

Б.В. Полушковский¹, А.В. Белова²

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СОСТОЯНИЯ ЛЕСОПОЛОС
НОВОАЛЕКСАНДРОВСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется возможность оценки современного состояния лесозащитных насаждений в Ставропольском крае на основе данных дистанционного зондирования. При помощи фотограмметрического и картометрического методов проанализированы космические снимки для модельной территории Ставропольского края (Новоалександровского городского округа). Применение геоинформационных технологий позволило с помощью картографического метода оценить текущее состояние лесополос и определить их качественные и количественные характеристики. В процессе оцифровки и дешифрирования снимков лесополосы были разделены на категории по степени разрушения. Всего в ходе проведения работ было выделено 2524 лесополосы общей площадью 10,95 тыс. га. В результате появилась возможность оценить качественное состояние лесополос Новоалександровского городского округа и выявить, что целых и незначительно разрушенных защитных лесополос больше как в количественном отношении, так и по занимаемой ими площади. Далее в процессе исследования были установлены количественные характеристики лесополос – определена площадь, а также измерена и внесена в атрибутивную таблицу длина и ширина всех защитных лесных насаждений Новоалександровского городского округа. Установлено, что ширина большей части защитных лесополос (1281 шт.) в районе исследования составляет от 20 до 30 метров, а 1001 лесополоса имеют ширину более 30 м. Наиболее часто встречающаяся длина лесополос – менее 500 м. (1034 шт.) и 500–1000 метров (680 шт.). Площадные характеристики защитных лесных насаждений куда более неоднородны – так, полностью целых лесополос было выявлено 247 шт., общей площадью 1058 гектаров. Незначительно разрушенных лесополос 1623 шт., а их площадь 7395 гектаров. Значительно разрушенных лесополос 41 шт., площадью 1734 гектара и полностью разрушенных – 44 шт., площадью 213,8 гектаров.

Предложенную методику исследования и оценки защитных лесных насаждений можно использовать для других территорий Ставропольского края для более полного исследования состояния лесополос региона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: данные дистанционного зондирования, дешифрирование, лесополосы, картографирование лесополос, геоинформационные системы.

¹ ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет, Институт наук о Земле, 355000, г. Ставрополь, проспект Кулакова, 16/1 (корпус № 16) e-mail: boris_pol@rambler.ru

² ФГАОУ ВО Северо-Кавказский федеральный университет, Институт наук о Земле, 355000, г. Ставрополь, проспект Кулакова, 16/1 (корпус № 16) e-mail: gis_anna@mail.ru

Boris V. Polushkovsky¹, Anna V. Belova²

**ASSESSMENT OF QUALITATIVE AND QUANTITATIVE
CHARACTERISTICS OF THE STATE OF FOREST LANDS OF THE
NOVOALEKSANDROVSK CITY DISTRICT OF STAVROPOL REGION WITH
THE USE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES**

ABSTRACT

The article analyzes the possibility of evaluating the current state of forest protection plant in the Stavropol Territory based on remote sensing data. With the help of photogrammetric and kartometric methods, space snapshots are analyzed for the model territory of the Stavropol Territory (Novoaleksandrovsky City District). The use of geo-information technologies allowed us using a cartographic method to estimate the current state of forest belt and determine their qualitative and quantitative characteristics. In the process of digitizing and decrypting, forest belts were divided into categories by destruction. In total, 2524 forest belts with a total area of 10.95 thousand hectares were allocated during the work. As a result, it was possible to assess the qualitative state of the forest belt of the Novoaleksandrovsky urban district and reveal that entire and slightly destroyed protective forest belts are greater than in quantitative terms and in the area they occupy. Further, in the process of the study, the quantitative characteristics of the forest belt were established – the area was determined, and the length and width of all protective forest plantations of the Novoaleksandrovsky urban district was determined and entered into an attribute table. It has been established that the width of most of the protective forest belt (1281 pcs) in the area of the study is from 20 to 30 meters, and 1001 forest belts have a width of more than 30 m. The most common length of forest belt is less than 500 m. (1034 pcs.) and 500–1000 meters (680 pcs.). Square characteristics of protective forest plantations are much more inhomogeneous – so, completely scaffolding was revealed 247 pcs., With a total area of 1058 hectares. Slightly destroyed forest belt 1623 pcs. and their area are 7395 hectares. Significantly destroyed forest belt 41 pcs., with an area of 1734 hectares and fully destroyed – 44 pcs., with an area of 213.8 hectares.

The proposed research methodology and evaluation of protective forest plantations can be used for other territories of the Stavropol Territory for a more complete study of the state of the region of the region.

KEYWORDS: remote sensing data, decryption, forest belts, mapping of forest belts, geographic information systems.

ВВЕДЕНИЕ

Для всей территории России характерна значительная разбалансированность сельскохозяйственных земель. В ряде субъектов земли сельскохозяйственного назначения занимают значительную часть всех земель региона. Так, в Ставропольском крае, доля земель сельскохозяйственного назначения составляет 92 %³.

¹ North Caucasus Federal University, Institute of Earth Sciences, 355000, Stavropol, Kulakova Av., 16/1 (building number 16) *e-mail*: **boris_pol@rambler.ru**

² North Caucasus Federal University, Institute of Earth Sciences, 355000, Stavropol, Kulakova Av., 16/1 (building number 16) *e-mail*: **gis_anna@mail.ru**

³ Региональный доклад о состоянии и использовании земель Ставропольского края. Электронный ресурс: <http://www.stavreg.ru/index.php/12-napolnenie/750-regionalnyu-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovani- zemel-stavropolskogo-kraja> (дата обращения 30.03.2021).

