

УДК 333С7:631.617

Д. К. Сучков

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (лаборатория прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов), г. Волгоград, email: suchkov1992@yandex.ru

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ

Ключевые слова: геоинформационная система, сохранность, дистанционный мониторинг, пространственный анализ, лесные полосы.

В наше время дать полную картину о состоянии и динамике защитных лесных насаждениях может только картографическое изображение, а обращение к современным географическим информационным системам (ГИС) для его получения становится обязательным требованием нашего времени, когда уже нельзя обойтись без компьютерных технологий, если необходимо соблюсти условие оперативности обработки и передачи информации. В работе рассмотрена необходимость геоинформационных технологий, как инструмента достижения повышения экономической эффективности сельскохозяйственного производства с целью мониторинга и восстановления защитных лесонасаждений, которые утратили свои защитные функции. В ходе исследования были выявлены недостатки существующего в районе каркаса ЗЛН, которые, по нашему мнению, могут быть связаны со значительным разрушением ЗЛН и ошибками, допущенными при их проектировании. Полученные результаты пространственного анализа могут быть основой при проведении работ по восстановлению и совершенствованию существующих ЗЛН.

D. K. Suchkov

Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Laboratory for Forecasting the Bio-productivity of Agroforest Landscapes), Volgograd, email: suchkov1992@yandex.ru

DIGITAL TECHNOLOGIES IN AGROFORESTRY

Keywords: geoinformation system, safety, remote monitoring, spatial analysis, forest strips.

To date, only a cartographic image can give a holistic view of the forest-agrarian landscapes and the processes taking place in them, and access to modern geographic information systems (GIS) for its implementation is becoming a mandatory requirement of our time, when it is no longer possible to do without computer technology, if it is necessary to comply with the condition for the efficiency of processing and transmission of information. The paper considers the need for geoinformation technologies as an instrument to achieve an increase in the economic efficiency of agricultural production in order to monitor and restore protective plantations that have lost their protective functions. In the course of the study, the shortcomings of the existing ZLN framework in the area were identified, which, in our opinion, may be associated with significant destruction of the ZLN and errors made during their design. The obtained results of spatial analysis can be the basis for carrying out work on the restoration and improvement of existing ZLN.

На стыке геоинформатики, дистанционного зондирования и картографии возникает новое направление – геоинформационное картографирование, – которое объединяет в себе методическую и технологическую базы этих трех направлений. При этом обработка информации реализуется на основе системы математических моделей. Выделяются три разновидности моделей: 1) модели без учета пространственного координирования явлений; 2) результаты картографируются, но пространственный аспект не учитывается на этапе реализации математических алгоритмов; 3) без

учета пространственного учета явлений невозможно реализовать математические расчеты [1].

Результатом геоинформационного картографирования является электронная карта – аналог обычной карты, но существующий в компьютерной среде и содержащий всю информацию, необходимую для автоматического воспроизведения карты.

Первым к внедрению ГИС в лесную отрасль приступило лесоустройство, используя в своих производственных процессах цифровые методы обработки данных и ГИС-технологии, которое

стало на сегодняшний день основными производителями первичной информации о лесном фонде [2].

Необходимость внедрения ГИС-технологий в лесное хозяйство обосновывается повышением эффективности лесоустроительного проектирования, оперативного решения поставленных задач и непрерывного учета изменений, происходящих в лесном фонде, с одновременным переходом на непрерывное лесоустройство и т. д. [3, 4].

Материалы и методы

В основу исследования лег катенарно-бассейновый подход и аэрокосмическое картографирование. При проведении дешифрирования космоснимков использовалась фотограмметрическая станция Талка 3.3, для построения цифровой модели рельефа (ЦМР) – GlobalMapper 9.0, для геоинформационного картографирования – MapInfo 9.0, при полевых работах – GPS-приемники.

