

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПАШНИ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

\*С.А. Антонов, С.В. Перегудов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, Ставропольский край, Михайловск  
e-mail: \*santosb@mail.ru

За последние 30 лет в крае отмечается смещение специализации сельского хозяйства в сторону растениеводства. В результате увеличения интенсификации производства растет и антропогенная нагрузка на почву, что в дальнейшем может привести к различным деградационным процессам в почве. Исследование проводилось с целью оценки динамики площади пашни на территории засушливой зоны Ставропольского края. При наблюдении использовались материалы дистанционного зондирования Земли, находящиеся в открытом доступе, за 2015, 2019, 2022 гг. Поскольку наиболее подходящие территории были распаханы ранее, то для расширения площади пашни часто используют пастбища, сенокосы, которые обычно располагаются на склоновых землях, что может привести к отрицательным последствиям для сельского хозяйства, таким как эрозия и дефляция.

*Ключевые слова:* пашня, геоинформационная система, неконтролируемая распашка, дистанционное зондирование Земли.

### Введение

Ставропольский край является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов в стране. Основным направлением производства продукции выступает сфера растениеводства, в связи с чем преобладающим типом территорий в крае являются земли сельскохозяйственного назначения – 91 % [1].

Территория края характеризуется сложной ландшафтной дифференциацией, сочетающей в себе как ландшафты Большого Кавказа, так и равнины Предкавказья. Данная местность насчитывает 7 ландшафтных провинций: лесостепных, байрачных лесов, степных, полупустынных, предгорных степных и лесостепных, среднегорных ландшафтов. А также 24 ландшафта.

Такая ландшафтная неоднородность обуславливает сложные почвенно-климатические условия, которые отчетливо прослеживаются в зональности по направлению с запада на восток в нарастании засушливости. Гидротермический коэффициент вегетационного периода снижается с 1,01 на западе до 0,65 на востоке края, также отмечается изменение в структуре почвенного покрова (на западе преобладают черноземные почвы, а на востоке – каштановые) [2].

Начиная с 1968 г., в результате экономических преобразований на территории края было заменено агроклиматическое районирование, особенностью которого являлся учет только агроклиматических условий, на экономическое, которое учитывало и специализацию территории. В результате Ставропольский край был разделен на 4 сельскохозяйственные зоны, что повысило эффективность растениеводческой отрасли. Обоснование и внедрение системы «сухого земледелия» также сыграло важную роль в повышении эффективности сельского хозяйства [3].

Для любого аграрного региона важное значение имеет сбалансированное развитие отраслей хозяйства. Однако за последние 30 лет рыночные преобразования существенно изменили зональную специализацию районов края в пользу продукции растениеводства, с ориентацией на производство зерна. В результате отрасль животноводства стала убыточной,

и доля товарной продукции животноводства по отдельным районам снизилась более чем в 3 раза за период с 1990 по 2019 годы [3].

В результате этих изменений растет антропогенная нагрузка, что приводит к риску проявления различных деградационных процессов почвенного покрова. Основными последствиями изменений специализации стали: интенсификация производства, несоблюдение структуры посевных площадей, климатически необусловленное расширение площади чистых паров, отсутствие адаптации производства к ландшафтным особенностям, неконтролируемая распашка пастбищ и сенокосов [4, 5, 6].

Поскольку сельскохозяйственные угодья занимают обширную территорию, то для наблюдений за ними необходимы новейшие средства обработки, сбора, управления и анализа данных. Наиболее эффективным в этом случае будет использование геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли.

*Цель исследования:* анализ динамики площади пашни в засушливой зоне Ставропольского края с помощью геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли.

### Материалы и методы

В настоящее время роль программ для обработки и получения данных, таких как геоинформационные системы (ГИС) и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), растет с каждым годом. Они становятся незаменимы в сферах наблюдений за обширными территориями. Благодаря развитию сферы дистанционного зондирования растет качество и увеличивается доступность материалов космической съемки, распространяемых как на коммерческой, так и на бесплатной основе. Они пользуются большой популярностью благодаря доступности больших архивных баз данных и оперативности получения новых мультиспектральных изображений.