Общая площадь эродированных земель в крае составляет 1671 тыс. га, или 31,7 % от площади сельскохозяйственных угодий.

Активное проявление эрозионных процессов проявляется на 25,7 % территории пашни (1009 тыс. га), то есть каждый четвёртый гектар пашни разрушен от действия воды и ветра. При этом 40,3 % площади пашни подвержено выдуванию, 13,2 % – действию водной эрозии, 2,2 % – совместному воздействию воды и ветра¹.

Кроме того, территория Ставрополя (и особенно восточные районы) относятся к регионам с рискованным земледелием², поэтому для ряда районов региона значение лесозащитных насаждений трудно переоценить. Лесные полосы – это защитные лесные насаждения в виде лент, создаваемые на пахотных землях, пастбищах, в садах, вдоль каналов и дорог, по бровкам оврагов, на склонах и т. п. с целью их защиты от различных неблагоприятных факторов [Лесная энциклопедия, 1985].

Лесные полосы играют значительную природоохранную, средообразующую и рекреационную роль. Они существенно меняют ветровой режим, влажность воздуха, испаряемость, положительно влияют на накопление запасов влаги в почве, улучшают гидрологический режим территории и микроклимат, предотвращают развитие водной и ветровой эрозии. интенсивность поверхностного стока, и тем самым защищают почвы от смыва и размыва. В борьбе с водной эрозией под влиянием лесополос смыв почвы существенно сокращается [Кочкарь, 2002].

Кроме того, защитные лесные насаждения, особенно в регионах с высокой долей сельскохозяйственных земель, являются важными аккумуляторами углерода, как в многолетней наземной биомассе, так и в почве под ними путем формирования органического вещества. Типичный видовой состав лесополос в Ставропольском крае включает такие виды растений как абрикос обыкновенный, алыча, бузина, дуб летний, клен остролистный, орех грецкий, тополь, шелковица, ясень обыкновенный. К сожалению, с использованием данных дистанционного зондирования видовой состав определить практически невозможно, на это указывает и ряд зарубежных исследователей [Noorian et al., 2016].

Лесополосы в Ставропольском крае выполняют в основном ветрозащитную функцию, улучшают водный режим почвы путем задержания снега и препятствуют эрозии³.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории Ставропольского края лесополосы высаживались в отдельные периоды 60–80 гг. XX века. В постсоветский период вопросы агролесомелиоративного обустройства территорий перестали быть актуальными. Попытки возрождения агролесомелиорации со стороны научно-исследовательских учреждений в России в целом пока безуспешны ввиду отсутствия государственного финансирования [Ерусалимский, Рыжков, 2017]. Таким образом, и в Ставропольском крае с 90-х гг. системные мероприятия по поддержанию и развитию сети лесополос не проводились. Поэтому на сегодняшний день лесополосы края имеют различное качественное и количественное

¹ О состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае. Электронный ресурс: <http://www.mpr26.ru/deyatelnost/otchety-doklady/o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-i-prirodopolzovanii-v-stavropolskom-krae> (дата обращения 30.03.2021).

² Атлас земель Ставропольского края. Электронный ресурс: <http://mshsk.ru/dzz/atlasSK.pdf> (дата обращения 30.03.2021).

³ О состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае. Электронный ресурс: <http://www.mpr26.ru/deyatelnost/otchety-doklady/o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-i-prirodopolzovanii-v-stavropolskom-krae> (дата обращения 30.03.2021).

состояние, которое мы попытались систематизировать и описать в виде нескольких категорий: целая лесополоса; незначительно разрушенная; значительно разрушенная; полностью разрушенная; категория не определима (рис. 1). Оценка состояния лесополос проводилась визуально, с использованием данных дистанционного зондирования – снимков, доступных в сервисе Google Maps. Проведение любого исследования, касающегося оценки лесной растительности, связано с нехваткой информации. Использование данных дистанционного зондирования позволяет не только получить актуальные данные, но и применить наиболее экономичную и оптимальную методику исследования [Adjognon et al., 2019]. Использование космических снимков позволяет проанализировать не только состояние и эффективность защитных лесонасаждений, но дать экологическую оценку эрозионных ландшафтов [Сабиров и др., 2007; Ермолаев и др., 2017].

Так как сервис Google Maps функционирует на базе снимков Landsat 8, а также спутников сверхвысокого разрешения WorldView и QuickBird, то в теории разрешение снимков может достигать 0,5–0,6 м/пиксель. Однако это высокое разрешение характерно, в основном, для территории крупных городов. Эмпирически нами было установлено, что снимки земель сельскохозяйственного назначения имеют пространственное разрешение около 2,5 м/пиксель, что достаточно для нашего исследования. Такое разрешение позволяет при помощи фотограмметрического метода достаточно точно выделять лесополосы, ширина которых в Ставропольском крае обычно составляет 12–25 м. За разные годы в сервисе Google Maps доступны снимки с различным разрешением и сделанные в разные времена года. Также еще одним достоинством таких снимков является отображение данных в цветах, привычных и естественных для человеческого глаза. Для проведения анализа были отобраны наиболее свежие из имеющихся материалов (как правило, за 2018–2020 гг.), сделанные в теплое время года (т.к. на снимках, сделанных зимой, снежный покров не позволяет надежно идентифицировать лесополосы) [Гурьев и др., 2013].