Результаты

Защитные лесонасаждения Краснодарского края являются важным звеном в развитии растениеводства в регионе. Лесные полосы оказывают благоприятное воздействие на экологическую обстановку в агроландшафтах, снижают проявление дефляции вследствие воздействия вредоносных ветров и защищают посевы от пыльных бурь [5]. К сожалению, информация о современном состоянии насаждений края практически отсутствует. Несколько десятилетий лесные полосы находились в бесхозном существовании, что привело к снижению их защитных функций и ухудшению состояния.

Объектом исследования были полезащитные лесные полосы (ПЗЛП) в СХП «Кубанец» и КФХ «Колос» Краснодарского края.

Согласно агроклиматическому районированию Краснодарского края [6] Тимашевский район расположен в двух агроклиматических районах: северная и северо-восточная части относятся ко II району, а западная и юго-западная части – к III.

Район II характеризуется недостаточным увлажнением (коэффициент увлажнения 0,25-0,30), за год выпадает 500-

600 мм осадков. За лето насчитывается 70-85 дней с суховеями, из них 5-7 дней приходится на интенсивные и очень интенсивные. Район III умеренно увлажненный, с коэффициентом увлажнения 0,30-0,40. За год выпадает 600-700 мм осадков. Общее число дней с суховеями составляет на территории этого района 50-75 дней. Интенсивные и очень интенсивные суховеи почти отсутствуют. Зима в обоих районах умеренно мягкая. Средняя месячная температура января -4,0, -2,5°, минимальная температура -30, -36°. Лето жаркое, с преобладанием ясной и сухой погоды. Средняя месячная температура июля 22-24°, максимальная может повышаться до 38-40°.

Рельеф полигона слабоволнистый с характерными замкнутыми большими и малыми понижениями. По территории района протекают пять степных рек: р. Кирпили, р. Кирпильцы, р. Кочеты, р. Левый Бейсужек, р. Незайманка.

Почвы слабокарбонатные западно-предкавказской зоны черноземов, внешние признаки которых имеют следующее строение [7]:

1. Горизонт А (0-51 см). Темно-коричневый, с серым оттенком. Структура рассыпчато-зернистая, книзу переходящая в зернисто-комковатую. Комки легко распадаются при раздавливании. Сложение с поверхности рыхлое, внизу плотнее. Карбонатные новообразования приурочены к нижней части горизонта, выражены неясно. От действия кислоты вскипание наблюдается ниже пахотного слоя.

2. Горизонт В (51-136 см). Коричневато-серый, постепенно светлеющий книзу и принимающий там темно-бурую окраску. Агрегат – комки, легко распадаются на ореховато-зернистые отдельности. В нижней части горизонта структурность постепенно затухает. Сложение вверху рыхловато-плотное, внизу рыхлое. Нижняя часть горизонта сильно изрыта дождевыми червями и несколько в меньшей степени кротовинами. Новообразования в виде карбонатной плесени неясно выражены в верхней части горизонта и густо в нижней в виде большого количества прожилок. От действия кислоты, происходит бурное вскипание.

3. Горизонт С (136-210 см). Палево-бурый, бесструктурный, пористый.

Карбонатные новообразования представлены редкой, плотной белоглазкой, прожилками, точками и слабой карбонатной плесенью. Ниже 180 см новообразования резко убывают. От действия кислоты бурно вскипают.

По гранулометрическому составу слабокарбонатные черноземы относятся к тяжелым почвам. В большей своей части они являются почвами глинистыми и реже тяжелосуглинистыми. Вертикальный профиль их по механическому составу довольно однородный. В верхней части горизонта А этих почв карбонаты отсутствуют, но они в больших количествах скапливаются сразу ниже границе вскипания.