Благодаря появлению такой программы как Google Earth Pro появилась возможность использования данных с коммерческих спутников и аэрофотосъемки бесплатно. Она предоставляет изображения со сверхвысоким пространственным разрешением в видимом диапазоне спектра с таких спутников как Pleiades 1A/1B, World View-3. Данная программа позволяет проводить оцифровку, выгрузку и загрузку векторных данных, а также ретроспективное пролистывание изображений [7].

Оцифровка пашни проводилась на территории засушливой зоны Ставропольского края с использованием ретроспективных изображений за 2015-2022 гг. (рис. 1). Территория наблюдения включает в себя провинции степных ландшафтов, байрачных лесостепей, лесостепных, полупустынных, предгорных степных и лесостепных.

Поскольку данная программа не является полноценной геоинформационной системой из-за отсутствия инструментария для анализа данных, все дальнейшие пространственные вычисления проводились в программном комплексе Quantum GIS (QGIS).

QGIS является одной из наиболее популярных программ в мире. Она позволяет обрабатывать, анализировать большие объемы данных, создавать и редактировать базы данных. С ее помощью можно работать как с растровыми, так и с векторными данными. Использовалась версия QGIS v3.22.7 [8].

Для более детального анализа территории нами была произведена дифференциация распаханых участков на 2022 г. по сравнению с 2019 г. по пригодности для сельскохозяйственной деятельности. Для этого мы использовали классификацию сельскохозяйственных земель по С.С. Соболеву.

Данная классификация является одной из методик, используемых для систематизации и оценки земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения. Она разделяет сельскохозяйственные земли на несколько категорий в зависимости от их пригодности для сельскохозяйственной деятельности [9]:

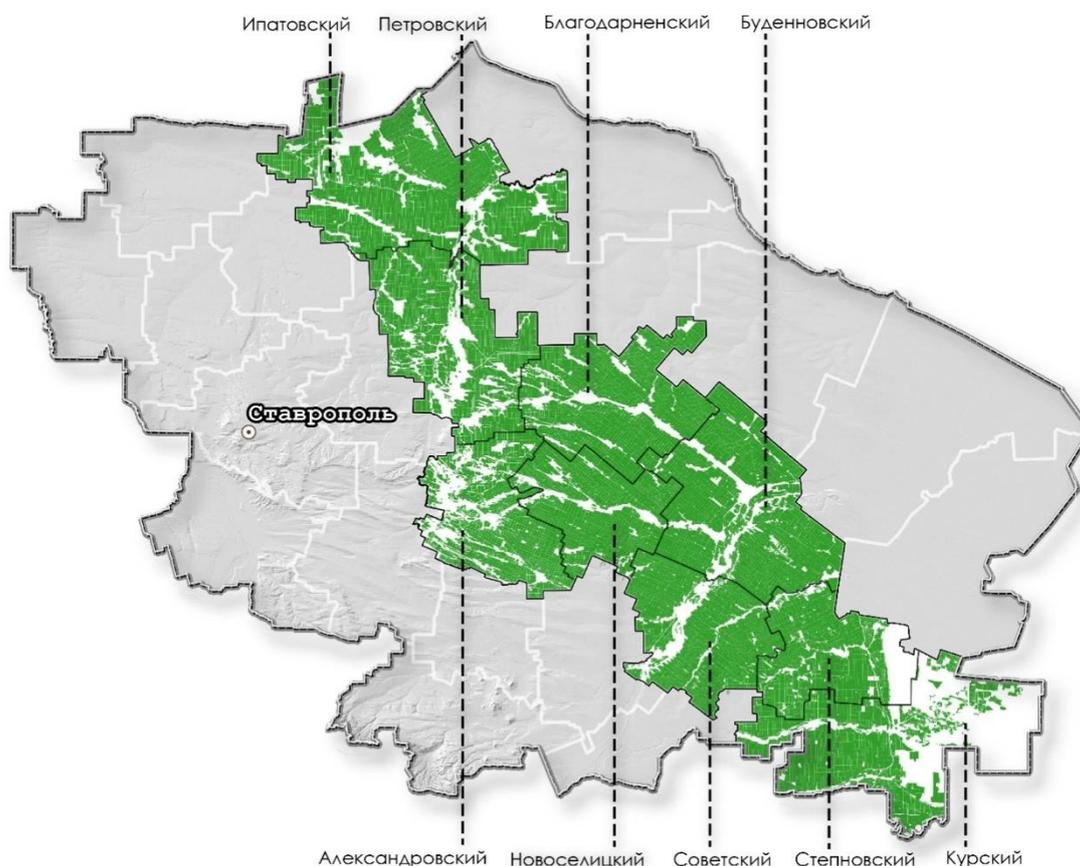


Рисунок 1 – Пахотные земли муниципальных образований, выделенные по материалам космической съемки 2019-2022 гг.