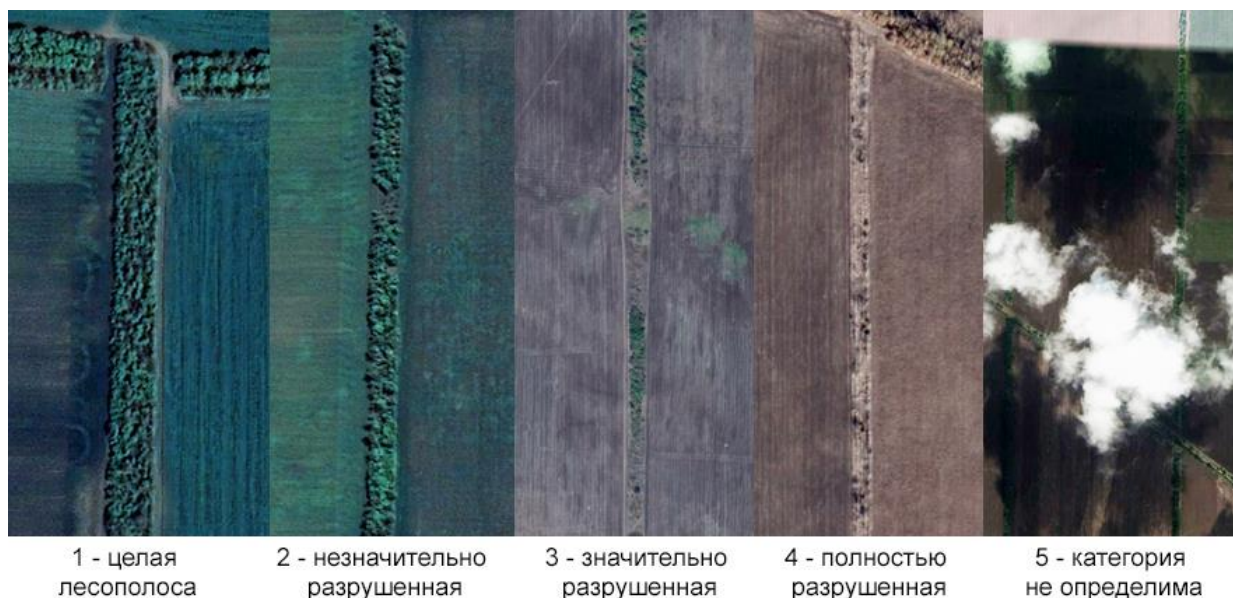


Рис. 1. Категории визуального выделения лесополос

Fig. 1. Categories of visual identification of forest belts

Для объективной оценки степени поврежденности насаждений осуществлена камеральная инвентаризация защитных лесных полос на основании данных дистанционного зондирования. Для отработки методики исследования качественного и количественного состояния лесополос был выбран Новоалександровский городской округ (ранее – Новоалександровский район), расположенный в северо-западной части Ставропольского края. В «Докладе о состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае», ежегодно публикуемом Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края, Новоалександровский городской округ выделяется как один из немногих районов с относительной однородностью почвенного покрова¹.

Новоалександровский городской округ расположен в западной части края и имеет площадь 201,5 тыс. га. Район имеет сельскохозяйственную специализацию, общая площадь сельскохозяйственных угодий района составляет 188,9 тыс. га, из которых 168,7 тыс. га занимает пашня². Таким образом, степень распаханности района – 83 %, что характерно для районов с сельскохозяйственной специализацией. Также Новоалександровский городской округ является одним из районов края с равнинным рельефом и минимальными перепадами высот, что выгодно отличает его от центральных и южных районов края [Полушковский и др., 2020].

На начальном этапе исследования по материалам дистанционного зондирования была проведена оцифровка и создание полигонального векторного слоя лесных полос. По результатам выполнения данной работы векторизовано более 2,5 тысяч объектов на снимках.

В процессе оцифровки лесополосы были организованы в классы по приведенным выше критериям, что позволило дать качественную оценку их состояния. Оцифровка лесополос и дальнейшая обработка проводилась с использованием Google Earth Pro, ГИС MapInfo Professional 15.0, а также QGIS 3.12.1. В процессе оцифровки из района исследования были исключены территории населенных пунктов, а также оцифровке не подвергались те области, где защитные лесополосы между полями отсутствуют (рис. 2).

Начальная векторизация лесополос велась в Google Earth Pro, в результате чего был получен векторный слой данных в формате *.kml/kmz. Далее полученный слой был экспортирован в ГИС MapInfo для проведения дальнейшего анализа.

В процессе векторизации и классификации лесополос, проводимой в ГИС MapInfo, было выявлено, что распределение лесополос различных категорий на территории округа не следует каким-либо пространственным закономерностям (рис. 3). Лесополосы разной степени сохранности располагаются бессистемно.

По структуре и размещению лесополос видно, что большая их часть ориентирована в направлении север-юг, для выполнения ими ветрозащитной функции. По данным Ставропольского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды господствующими ветрами в Новоалександровском городском округе являются восточные (38,4 %) и западные (25 %) (рис. 4.). По данным дистанционного зондирования практически невозможно оценить влияние вредоносных ветров на степень разрушения лесополос.

¹ О состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае. Электронный ресурс: <http://www.mpr26.ru/deyatelnost/otchet-y-doklady/o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy-i-prirodopolzovanii-v-stavropolskom-krae> (дата обращения 30.03.2021).