В границах полигона существует 16 сельскохозяйственных предприятий, 15 из которых в основном занимаются разведением полевых культур, и одно хозяйство – садоводством. В связи с этим на территории полигона преобладают полезащитные лесные полосы (площадью 3898 га) различного возраста, породного состава и состояния, сплошное детальное обследование которых требует больших затрат трудовых и временных ресурсов [8]. Однако, зная преобладающие схемы смешения пород по различным хозяйствам, можно произвести дистанционно-экстраполяционную оценку состояния всех насаждений полигона в более короткие сроки.

С этой целью были заложены координатные и таксационно-дешифровочные пробные площади для изучения таксационных и дешифровочных показателей древостоев в СХП «Кубанец» и КФХ «Колос».

Для оценки защитной лесистости пашни, завершенности системы лесных полос и степени защищенности сельскохозяйственных угодий на основе компьютерного измерительного дешифрирования космоснимков Quick Bird были определены следующие показатели: площадь хозяйства, площадь пашни, площадь полезащитных полос, общая длина (основных и вспомогательных полос) и средняя высота насаждений.

Результаты произведенных измерений для количественной оценки параметров системы полезащитных лесных полос (ПЗЛП) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика систем ПЗЛП СХП «Кубанец»

Объект	СХП «Кубанец»
S хозяйства, га	7103,2
S пашни, га	6053
Средняя S поля, га	62,0
S лесополос, га	311,2
Общая длина лесополос, м	102435
Средняя высота лесополос, м	12,1
Завершенность, %	87
Лесистость, %	5,0
Защищенность, %	59

Анализ данных показывает, что в агроландшафтах исследуемого полигона завершенность систем полезащитных лесных полос является достаточно высокой и составляет 90 %. Дубово-ясеневые лесополосы занимают 45 % от общего количества обследованных полос.

По данным дистанционного мониторинга, проведенного в 2018 г. на территории КФХ «Колос», суммарная площадь всех защитных лесных насаждений составляла 8096 га, протяженность 3321 км при средней длине 1308 м и средней ширине 23 м. В районе отмечается значительное снижение сохранности ЗЛН – так, 21 % (698 км) ЗЛН имеют сохранность ниже 75 % (рис. 1). В результате пространственного анализа методами ГИС установлено, что район обладает низкой защитной лесистостью, которая составляет 3,1 % при рекомендованном уровне (ВНИИАЛМИ) для сухостепной зоны 3,8–4,8 %. В КФХ «Колос» основные полезащитные лесные насаждения составляют 60 % от все ЗЛН. Согласно рекомендациям по агролесомелиоративному обустройству территории [9], основные ЗЛН необходимо размещать друг относительно друга на рекомендованных расстояниях, которые зависят от типа почв. Так, например, для территории КФХ «Колос» для участков с темно-каштановыми почвами расстояние должно составлять 350 м, а для светло-каштановых – 250 м. На основании результатов пространственного анализа установлено, что в КФХ «Колос» только 5 % основных ЗЛН расположены в со-

ответствии с рекомендациями расстояниях друг относительно друга. В складывающейся ситуации значительно снижается эффективность ЗЛН в борьбе с дефляцией, пыльными бурями и суховеями, поскольку теряется целостность защитной системы. По данным Краснодарского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в КФХ «Колос» преобладают ветры восточного направления.

Для решения этой проблемы требуется запроектировать (восстановить) полевые защитные лесные полосы и рассчитать размер капитальных вложений для реализации проектных решений. В таблице 2 приведены технико-экономические показатели закладки новых и восстановления поврежденных полевых защитных лесных полос на всей территории КФХ «Колос».

Данные в таблице 2 показывают, что общая площадь проектируемых полевых защитных лесных полос составила 2,1 га, общая сумма капитальных вложений составила 1,1 млн. руб. Расчет показал, что проектные лесные полосы дают дополнительную защищенную площадь – 63,4 га, дополнительную продукцию с площади, защищенной проектируемыми лесными полосами – 760,8 ц. Капитальные вложения окупаются дополнительным чистым доходом, который составляет 557,4 тыс. руб. В итоге срок окупаемости капитальных вложений с учетом роста деревьев до проектной высоты составил 9 лет [10, 11].