Класс А – земли относятся к категории, пригодной для интенсивного использования в сельском хозяйстве, и включают следующие классы:

1 категория – земли, которые устойчивы к эрозионным процессам с уклоном до  $1^\circ$ ;

2 категория – земли, слабо подверженные эрозии с крутизной до  $2^\circ$ ;

3 категория – к ней относятся средние и местами верхние части склонов крутизной  $2-3^\circ$ ;

4 категория – это более крутые нижние участки длинных склонов прямой и выпуклой формы с волнистой поверхностью, изрезанной частыми ложбинами, а также крутые участки склонов сложной формы крутизной  $3-5^\circ$ ;

Класс Б – территории с ограниченной обработкой почвы:

5 категория – сильно расчлененные территории с промоинами и оврагами крутизной от  $5$  до  $10^\circ$ ;

Класс В – территории не пригодные для возделывания:

6 категория – это склоны и дно задернованных балок, слабо расчлененные промоинами;

7 категория – включает расчлененные оврагами и промоинами участки склонов, дна балок и балочных ответвлений;

8 категория – это размытые овражно-балочные земли;

9 категория – «бросовые» земли с выходами твердых коренных пород, галечника, а также каменные осыпи.

Для определения средних значений уклона распаханых участков использовались материалы радиолокационной съемки ALOS PALSAR RTC.

ALOS PALSAR RTC – это проект, запущенный компанией Alaska Satellite Facility в 2014 году. Он использует данные от ALOS и других глобальных проектов для создания цифровой модели высот с радиометрической поправкой на рельеф местности и разрешением  $12,5$  м [10].

В результате были рассчитаны площади пашни для каждого муниципального образования, а также проведена классификация распаханых участков пашни за период 2019-2022 гг. по пригодности использования для сельскохозяйственной деятельности. Полученные данные были представлены с использованием картографических и математико-статистических методов.

### Результаты и обсуждение

В результате пространственного анализа на территории засушливой зоны Ставропольского края по данным космической съемки за период 2015-2019 гг. суммарная площадь пашни сократилась на 0,1 % (155 га), с 1676,2 до 1676,05 тыс. га. Однако к 2022 г. площадь пашни возросла на 2,4 %, то есть на 40493 га. Распределение динамики площади пашни в разрезе муниципальных образований носит неравномерный характер (рис. 2).