² Новоалександровский городской округ Ставропольского края. Электронный ресурс: <http://newalexandrovsk.ru> (дата обращения: 30.03.2021).

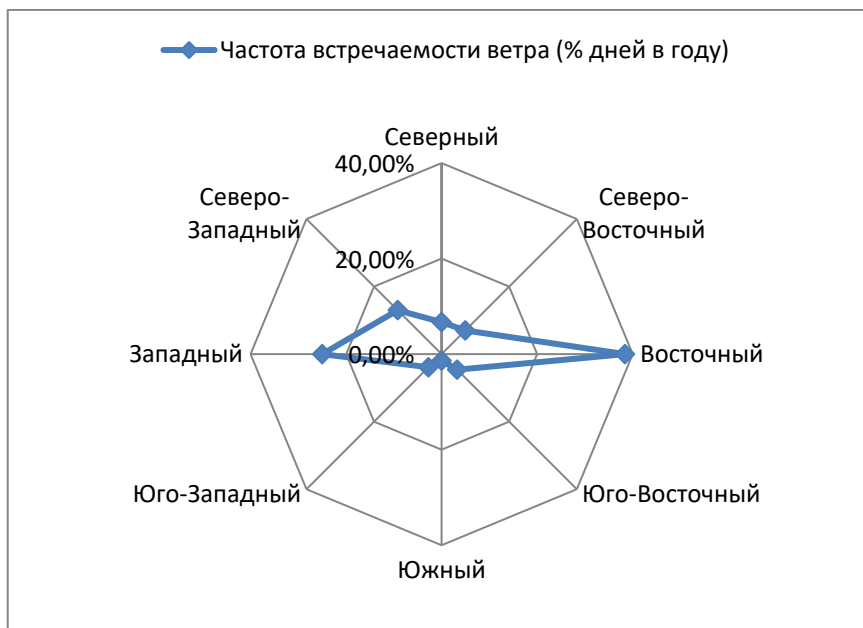


Рис. 4. Роза ветров Новоалександровского городского округа

Fig. 4. Wind rose of Novoaleksandrovsky urban district

В процессе оцифровки лесополосы были выполнены в виде полигональных объектов, которые по умолчанию имеют свойство площади. Поэтому одновременно с изучением качественных характеристик защитных лесополос было выполнено внесение площадей в атрибутивную таблицу. Для этого в ГИС MapInfo дополнительно в слое с лесополосами было создано поле Area, для дальнейшего расчета площадей (рис. 5).

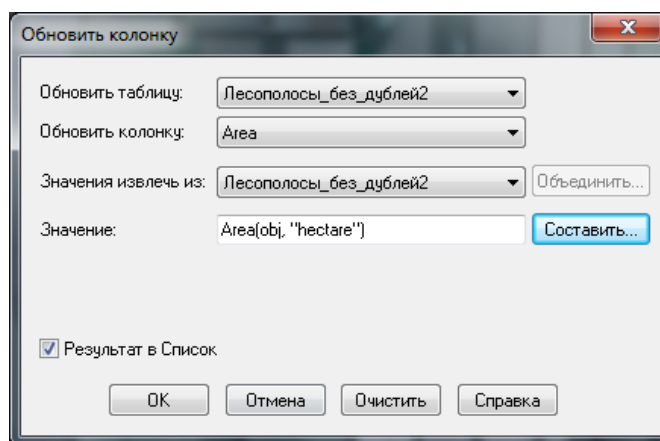


Рис. 5. Составление выражения для вычисления площади

Fig. 5. Drawing up an expression for calculating the area

Далее, используя статистику таблицы, можно провести расчет площадей лесополос различных категорий сохранности. Для удобства расчетов мы разделили все лесополосы района на 5 тематических слоев, и определили площади каждой категории лесозащитных насаждений.

Следующей важной характеристикой защитных лесополос является их длина и ширина. Чем больше ширина – тем эффективнее лесополоса выполняет свои защитные функции. То же самое касается и длины лесополос – длинная лесополоса без разрывов

будет обеспечивать лучшую защиту сельскохозяйственных земель, чем ряд коротких лесополос или лесополоса с разрывами. Однако свойство длины и ширины у полигональных объектов отсутствует. В связи с этим, нам пришлось использовать несколько промежуточных этапов для определения линейных характеристик лесополос.

Начальным этапом стало преобразование полигонов в полилинии, что было выполнено в ГИС MapInfo. Несмотря на то, что было осуществлено преобразование защитных лесополос в полилинии, они являлись целыми объектами, для которых измерить длину и ширину в автоматическом режиме невозможно. Для разбиения полилинии на отдельные сегменты использовалась QGIS и ее функция векторного анализа «Взорвать линии».

Таким образом, мы получаем множество сегментов всех защитных лесополос (рис. 6). В идеальном варианте лесополоса разделяется на 4 составляющих полилинии: две длинные и две короткие, которые можно измерить средствами ГИС.

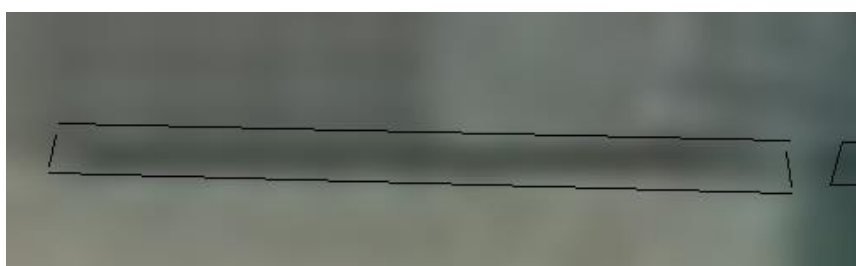


Рис. 6. Пример разбиения лесополосы на отдельные сегменты

Fig. 6. An example of dividing a forest belt into separate segments

Линейные характеристики длины и ширины были внесены в атрибутивную таблицу.