Создание агролесомелиоративной геоинформационной системы и картографирование состояния лесных полос было произведено на двух ключевых хозяйствах полигона (СХП «Кубанец», КФХ «Колос») на основе полученных данных в ходе дешифрирования насаждений с применением функциональных возможностей программ Mapinfo и Photoshop. В качестве графической основы (растровой подложки) для составления карт использовались космоснимки Quick Bird (по состоянию на 2066-2017 гг.).

Сначала необходимо зарегистрировать графическое изображение для пространственной привязки вводимой информации с космоснимком. Регис-

трация происходит на основе ввода географических координат характерных объектов, опознаваемых на космоснимке [12]. Нами были сняты координаты точек пересечения дорог и перекрестия лесных полос при помощи GPS-навигатора. На рисунке 2 показана регистрация космоснимка на территорию СХП «Кубанец».

Следующим этапом в организации ГИС является поиск и перевод в электронную форму первичной информации, т.е. создание атрибутивной и картографической баз данных. На рисунке 3 представлены: окно «Карта», в котором производится картографирование нужных объектов, и окно «Список», в котором отображается таксационно-мелиоративная характеристика лесных полос.

На рисунках 4 и 5 показаны карты системы лесных полос и категорий состояния насаждений СХП «Кубанец». Карты на остальные ключевые хозяйства представлены в приложении М-Р. Изображение карты системы лесных полос (рисунок 4) состоит из 4-х тематических слоев: 1 – слой «защитные лесные насаждения» отображен зеленым цветом и характеризует размещение лесных полос относительно преобладающих вредоносных ветров; 2 – слой «гидрографическая сеть» отображает границы существующих водотоков (р. Кирпильцы) и небольших микропонижений, показан коричневым и синим цветом; 3 – слой «населенный пункт» – серым цветом показывает границы населенных пунктов (х. Бедягина); 4 – слой «граница», где красным цветом нанесена граница хозяйства. Изображение карты категорий состояния насаждений (рисунок 5) включает такие же слои, что и карта системы лесных полос, только слой защитных лесных насаждений разбивается на категории состояния: зеленый цвет соответствует лесоводственно-мелиоративной оценке – 5а, желтый цвет – 4а, оранжевый – 3а.

В программе Photoshop на карты были нанесены координатная сетка, условные обозначения, номера лесных полос, масштабная линейка и рамка для презентабельной визуализации данных карт на экране монитора и в бумажном варианте.

Таблица 2

Технико-экономическая оценка размещения полезащитных лесных полос

Показатели	Количество
1. ТЕХНИЧЕСКИЕ	
1. Длина полезащитных лесных полос, м	9293
– продольных (основных) – всего	8048
в том числе проектируемых	1762
– поперечных (вспомогательных) – всего	1245
в том числе проектируемых	-
2. Площадь полезащитных лесных полос – всего, га	10,8
в том числе проектируемых	2,1
3. Высота лесных полос, м	10
4. Угол между лесными полосами и направлением вредоносных ветров, град: продольных/поперечных	90/45
5. Защищенная площадь – всего (в севообороте), га	219,2
в том числе проектируемыми лесными полосами, га	63,4
2. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ	
1. Прибавка урожая (озимая пшеница) на 1 га защищенной площади, ц/га	12
2. Дополнительная продукция с площади, защищенной проектируемыми лесными полосами, ц	760,8
3. Недобор продукции с площади, занятой проектируемыми лесными полосами, ц	128,1
4. Всего дополнительной продукции, ц	632,7
5. Капиталовложения на создание 1 га лесных полос, тыс. руб.	1100
6. Капиталовложения на создание проектируемых полезащитных лесных полос – всего, тыс. руб.	2310
7. Закупочная цена 1 ц продукции, руб.	1011
8. Стоимость дополнительной продукции, тыс. руб.	639,7

продолжение табл. 2

окончание табл. 2

Показатели	Количество
9. Затраты на производство 1 ц дополнительной продукции, руб.	130
10. Всего затрат на производство дополнительной продукции, тыс. руб.	82,3
11. Дополнительный чистый доход, тыс. руб.	557,4
12. Срок окупаемости капитальных вложений, лет	9

Примечание: Показатели урожайности, себестоимости и цены реализации сельскохозяйственной продукции использованы из статистического сборника АПК по Краснодарскому краю, 2019 г. по основной сельскохозяйственной культуре – озимая пшеница.

