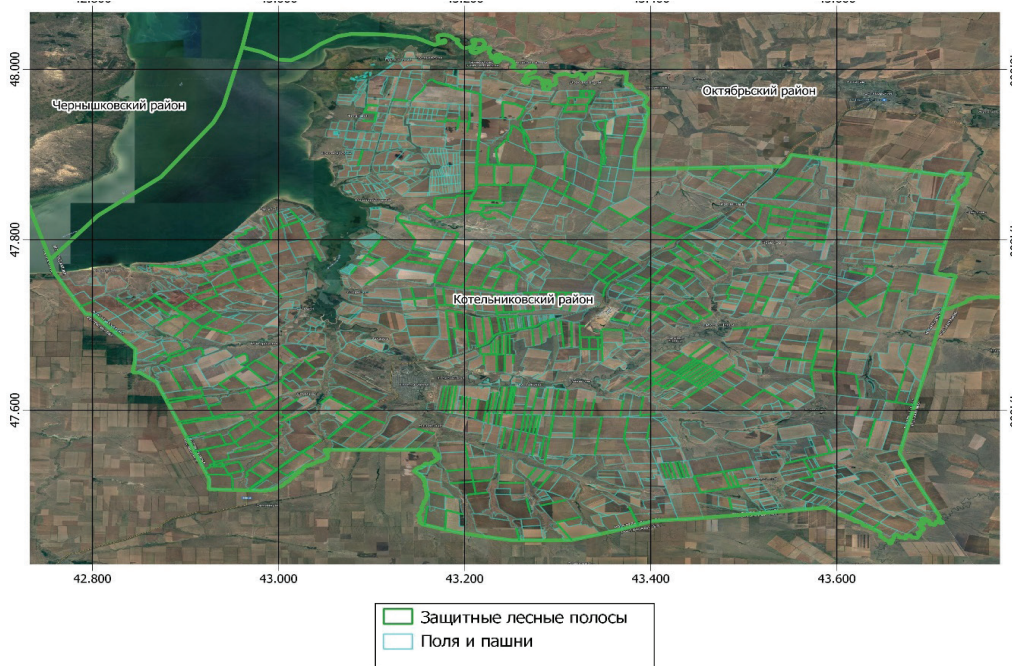


Рисунок 1. Обзорная карта Котельниковского района

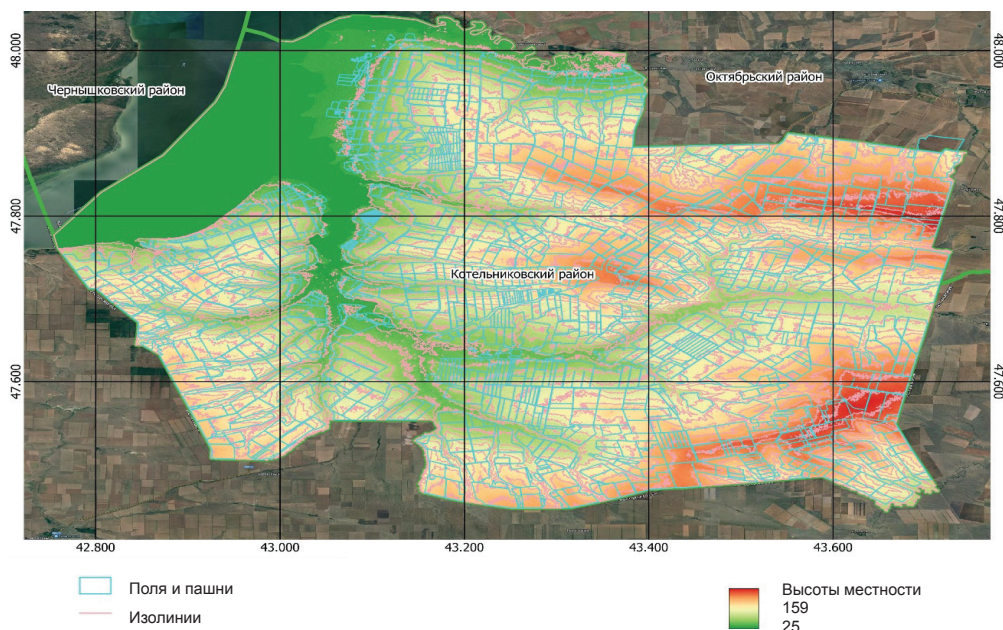


Рисунок 2. Карта рельефа исследуемой территории Котельниковского района

Далее была подсчитана площадь полей и лесных полос Котельниковского района. Площадь полей составила 205620 га, площадь лесополос – 4031,74 га.