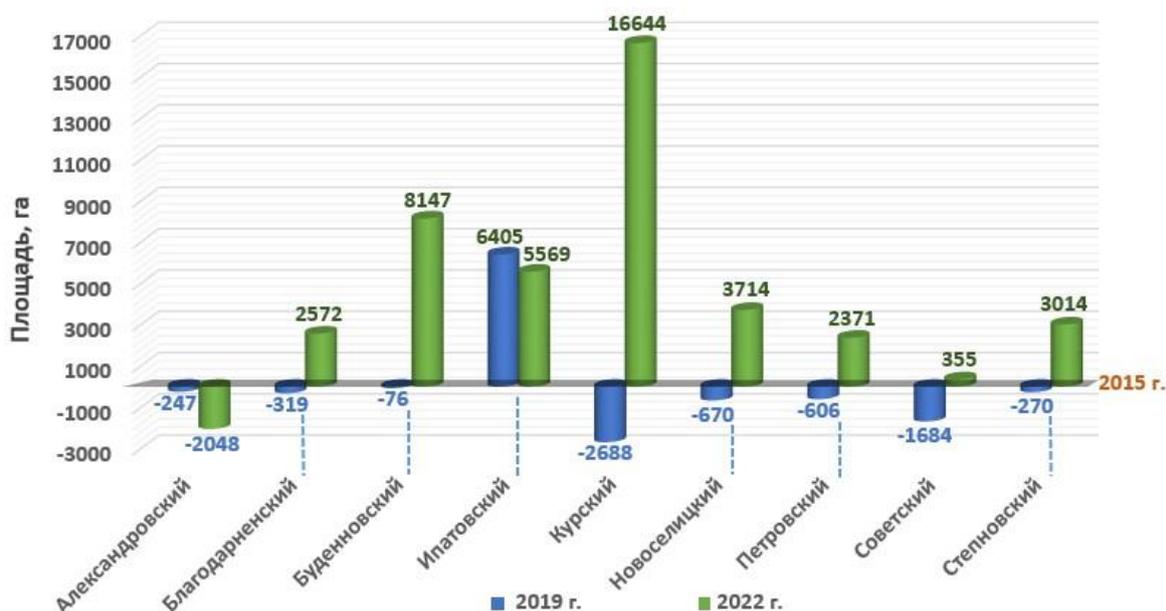


Рисунок 2 – Динамика площади пашни по данным 2019-2022 гг. по сравнению с 2015 г.

Так в Александровском муниципальном образовании по данным наблюдений 2019 г. отмечается сокращение площади пашни на 0,2 % (247 га). По наблюдениям 2022 г. тенденция сокращения площади пашни сохраняется. Отмечается сокращение еще на 1,4 % (1802 га) и суммарно, за весь период наблюдений, достигло -2048 га (-1,3 %). Это единственный район, где на всем протяжении наблюдений происходит снижение площади сельскохозяйственных угодий.

В Благодарненском муниципальном образовании по наблюдениям 2019 г. отмечается незначительное снижение площади пашни – на 0,2 % (319 га). По данным 2022 г. отмечается рост на 1,4 %, что составляет 2891 га. Суммарная динамика с 2015 по 2022 гг. в данном районе характеризуется ростом площади пашни на 1,3 % (2572 га).

В Буденновском городском округе по данным 2019 г. относительно площади пашни 2015 г. значения практически не изменились, сокращение площади сельскохозяйственных угодий составило 76 га. По данным 2022 г. округ является одним из лидеров по росту площади пашни. Прирост составил 3,3 % (8223 га), то есть за весь период наблюдений +8147 га.

Ипатовский городской округ по данным наблюдений 2019 г. является единственным муниципальным образованием засушливой зоны края, где наблюдался рост площади сельскохозяйственных угодий. Площадь пашни увеличилась на 2,2 % (6405 га). По наблюдениям 2022 г. на данной территории отмечается сокращение площади пашни на 0,3 % (836 га). Суммарное увеличение площади с 2015 по 2022 гг. составило 1,9 %, или 5569 га.

В Курском муниципальном образовании по данным 2019 г. отмечается наибольшее сокращение площади пашни – 1,6 %, что составляет 2688 га. Вместе с этим, данный район по материалам 2022 г. выступает лидером по увеличению площади сельскохозяйственных угодий, рост составил 11,5 %. Суммарно за период 2015-2022 гг. площадь увеличилась на 9,7 % (16644 га).

В Новоселицком муниципальном образовании по данным 2019 г. отмечается сокращение площади пашни на 0,5 % (670 га). По результатам анализа материалов 2022 г. в данном районе отмечается рост площади сельскохозяйственных угодий на 3,2 % (4384 га). Суммарный прирост составил 2,7 % (3714 га).

В Петровском городском округе за период с 2015 по 2019 гг. отмечается сокращение площади пашни на 0,3 % (606 га). По материалам 2022 г. на данной территории отмечается прирост площади сельскохозяйственных угодий на 1,5 % (2977 га). В целом за весь период наблюдений прирост составил 1,2 % (2371 га).

Советский городской округ по наблюдениям 2019 г. является одним из лидеров по сокращению площади пашни – 1 % (1684 га). А по данным 2022 г. отмечается прямо противоположная тенденция, площадь увеличилась на 1,2 % (2039 га), что по наблюдениям за весь период практически полностью уравнивает динамику прироста, которая суммарно составляет 0,2 % (355 га).

Степновское муниципальное образование по данным 2019 г. характеризуется незначительным сокращением площади пашни, на 0,2 % (270 га). По наблюдениям 2022 г. в данном районе отмечается рост площади сельскохозяйственных угодий на 2,5 % (3284 га). В целом, за весь период наблюдений площадь пашни увеличилась на 2,3 % (3014 га).

Вероятнее всего, данные процессы связаны с неконтролируемой распашкой сенокосов и пастбищ.