Теперь, имея данные о длине защитных лесополос, необходимо оценить их ширину и избавиться от дублирования данных в атрибутивной таблице. Согласно рекомендациям по агролесомелиоративному проектированию защитные лесополосы, в зависимости от пород деревьев, должны иметь ширину в интервале 10–30 м. [Защитное..., 1986] Однако в процессе оцифровки и разработки методики нередко попадались лесополосы, имеющие ширину 31–35 м. Пользуясь этими данными, с помощью инструмента запроса выберем и удалим объекты, имеющие значение длины менее 40 м (рис. 7).

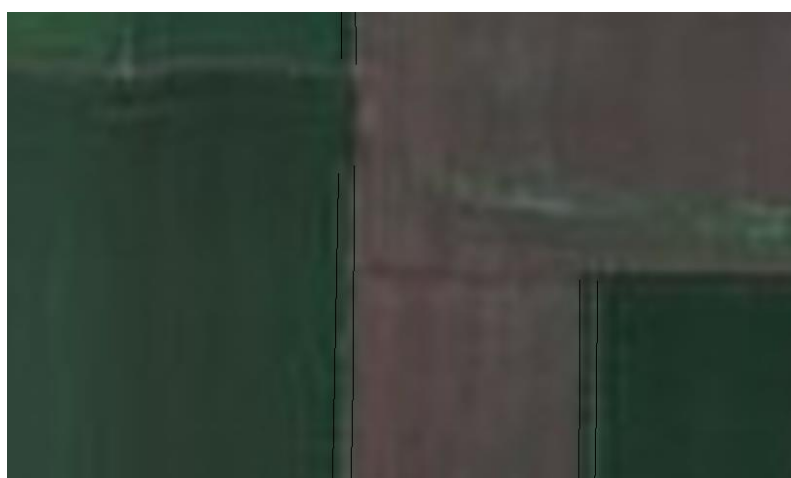


Рис. 7. Результат удаления линий менее 40 м

Fig. 7. Result of removing lines less than 40 m.

Расчёт ширины защитных лесополос и запись ширины в поле width был проведён также при помощи инструмента работы с таблицами MapInfo по формуле: $width = area / length$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего на территории Новоалександровского городского округа по данным ДЗЗ было выделено 2524 лесополосы общей площадью 10,95 тыс. га, что составляет 5,8 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения в районе. Показатель защитной лесистости, которая рассчитывается как отношение площади защитных лесополос к площади пашни, для Новоалександровского городского округа составила 6,5 %. Величина лесистости по отдельным районам Ставропольского края различна, зависит от физико-географических, климатических и почвенных условий и колеблется от 0,1 % до 6,9 %¹, так что территорию Новоалександровского городского округа можно считать по этому показателю благополучной.

Полученные в ходе векторизации территории района количественные данные представлены на рис. 8.

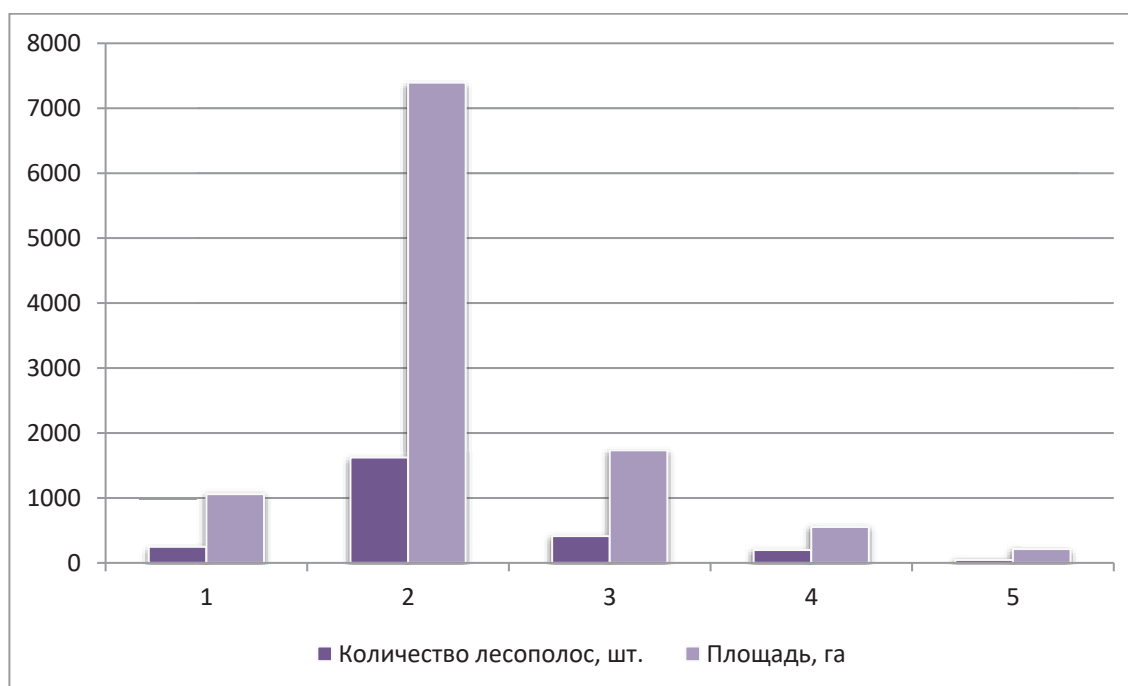


Рис. 8. Гистограмма с количественными характеристиками каждой категории лесополос