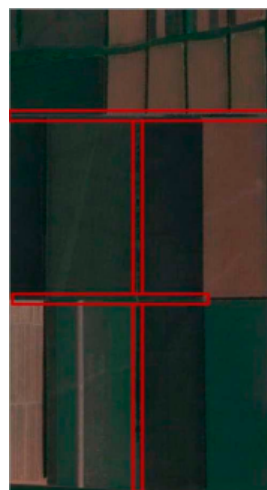


Рис. 1. Поврежденные и утраченные полезащитные лесные полосы в КФХ «Колос»

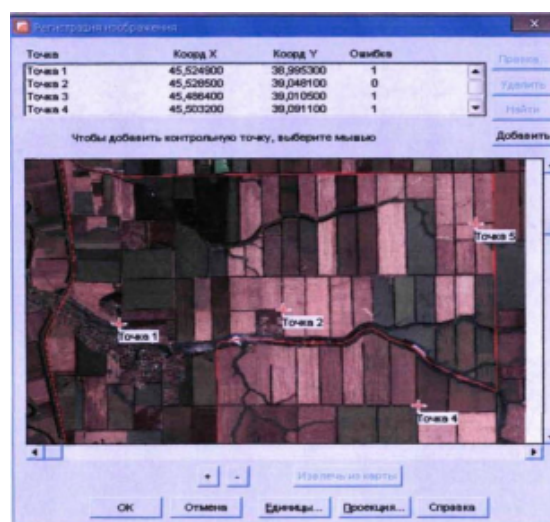


Рис. 2. Регистрация космоснимка



Рис. 3. Таксационная и геопространственная характеристика насаждения

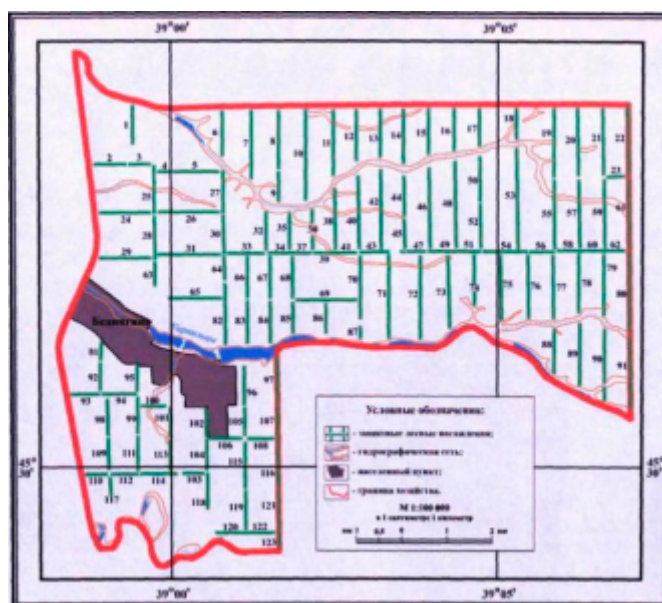


Рис. 4. Карта системы ПЗЛП СХП «Кубанец» Тимашевского полигона Краснодарского края