По полученным данным был проведен сравнительный анализ распаханности муниципальных образований засушливой зоны Ставропольского края за период 2015-2022 гг. В результате определено, что практически во всех территориальных единицах зоны отмечается рост площади сельскохозяйственных угодий (рис. 3).

Наибольший прирост относительно площади МО отмечается в Курском районе и составляет 5 %. Вместе с тем, в Советском МО площадь не изменилась. Отрицательные показатели отмечаются в Александровском МО, где распаханность территории сократилась на 1 %.

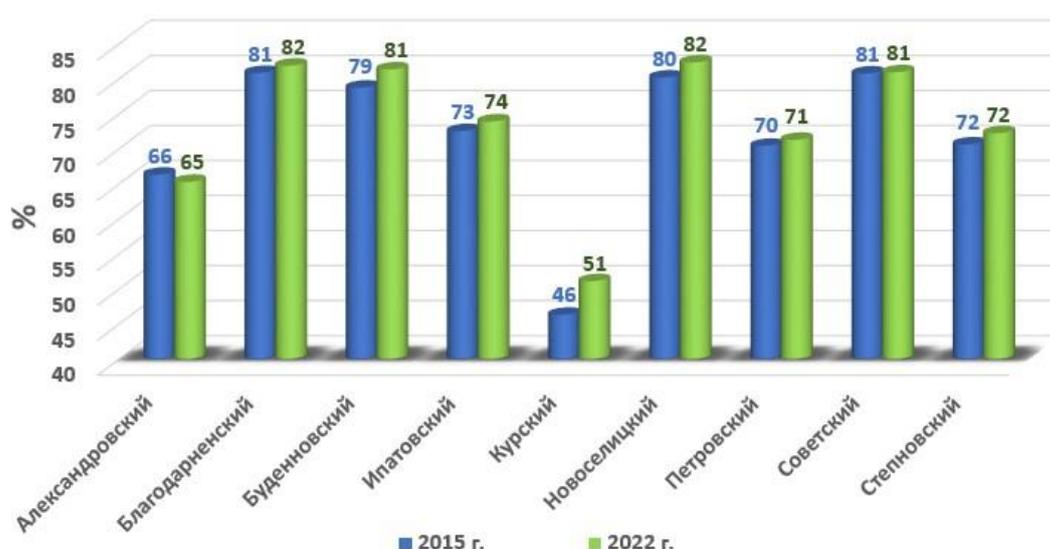


Рисунок 3 – Сравнительный анализ сельскохозяйственной освоенности муниципальных образований

Поскольку расположение пашни обуславливает риск подверженности эрозионным процессам, то для более детального анализа пригодности территории был проведен анализ распаханых участков за период 2019-2022 гг. На основании материалов радиолокационной съемки была построена модель склонов, рассчитаны средние значения уклона для каждого распаханного участка и присвоена категория в соответствии с классификацией С.С. Соболева (рис. 4).