Fig. 8. Histogram with quantitative characteristics of each category of forest belts

Проанализировав распределение лесополос по качественным категориям, можно сделать выводы о том, что в выбранном районе исследования значительную часть лесополос составляют целые и незначительно разрушенные лесополосы (1 и 2 категория). Таких лесополос 74 % от общего числа лесополос в районе, и они занимают 77,2 % общей площади лесополос. Вместе с тем, как видно из рис. 4, большинство лесополос имеют

¹ Общие сведения о лесных ресурсах края. Электронный ресурс: <http://www.mpr26.ru/forest/o-lesnykh-resursakh-kraja/> (дата обращения 30.03.2021)

незначительные разрушения, а полностью целых защитных насаждений очень мало. Нарушения лесозащитных полос на территории Новоалександровского округа часто связаны с разрушениями, полученными за счёт хозяйственной деятельности (например, прокладкой разнообразных подземных коммуникаций). Места пересечения трасс линейных сооружений с лесополосами хорошо просматриваются на снимках и ведет к нарушению их защитных функций (рис. 9).

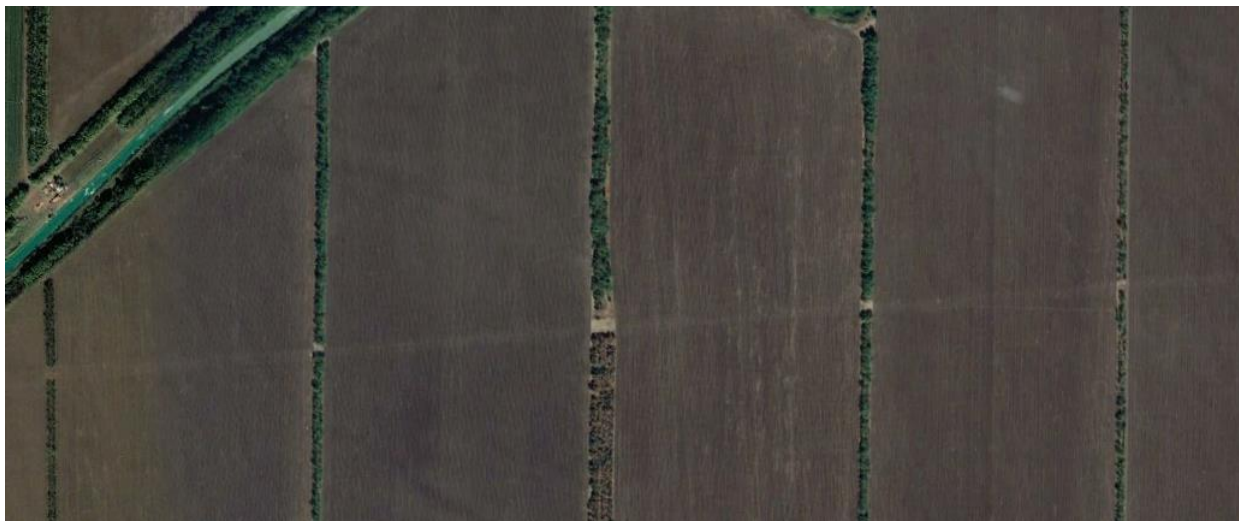


Рис. 9. Пример пересечения лесополос подземными коммуникациями
Fig. 9. An example of crossing forest belts by underground utilities

Вместе с тем значительно разрушенных лесополос на территории района не так много – 16,4 % от общего количества всех лесополос района. Количество полностью разрушенных защитных лесополос данных категорий составляет всего 7,8 %. Таким образом, в Новоалександровском городском округе достаточно хорошая степень сохранности лесозащитных насаждений.

В процессе оцифровки не удалось классифицировать лесополосы, находящиеся на стыках склеенных снимков, в областях с высокой облачностью и т.д. Такие объекты были отнесены к 5 категории. В целом их количество не велико (1,7 % от общего количества лесополос в районе, площадь – 1,95 % от общей площади лесополос). Для их дальнейшей идентификации необходимо либо применять дополнительные съемки (например, данные крупномасштабных аэрофотосъемок), либо запланировать полевые выезды на местности для визуальной оценки состояния.

Следующий этап исследования заключался в определении количественных метрических характеристик лесозащитных насаждений.

Проведенный количественный анализ позволил определить диапазоны, в которых варьируются размеры лесополос. Всего 8 лесополос имеют ширину менее рекомендованной в 10 метров, большая часть лесополос (2282 шт.) имеет ширину от 20 до 40 метров. Длина лесополос куда более неоднородна – так, в процессе анализа удалось выявить, что в районе 1034 защитных лесополосы имеют длину менее 500 м. Это в первую очередь объясняется конфигурацией и размерами полей Новоалександровского городского округа, но в то же время снижает эффективное действие таких лесополос по борьбе с дефляцией. При этом на рисунке можно отметить обратную зависимость длины лесополос и их количества: чем длиннее лесополосы, тем их меньше в районе исследования (рис. 10).