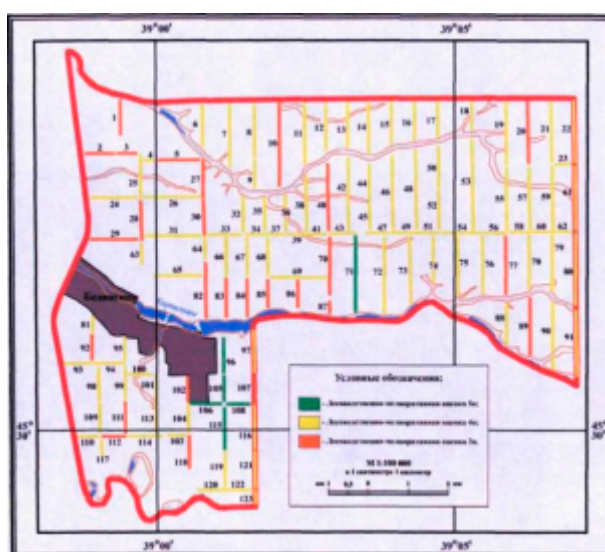


Рис. 5. Карта категорий состояния ПЗЛП СХП «Кубанец» Тимашевского полигона Краснодарского края

Таблица 3

Основные виды и стоимость агролесомелиоративных, проектно-изыскательских работ, выполняемых наземными методами

Основные этапы и виды работ	Стоимость, руб (на 1000 га)
Поиск и анализ фондовых документов и материалов исследований. Определение объемов работ и составление методики выполнения « проектных изысканий». Натурная рекогносцировка объектов и; составление предварительных агролесомелиоративных картосхем и описаний.	999,13
Дополнительный анализ фондовых документов (генплана, лесоустроительных, землеустроительных и « топографических материалов, планов хозяйств и т. п.). Изучение основных особенностей территории, характера антропогенной деятельности и размещения объектов. Определение в натуре границ агроландшафтных районов с нанесением их на топографическую основу и описанием. Выявление характерных особенностей агроландшафтных единиц.	16437,30
Установление в натуре границ агролесомелиоративных выделов и нанесение их на карты. Вычисление размеров площадей. Ландшафтно-агро-экологическая оценка выдела с определением структуры агроландшафта, его состояния, характера размещения сельхозугодий и видов ЗЛН. Подробное описание насаждений и почв с закладкой пробных площадей. Обобщение материалов изысканий и проектирование видов и объемов противо деградационных агролесомелиоративных мероприятий.	31907,70
ВСЕГО:	49344,13

Таблица 4

Основные виды и стоимость работ по оценке агроландшафтов и созданию агроландшафтных карт, выполняемых дистанционными методами

Основные этапы и виды работ	Стоимость, руб (на 1000 га)
Подборка, картографических материалов и КФС. Заказ и получение КФС. Сбор и систематизация имеющихся материалов.	4993,38
Дешифрирование КФС. Полевое комплексное ландшафтно– экологическое эталонирование и проверочные работы на ключевых участках. Составление макета и рабочего варианта карт, разработка легенды агроландшафтной карты. Составление окончательного варианта карт. Расчеты площадей выделов и других показателей.	1547,04
Анализ материалов комплексного агроландшафтного обследования. Оформление картографического материала и текстовых материалов.	322,30
ВСЕГО	6862,72

Большие возможности по отбору и сортировке данных обеспечивает система запросов [13]. Запрос – это задание на поиск данных в базе данных, удовлетворяющих некоторым условиям. Запросы к базе данных бывают в основном двух типов:

- дать список атрибутов, характеризующих данную точку или объект на карте;
- высветить области на карте, обладающие необходимыми свойствами.

С помощью запросов можно выполнить следующие виды обработки данных:

- выбрать объекты, удовлетворяющие условиям отбора;
- выполнить вычисления в каждой из отобранных записей;
- произвести обновление полей в отобранных записях.

Например, необходимо решить следующую задачу: получить список лесных полос, достигших возраста 50 лет для планирования в них необходимых лесохозяйственных мероприятий. С помощью ГИС формируется соответствующий запрос и на экран выводятся карта хозяйства с выделен-

ными полосами, достигшими 50 лет, и таблица с таксационными характеристиками отобранных полос.