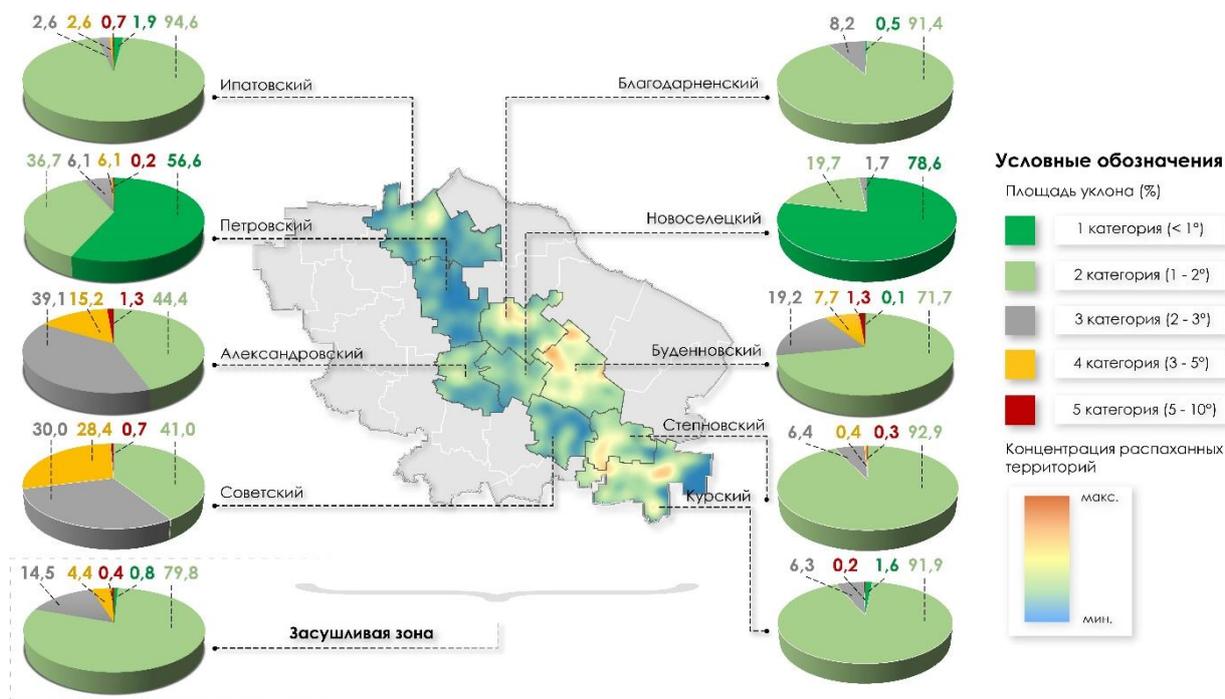


Рисунок 4 – Классификация пашни за 2019-2022 гг.

В результате анализа определено, что в засушливой зоне края 4,8 % распаханых участков имеют уклон от 3 до 10°, а большая часть 79,8 % относятся ко 2 категории (1-2°). Однако несмотря на не критичную обстановку в целом в отдельных муниципальных образованиях (Александровский, Буденновский, Советский) наблюдается распашка склоновых участков, что увеличивает риск проявления эрозионных процессов.

Также стоит учитывать особенности местности. Например, в Курском МО, где практически все распаханые территории имеют уклон 1-2°, расположены территории, подверженные опустыниванию, и на которых отсутствует каркас защитных лесных насаждений. В долгосрочной перспективе это может иметь негативные последствия.

### Выводы

В засушливой зоне Ставропольского края отмечается значительный прирост площади пахотных земель, так по данным 2015-2022 гг. рост площади распаханых территорий составил 2,4 % или 40493 га. В разрезе муниципальных образований максимальный показатель отмечается в Курском муниципальном образовании – 9,7 %. Это происходит за счет неконтролируемой распашки сенокосов и пастбищ и увеличивает вероятность развития эрозионных и дефляционных процессов.

В результате анализа определено, что в засушливой зоне 4,8 % площади дополнительно распаханых земель имеют уклон от 3 до 10°. Особо остро проблема распашки склоновых земель отмечается в Александровском, Буденновском, Советском муниципальных образованиях.

Только благодаря новейшим геоинформационным технологиям и данным дистанционного зондирования Земли удалось объективно оценить масштаб проблемы.

**Список литературы**

1. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур по Ставропольскому краю за 2019 год. / Управление федеральной службы государственной статистики по Северо-Кавказскому федеральному округу. Ставрополь, 2019. 204 с.
2. Антонов С.А. Тенденции изменения засушливости вегетационного периода на территории Ставропольского края // Земледелие. 2013. № 5. С. 3-6.
3. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Удовыдченко В.И., Петрова Л.Н., Дридигер В.К. [и др.]. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь, 2013. 520 с.
4. Нипоклонов В.Б., Хабарова И.А., Хабаров Д.А. Мониторинг и рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения Краснодарского края // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23. № 1. С. 167-177.
5. Письменная Е.В. Стукалов В.А., Лошаков А.В., Савинова С.В. Мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения Центрального Предкавказья // Вестник АПК Ставрополя. 2016. Т. 21. № 1. С. 123-126.
6. Антонов С.А. Перегудов С.В. Мониторинг водной эрозии на пахотных землях засушливой зоны Ставропольского края // Аграрная наука. 2021. Т. 348. № 4. С. 85-87. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-9-13.
7. Google Earth. URL: <http://www.google.ru/intl/ru/earth/> (дата обращения: 21.07.2023).
8. Quantum GIS. URL: <https://www.qgis.org/ru/site/about/index.html> (дата обращения: 21.07.2023).
9. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М: Изд-во МГУ, 1996. 335 с.
10. ALOS PALSAR – Radiometric Terrain Correction. URL: <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/> (дата обращения: 10.07.2023).