Затем был построен буфер 150 метров вокруг полей для выявления полей без лесополос (рис. 4).

Для определения правильности расположения противодефляционных лесных полос дополнительно произведен анализ пространственного размещения относительно преобладающих ветров. На основе розы ветров Котельниковского района можно сделать вывод о том, что преобладающи-

ми являются ветры западной и восточной доли. Соответственно рекомендациям лесные полосы противодефляционного типа для большей эффективности должны быть расположены перпендикулярно преобладающему направлению ветра. С помощью геоинформационных систем пространственное положение для противодефляционных лесных полос может быть вычислено с помощью азимута. Однако механизм вычисления азимута в геоинформационной среде основывается на вычислении азимута между двумя точками.

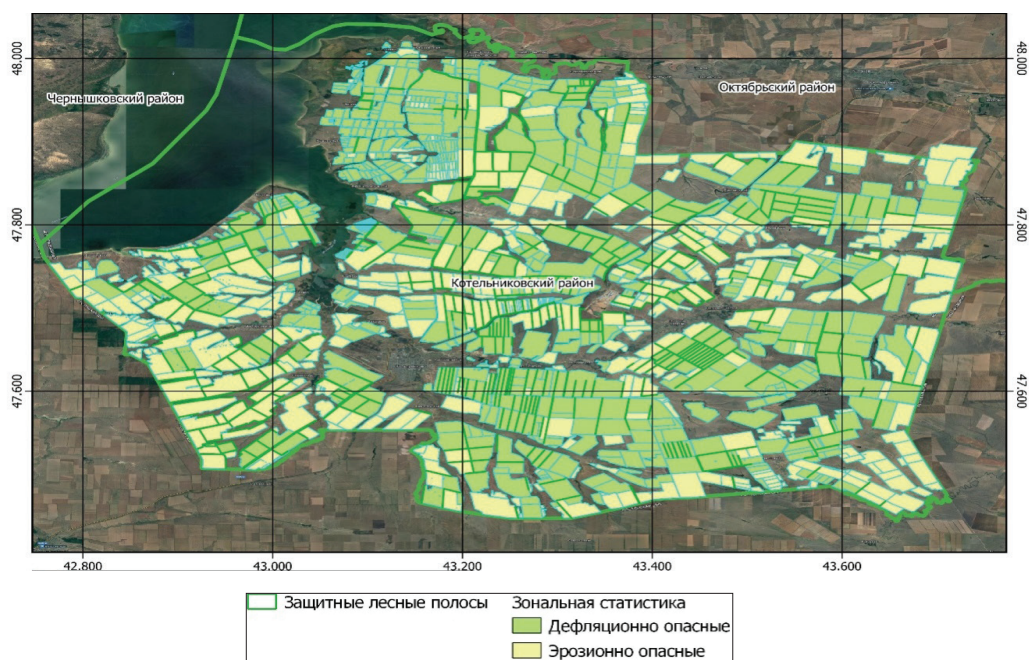


Рисунок 3. Карта классификации полей Котельниковского района по степени уклона рельефа