Получаемые на данный момент аэрофотокосмоснимки среднего и крупного масштаба с высоким пространственным разрешением – необходимый для анализа внешней и внутренней структуры агроландшафтов материал. Традиционные методы требуют больших трудовых и временных затрат, особенно при создании специализированных карт на большие территории, как, например, Краснодарский край [14]. Поэтому весьма актуальна проблема автоматизированного создания карт с применением дистанционных методов. Ниже в таблицах 3 и 4 приведены расчеты стоимости работ по оценке агроландшафтов и созданию агроландшафтных карт и проектно-изыскательских работ, выполняемых дистанционными и наземными методами.

Наши расчеты указывают на явное преимущество дистанционных лабораторных исследований, базирующихся на применении более высококачественных технологий по сравнению с наземными изысканиями, требующих больших трудовых и временных затрат.

Выводы

Использование данных ДЗЗ и географической информационной системы доказало свою эффективность при проведении пространственного анализа ЗЛН на примере КФХ «Колос» и СХП «Кубанец» Краснодарского края. В результате были выявлены недостатки существующего в районе каркаса ЗЛН, которые, по нашему мнению, могут быть связаны со значительным разрушением ЗЛН и ошибками, допущенными при их проектировании. Полученные результаты пространственного анализа могут быть основой при проведении работ по восстановлению и совершенствованию существующих ЗЛН.

Библиографический список

1. Кулик К.Н., Манаенков А.С., Кузенко А.Н., Салугин А.Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 26.
2. Ковылина О.П., Ковылин Н.В. Основы автоматизированного проектирования лесомелиоративного производства. Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева. 2017. С. 62.
3. Антонов С.А. Роль геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли для оценки состояния и продуктивности агроландшафтов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 10–14.
4. Рулев А.С., Юферев В.Г., Юферев М.В. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов. Волгоград: ВНИАЛМИ. 2015. 150 с.
5. Ткаченко Н.А., Кошелев А.В. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов Волгоградского Заволжья // Вестник АПК Ставрополя. Ставрополь. 2017. № 2 (26). С. 137-143
6. Погорелов А.В., Прокопенко Х.С., Липилин Д.А. Лесные полосы в городе Краснодаре: оценка состояния и изменения (2003-2018 годы) // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2019. № 4. С. 79-91.
7. Науменко Н.О., Деревенец Д.К. Проблема эффективности защитных лесонасаждений в Краснодарском крае // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2019. С. 511-512.
8. Сучков Д.К. Противозерозионные насаждения и мероприятия на смытых и размытых почвах // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С. 56-61.
9. Колганов А.В., Сухой Н.В., Шкура В.Н., Щедрин В.Н. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 222 с.
10. Сучков Д.К., Рулева О.В. Ландшафтно-географический подход к оценке состояния насаждений в балке «Отрадной» // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 1. С. 174-194. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-174-194.
11. Пат. RU 2437061 C1 G01C/A01G. Способ определения сохранности лесных насаждений / А.С. Рулев, В.Г. Юферев, В.Ю. Михалев, А.Н. Маенко; заявл. 19.04.2010; опубликов. 20.12.2011.

12. Рулева О.В., Сучков Д.К. Характеристика полевых защитных лесных полос на территории учебно-опытного хозяйства «Горная поляна» // Лесохозяйственная информация. 2020. № 3. С. 131-138.
13. Сизов А. П., Хабаров Д. А., Хабарова И. А. Новые подходы к разработке методики формирования семантической информации мониторинга земель на основе обработки и анализа картографической информации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2018. Т. 62. № 4. С. 434-441.
14. Кошелев А. В. Картографирование пространственного распределения физикохимических показателей агролесомелиорированных почв // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность: материалы III Международ. науч.– прак. конф. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2016. С. 390-393.