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 22.08.2023

Принята к публикации 12.03.2024

**ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF ARABLE LAND IN THE DRY ZONE OF THE STAVROPOL REGION ON THE BASIS OF EARTH REMOTE SENSING DATA AND GEOINFORMATION TECHNOLOGIES**

**\*S. Antonov, S. Peregodov**

North-Caucasus Federal Scientific Agrarian Center, Russia, Stavropol region, Mikhailovsk

e-mail: \*santosb@mail.ru

Over the past 30 years, there has been a shift in the specialization of agriculture towards crop production in the region. As a result of the increase in the intensification of production, the anthropogenic load on the soil is also growing, which in the future can lead to various degradation processes in the soil. The study was carried out in order to assess the dynamics of the area of arable land in the arid zone of the Stavropol Territory. The available Earth remote sensing data for 2015, 2019, and 2022 were used during the observations. As the most suitable areas were plowed before, to expand the area of arable land, pastures and hayfields located on sloping lands, are often used. It can lead to negative consequences for agriculture such as erosion and deflation.

*Key words:* arable land, geoinformation system, uncontrolled plowing, remote sensing of the Earth.

### References

1. Posevnye ploshchadi, valovye sbory i urozhajnost selskohozyajstvennykh ku'tur po Stavropolskomu krayu za 2019 god. Upravlenie federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Severo-Kavkazskomu federalnomu okrugu. Stavropol, 2019. 204 s.
2. Antonov S.A. Tendencii izmeneniya zasushlivosti vegetacionnogo perioda na territorii Stavropol'skogo kraja. Zemledelie. 2013. N 5. S. 3-6.
3. Kulintsev V.V., Godunova E.I., Zhelnakova L.I., Udovydchenko V.I., Petrova L.N., Dridiger V.K. [and etc.]. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropolskogo kraja: monografiya. Stavropol, 2013. 520 s.
4. Nipoklonov V.B., Khabarova I.A., Khabarov D.A. Monitoring i racionalnoe ispolzovanie zemel selskohozyajstvennogo naznacheniya Krasnodarskogo kraja. Vestnik SGUGiT. 2018. T. 23. N 1. S. 167-177.
5. Pismennaya E.V. Stukalov V.A., Loshakov A.V., Savinova S.V. Monitoring sostoyaniya zemel selskohozyajstvennogo naznacheniya Central'nogo Predkavkazya. Vestnik APK Stavropolya. 2016. T. 21. N 1. S. 123-126.
6. Antonov S.A. Peregudov S.V. Monitoring of water erosion on arable lands of the arid zone of the Stavropol Territory. Agrarnaya nauka. 2021. T. 348. N 4. S. 85-87. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-9-13.
7. Google Earth. URL: <http://www.google.ru/intl/ru/earth/> (data obrashcheniya: 21.07.2023).
8. Quantum GIS. URL: <https://www.qgis.org/ru/site/about/index.html> (data obrashcheniya: 21.07.2023).
9. Kuznecov M.S., Glazunov G.P. Eroziya i ohrana pochv. M: Izd-vo MGU, 1996. 335 s.
10. ALOS PALSAR – Radiometric Terrain Correction. URL: <https://asf.alaska.edu/data-sets/derived-data-sets/alos-palsar-rtc/alos-palsar-radiometric-terrain-correction/> (data obrashcheniya: 10.07.2023).

### Сведения об авторах:

Антонов Сергей Анатольевич

К.г.н., ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ГИС-технологий, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Antonov Sergey

Candidate of Geographical Sciences, Leading Researcher, Head of the lab. GIS technologies, North-Caucasus FSAC

Перегудов Сергей Владимирович

Младший научный сотрудник лаборатории ГИС-технологий, ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»

Peregudov Sergey

Junior Researcher lab. GIS- technologies, North-Caucasus FSAC

**Для цитирования:** Антонов С.А., Перегудов С.В. Анализ динамики пашни засушливой зоны Ставропольского края на основе данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий // Вопросы степеведения. 2024. № 1. С. 14-21. DOI: 10.24412/2712-8628-2024-1-14-21