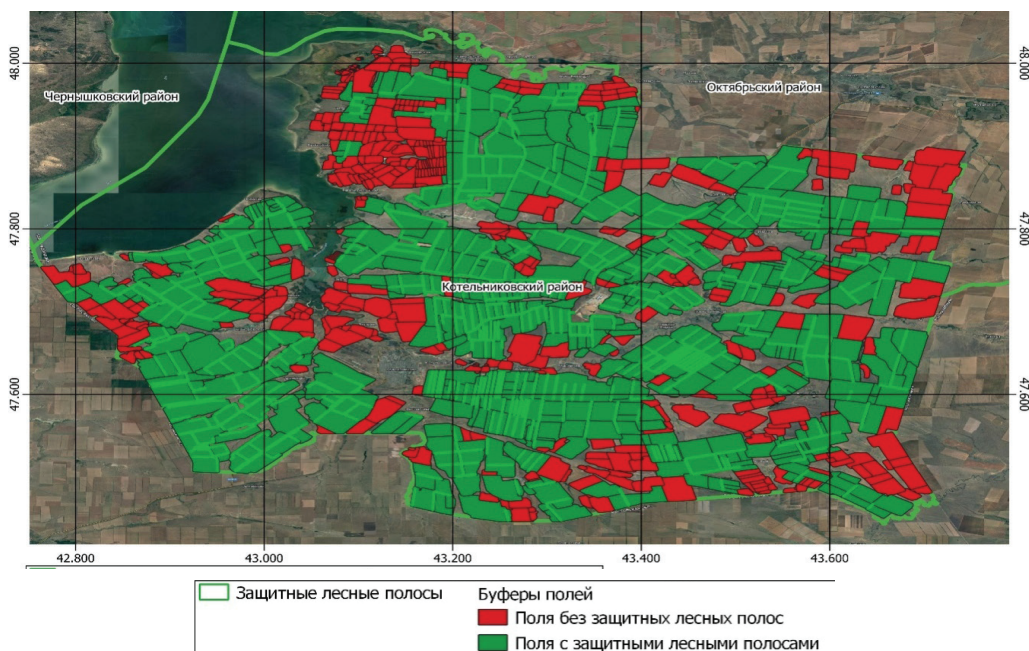


Рисунок 4. Карта обеспеченности полей на территории Котельниковского района лесополосами

Слой с лесными насаждениями является полигональным слоем, и применение базового алгоритма вычисления азимута к нему не подходит, потому что полигон может характеризоваться как минимум четырьмя пространственными определяющими. Для вычисления среднего угла наклона полигонов был использован метод вычисления тангенса. Для каждого объекта с помощью калькулятора полей были вычислены крайние точки по каждому направлению $(x/y(\max/\min))_{\$geometry}$.

Вычисление производилось в проекции WGS 84 UTM Zone 38N, поэтому значения координат были выражены в метрах. Использование метрических проекций очень важно при морфометрическом анализе. При использовании географических проекций, где в качестве системы исчисления используются градусы, минуты и секунды, автоматизиро-

ванный расчёт производится именно на их основе. Поэтому выходные данные получают со значительными искажениями.

Далее производился расчёт длины полигона в каждом направлении. Длина полигонов рассчитывается как разность между максимальной и минимальной координатой в каждом направлении. Расчёт максимальных и минимальных координат производился с помощью калькулятора полей и функций $\$x_{\max(\min)}$ и $\$y_{\max(\min)}$. После этого был рассчитан тангенс (как отношение прилежащей стороны к противолежащей) и соответственно переведен из радианов в градусы с помощью функции degrees . Впоследствии были отобраны лесополосы, расположенные правильно, и составлена карта расположения защитных лесополос (рисунок 5).

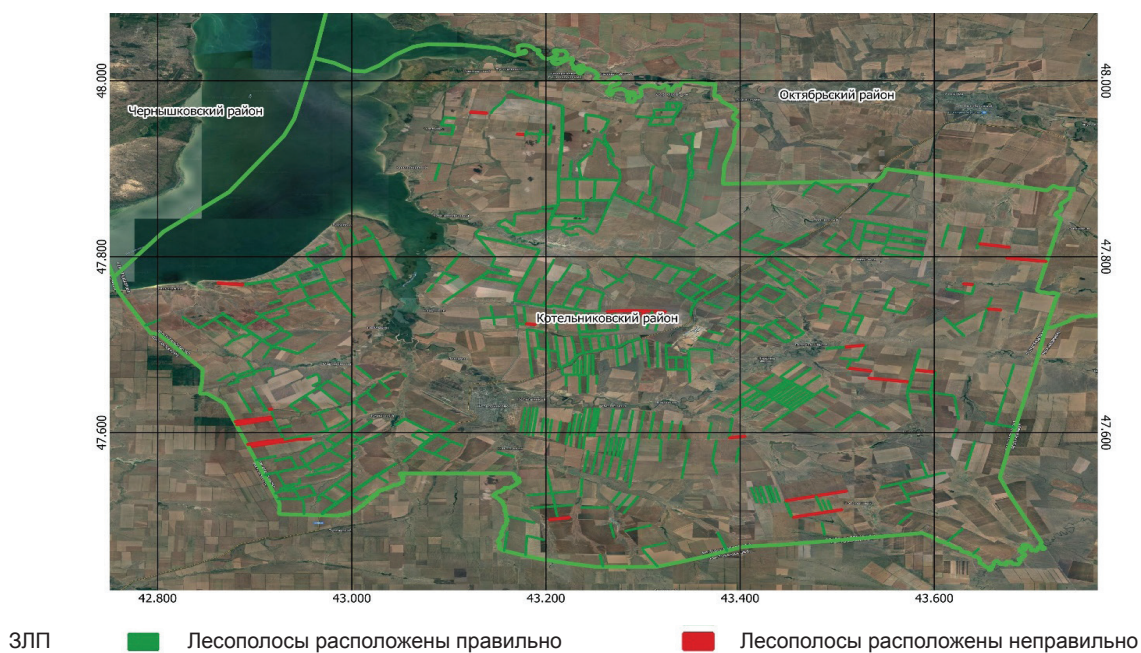


Рисунок 5. Карта расположения защитных лесных полос на территории Котельниковского района