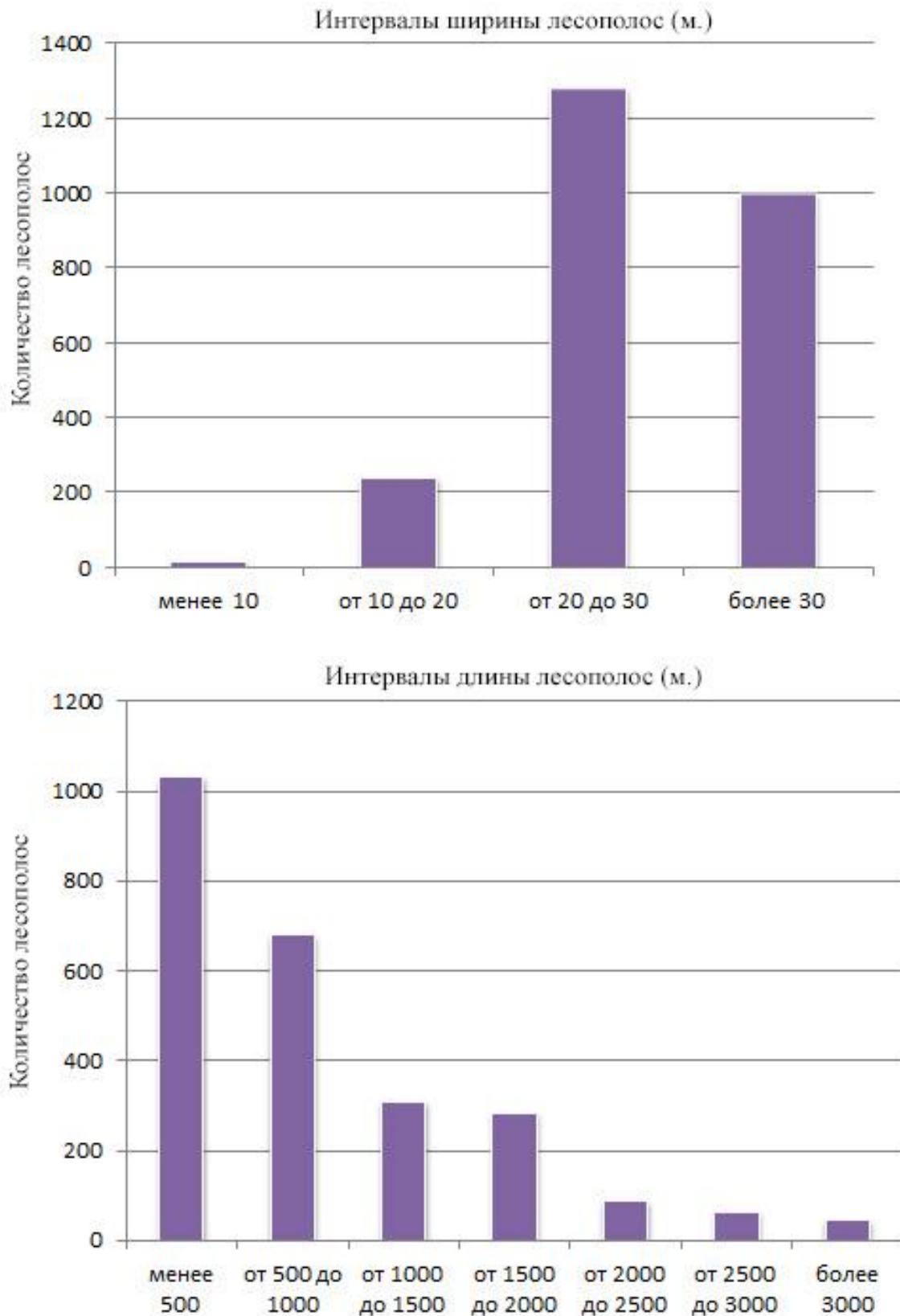


Рис. 10. Характеристика длины и ширины лесополос Новоалександровского городского округа

Fig. 10. Characteristics of the length and width of the forest belts of the Novoaleksandrovsk urban district

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования показывают, что состояние лесополос Новоалександровского городского округа Ставропольского края можно оценить в общем как достаточно хорошее по степени сохранности защитных лесополос. В то же время, достаточно небольшое количество лесополос можно охарактеризовать как «целые», во многих случаях отмечаются локальные разрушения защитных лесонасаждений, которые с течением времени могут привести к их дальнейшей деградации.

Продолжающееся активное освоение территории края, развитие сельскохозяйственного производства, а также строительство инфраструктурных объектов негативно воздействуют на лесные полосы. Для предотвращения дальнейшей деградации и разрушения лесополос необходимо наладить работу по восстановлению существующих лесополос и обустройству новых защитных лесных насаждений. Этот процесс должен проводиться целенаправленно органами государственной власти на территории всего региона, так как большая часть сельскохозяйственных угодий перешла в частную собственность. В связи с тем, что в процессе межевания земель площадь лесополос зачастую вычиталась из площади образуемых участков пашни (по просьбе заказчика работ), определить фактического собственника лесополос становится затруднительным. Часть работ по их восстановлению может быть возложена на выявленных собственников, но в целом это достаточно затратные мероприятия и требуют внимания и вложений государства. Решение проблемы оценки состояния защитных лесонасаждений в настоящее время позволит сохранить плодородие почв в будущем.