Анализ защитных лесных насаждений исследуемой территории показал, что из 4031,74 га лесополос только 31 га лесных полос расположены неправильно относительно преобладающего направления ветра, то есть 95% лесонасаждений выполняют свою функцию по борьбе с ветровой эрозией сельскохозяйственных земель.

Анализ оснащённости полей лесополосами показал, что из 205620 га полей 20 % не имеют лесных полос. Из общей площади полей, необеспеченных лесополосами, 30 % являются эрозионноопасными (2056 га). Из общей площади полей Котельниковского района 70 % полей являются эрозионноопасными и при этом не имеют защитных лесонасаждений. Именно эти территории являются приоритетными при агролесомелиорации и планировании противоэрозионных мероприятий.

Заключение. Предложенная методика картографирования и исследования лесных насаждений является наиболее рациональной с точки зрения временных и трудовых затрат. Использование полуавтоматической контролируемой классификации данных или материалов ДЗЗ позволяет добиться максимальной точности картографирования при всех ее недостатках и артефактах. Решением проблемы неточностей может служить экспертное дешифрирование данных и фильтрация с попутным присваиванием атрибутов.

Установлено, что на территории исследования, в пределах Котельниковского района, наблюдается высокая противоэрозионная эффективность имеющихся лесных полос, однако их площади недостаточно для защиты всех полей. Некоторые эрозионноопасные участки вовсе лишены защитных лесополос и требуют проведения агролесомелиоративных мероприятий.

Данные, полученные в ходе исследования, могут использоваться для комплексной экологической оценки территории.

Литература:

1. Варданыан С.А. Организационно-методическое обеспечение внутреннего аудита агрохолдингов. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет. 2021. 196 с.
2. Жирин В.М., Князева С.В. Оценка возможностей дешифрирования лесообразующих пород по космическим снимкам IKONOS / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 6. № 2. С. 373-379.
3. Иванов С.В., Кушнырь О.В., Рыбкин А.С. и др. Повышение эффективности управления землями лесного фонда на основе геоплатформенных решений и данных ДЗЗ / Сборник тезисов докладов шестнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, 12–16 ноября 2018 года. – Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2018. С. 508.
4. Карпунин С.С., Киселев В.В., Свешников В.В. Картографическое обеспечение экологии и природоохранных мероприятий на основе использования данных дистанционного зондирования Земли // Геодезия и картография. 1992. 4. С. 67-79.
5. Кошкин А.В., Мазун А.А., Вдовых П.Е. и др. Автоматизация процесса получения данных ДЗЗ европейской космической программы Sentinel // Молодежный научный форум: технические и математические науки. 2017. № 4(44). С. 90-96.
6. Лайкин В.И. Геоинформатика: учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: АмГПУ, 2010. 159 с.
7. Федорчук С.А., Матвеев Ш. Опыт электронного картографирования лесных насаждений западных муниципальных районов Саратовской области // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 3-2(66). С. 76-80.
8. Федорчук С.А., Гушин В.А. Электронное картографирование лесистости Балашовского района Саратовской области // Заметки ученого. 2022. № 3-1. С. 69-74.
9. Юферев В.Г., Ткаченко Н.А. Картографирование и моделирование агроландшафтов с использованием геоинформационных систем // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4(111). С. 23-28. DOI 10.34736/FNC.2020.111.4.005.23-28
10. EarthExplorer: [сайт]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 15.05.2022).

The Kotelnikovsky District of the Volgograd Region Protective Forest Plantations Preservation Parameters Geoinformation Analysis

Vera V. Balynova ✉, Laboratory Additnant-Researcher, balinova-v@vfanc.ru, laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes – Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center 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

Abstract. The article presents protective forest plantations (PFP) and agricultural fields geoinformation analysis results. Due to improper PFP planting, the fields have insufficient wind protection, which leads to a decrease and loss of the crop. This study is aimed at analyzing protective forest stands and identifying unsuitable PFP. The work was done with a large number of PFP and agricultural fields for greater accuracy of the study. The mapping forest stands method based on semi-automatic classification of remote sensing data with subsequent expert filtering, as well as a method for studying the forest cover of the territory are described. Electronic mapping of forest plantations within the Kotelnikovsky district was carried out, an overview maps of the Kotelnikovsky district, a relief map, classification map of the fields of the district, map of fields provision with forest belts, map of forest strips selection were compiled. Adequate cartographic methods of protective plantings analysis were used. The results of the analysis are relevant for the study area characterized by arid climate and exposure to wind erosion. The data obtained can be used for further comprehensive environmental assessment of the territory, for agroforestry and other measures to combat wind erosion, as well as for further planting of protective forest plantations.

Keywords: remote sensing of the earth, geoinformation systems, geoinformation mapping, forest plantations, digital terrain model

Received: 11.08.2022 Accepted: 07.12.2022

References:

1. Vardanyan S.A. *Organizatsionno-metodicheskoe obespechenie vnutrennego audita agrokholdingov* [Organizational and methodological support of agricultural holdings internal audit]. Volgograd. Volgograd SAU Publ. house. 2021. 196 p.
2. Zhirin V.M., Knyazeva S.V. *Otsenka vozmozhnostej deshifirovaniya lesoobrazuyushchikh porod po kosmicheskim snimkam IKONOS* [The decoding forest-forming rocks from IKONOS satellite images possibilities assessment]. Contemporary problems of remotesensing of the Earth from space. 2009. T. 6. 2. pp. 373-379.
3. Ivanov S.V., Kushnyr' O.V., Rybkin A.S. et al. *Povyshenie*

effektivnosti upravleniya zemlyami lesnogo fonda na osnove geoplatformennykh reshenij i dannykh DZZ [Improving the efficiency of forest fund land management based on geoplatform solutions and remote sensing data]. Contemporary problems of remotesensing of the Earth from space: Compilation of abstracts of reports of the Sixteenth All-Russian Open Conference. Moscow. Space Research Institute Publ. house, 2018. p. 508.

4. Karpukhin S.S., Kiselev V.V., Sveshnikov V.V. *Kartograficheskoe obespechenie ekologii i prirodookhrannykh meropriyatij na osnove ispol'zovaniya dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli* [Cartographic support of ecology and environmental protection measures based on the use of Earth remote sensing data]. *Geodesy and cartography*. 1992. 4. pp. 67-79.

5. Koshkin A.V., Mazun A.A., Vdovykh P.E. et al. *Avtomatizatsiya protsessa polucheniya dannykh DZZ evropejskoj kosmicheskoy programmy Sentinel* [Remote sensing data of the European space program Sentinel obtaining process automation]. *Molodezhnyj nauchnyj forum: tekhnicheskie i matematicheskie nauki* [Youth Scientific Forum: technical and Mathematical Sciences]. 2017. 4(44). pp. 90-96.

6. Lajkin V.I. *Geoinformatika* [Geoinformatics]: a textbook. Komsomolsk-on-Amur. ASUHPubl. house, 2010. 159 p.

7. Fedorchuk S.A., Matveev Sh. *Opyt elektronnoogo kartografirovaniya lesnykh nasazhdenij zapadnykh munitsipal'nykh rajonov Saratovskoj oblasti* [Forest plantations in the western municipal districts of the Saratov region electronic mapping experience]. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 2022. 3-2(66). pp. 76-80.

8. Fedorchuk S.A., Gushchin V.A. *Elektronnoe kartografirovanie lesistosti Balashovskogo rajona Saratovskoj oblasti* [Balashovsky district of the Saratov region forest cover electronic mapping]. *Zametki uchenogo* [Notes of the scientist]. 2022. 3-1. pp. 69-74.

9. Yuferev V.G., Tkachenko N.A. *Kartografirovanie i modelirovanie agrolandshaftov s ispol'zovaniem geoinformatsionnykh sistem* [Mapping and modeling of agricultural landscapes using geoinformation systems]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific Agronomy Journal]. 2020. 4(111). pp. 23-28. DOI 10.34736/FNC.2020.111.4.005.23-28

10. EarthExplorer: [сайт]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (date of access: 15.05.2022).

Цитирование. Балынова В.В. Геоинформационный анализ параметров сохранности защитных лесных насаждений Котельниковского района Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. №4(119). С. 66-71. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.010.66-71

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. Balynova V.V. The Kotelnikovsky District of the Volgograd Region Protective Forest Plantations Preservation Parameters Geoinformation Analysis. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 4(119). pp. 66-71. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.010.66-71

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.