Применение спутниковой съемки в совокупности с методами ГИС позволило провести комплексное исследование структурной неоднородности лесных полос. Данный метод хотя и не позволяет получить детальную оценку, дает общее понимание того, насколько критична ситуация с состоянием полос данного района в целом. Представленный методический подход может быть использован для корректировки существующих, а также проектирования новых защитных лесных насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гурьев А.Т., Алешко Р.А., Торхов С.В., Трубин Д.В.* Тематическая обработка спутниковых снимков лесных территорий на основе структурных моделей. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 164 с.
2. Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2017. Т. 159, кн. 4. С. 668–680.
3. *Ерусалимский В.И., Рожков В.А.* Многофункциональная роль защитных лесных насаждений. Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. М.: Почвенный институт, 2017. Вып. 88. С. 121–138.
4. Защитное лесоразведение в СССР. Под ред. Е.С. Павловского, Б.А. Абакумов, Д.К. Бабенко, И.М. Бартенев и др. М.: Агропромиздат, 1986. 263 с.
5. *Кочкар М.М.* Роль лесополос, регулирующих сток, во взаимодействии природных и антропогенных факторов эрозионно-гидрологического процесса в Нижнем Поволжье [Текст]: автореф. канд. с.-х. наук. Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации (Волгоград). Волгоград, 2002. 22 с.
6. Лесная энциклопедия: в 2-х т. Гл. ред. Г.И. Воробьев; ред. кол. Н.А. Анучин, В.Г. Атрохин, В. Н. Виноградов и др. Т. 1. М., 1985. 563 с.
7. *Полушковский Б.В., Турун П.П., Сутормина Э.Н., Белова А.В.* Оценка состояния лесополос Ставропольского края с использованием данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий. Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. Т. 14. № 3. С. 105–110. DOI: 10.31161/1995-0675-2020-14-3-105-110.

8. *Сабиров А.Т., Галилулин И.Р., Кокутин С.Н., Колесникова Е.Р.* Экологическая оценка эрозионных ландшафтов с использованием космических снимков. Вестник Казанской государственной сельскохозяйственной академии. 2007. Т. 2. № 1. С. 74–79.
9. *Adjognon G.S., Rivera-Ballesteros A., Van Soest D.* Satellite-based tree cover mapping for forest conservation in the drylands of Sub Saharan Africa (SSA): Application to Burkina Faso gazetted forests. *Development Engineering*. V. 4. 2019. 100039. ISSN 2352-7285. DOI: 10.1016/j.deveng.2018.100039.
10. *Noorian N., Shataee-Jouibary S.H., Mohammadi J.* Assessment of Different Remote Sensing Data for Forest Structural Attributes Estimation in the Hyrcanian Forests. *Forest Systems*, 2016. V 25. Issue 3, e074. DOI: 10.5424/fs/2016253-08682.

REFERENCES

1. *Adjognon G.S., Rivera-Ballesteros A., Van Soest D.* Satellite-based tree cover mapping for forest conservation in the drylands of Sub Saharan Africa (SSA): Application to Burkina Faso gazetted forests. *Development Engineering*, V. 4. 2019, 100039. ISSN 2352-7285. DOI: 10.1016/j.deveng.2018.100039.
2. *Ermolaev O.P., Medvedeva R.A., Platoncheva E.V.* Methodological approaches to monitoring erosion processes on agricultural lands of the European part of Russia using space survey materials. *Uchen. app. Kazan. un-that. Ser. Natural science*. 2017. V. 159 (4). P. 668–680 (in Russian).
3. *Erusalimsky V.I., Rozhkov V.A.* The multifunctional role of protective forest plantations. *Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute*. Moscow: Soil Institute, 2017. 88. P. 121–138 (in Russian).
4. *Forest encyclopedia: in 2 volumes*. Ch. ed. G.I. Vorobyov; ed. count N.A. Anuchin, V.G. Atrokhin, V.N. Vinogradov et al. T. 1. M., 1985. 563 p. (in Russian).
5. *Guryev A.T., Aleshko R.A., Torkhov S.V., Trubin D.V.* Thematic processing of satellite images of forest areas based on structural models. Arkhangelsk: IPC NARFU, 2013. 164 p. (in Russian).
6. *Kochkar M.M.* The role of runoff-regulating forest belts in the interaction of natural and anthropogenic factors of the erosion-hydrological process in the Lower Volga region [Text]: abstract of PhD dissertation. Sciences: 06.03.04; All-Russian Research Institute of Agroforestry (Volgograd). Volgograd, 2002. 22 p. (in Russian).
7. *Noorian N., Shataee-Jouibary S.H., Mohammadi J.* Assessment of Different Remote Sensing Data for Forest Structural Attributes Estimation in the Hyrcanian Forests. *Forest Systems*, 2016. Volume 25, Issue 3, e074. DOI: 10.5424/fs/2016253-08682.
8. *Polushkovsky B.V., Turun P.P., Sutormina E.N., Belova A.V.* Assessment of the state of forest belts of the Stavropol Territory using data from remote sensing of the Earth and geoinformation technologies. *Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences*. 2020. V. 14. No 3. P. 105–110. DOI: 10.31161 / 1995-0675-2020-14-3-105-110 (in Russian).
9. *Protective afforestation in the USSR*. Ed. Pavlovsky E.S. Abakumov B.A., Babenko D.K., Bartenev I.M. et al. M.: Agropromizdat, 1986. 263 p. (in Russian).
10. *Sabirov A.T., Galilulin I.R., Kokutin S.N., Kolesnikova E.R.* Environmental assessment of erosional landscapes using space images. *Bulletin of the Kazan State Agricultural Academy*. 2007. V. 2. No 1. P. 74–79 (in Russian).