

УДК 631.452:528.946/551.43

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ ДОНСКОЙ ГРЯДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И КОСМОСНИМКОВ

Синельникова К.П.

*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград, e-mail: sinelnikova-k@vafanc.ru*

Территория Донской гряды в настоящее время активно используется для производства сельскохозяйственной продукции, около 1/2 территории занято посевными площадями. Состояние агроландшафтов на исследуемой территории обусловлено сложными для ведения сельскохозяйственной деятельности почвенными и геоморфологическими условиями. Оценка существующего состояния почв на тестовом участке, в частности пространственного распределения эродированных почв, является актуальной проблемой для выбранной территории исследований. Объект исследований – водосбор балки Назарова, расположенной в Суворовском районе Волгоградской области. Новизна исследования состоит в актуализации данных о состоянии почв и картографировании существующего пространственного размещения деградированных участков. Задачей исследований являлось выполнение геоинформационного анализа агроландшафтов исследуемой территории. Для оценки современного состояния агроландшафтов использовали космокарты, разработанные по снимкам спутников Sentinel 2, и цифровую модель рельефа SRTM. В процессе дешифрирования тестового участка «Балка Назарова» было установлено, что площадь, используемая для производства сельскохозяйственной продукции, занимает 8764,2 га. Минимальная площадь пахотных земель на тестовом участке – 3,3 га, максимальная – 474,2 га. Более 51,7% (6150,2 га) от общей площади участка занимают почвы каштановые с солонками каштановыми (10–25%) со слабой водной эрозией. Почвенный контур площадью 217,17 га (1,9% от общей площади) занят каштановыми, малогумусированными среднеэродированными почвами. По результатам обработки космоснимков в программе ENVI было выявлено, что агроландшафты на исследуемой территории «Балка Назарова» на площади 44,3 га и 37,6 га имеют уровни деградации «норма» и «кризис» соответственно.

**Ключевые слова:** пашня, Донская гряда, почва, деградация, космоснимки, агроландшафт, ГИС-технологии, состояние

## ASSESSMENT OF THE STATE OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE DON RIDGE USING GIS TECHNOLOGIES AND SATELLITE IMAGES

Sinelnikova K.P.

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation  
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, e-mail: sinelnikova-k@vafanc.ru*

The territory of the Don ridge is currently actively used for the production of agricultural products, about 1/2 of the territory is occupied by acreage. The condition of the agricultural landscapes in the study area is due to the soil and geomorphological conditions that are difficult for agricultural activities. Assessment of the existing soil condition at the test site, in particular the spatial distribution of eroded soils, is an urgent problem for the selected research area. The object of research is the Nazarov gulch catchment, located in the Suorovikinsky district of the Volgograd region. The novelty of the study consists in updating data on the state of soils and mapping the existing spatial distribution of degraded areas. The objective of the research was to perform a geoinformation analysis of the agricultural landscapes of the studied territory. To assess the current state of agricultural landscapes, space maps developed from Sentinel 2 satellite images and a digital terrain model SRTM were used. In the process of decoding the test site «Nazarov's beam», it was found that the area used for the production of agricultural products occupies 8764.2 hectares. The minimum area of arable land on the test site is 3.3 hectares, the maximum is 474.2 hectares. More than 51.7% (6150.2 ha) of the total area of the plot is occupied by chestnut soils with 10-25% chestnut solonets with weak water erosion. The soil contour with an area of 217.17 hectares (1.9% of the total area) is occupied by chestnut, low-compacted medium-eroded soils. According to the results of the processing of satellite images in the ENVI program, it was revealed that the agro-landscapes in the studied area «Nazarov's beam», on an area of 44.3 hectares and 37.6 hectares have degradation levels of «norm» and «crisis», respectively.

**Keywords:** arable land, don ridge, soil, degradation, satellite images, agricultural landscape, GIS technologies, condition

С появлением геоинформационных систем время на составление и разработку документации, предназначенной для ведения сельского хозяйства, значительно уменьшилось. При этом увеличилась скорость ее составления, повысились качество и точность. Картографический материал дает возможность определить местоположение объектов с высокой точностью, соответствующей разрешению космоснимка. С ис-

пользованием космоснимков можно решить ряд задач: провести инвентаризацию земель сельскохозяйственного назначения, выявить процессы деградации почв, определить потенциальную опасность деградации для выращиваемых культур и установить эффективность их производства [1, 2].

Волгоградская область является крупным производителем сельскохозяйственной продукции. Анализ данных,

опубликованных в Государственном (национальном) докладе «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году» показал увеличение площади земель сельскохозяйственного назначения, которые участвуют в хозяйственном обороте в Волгоградской области, на 6,4 тыс. га [3]. По данным краткого аналитического обзора статистического ежегодника Волгоградской области, в 2020 г. площадь посевов сельскохозяйственных культур в хозяйствах составила 3090,9 тыс. га, что меньше по сравнению с 2019 г. на 55,2 тыс. га (на 1,75%) [4].

Процессы деградации, которые ведут к потере плодородия сельскохозяйственных угодий, такие как эрозия, дефляция, засоление и иные, являются опасными для земель сельскохозяйственного назначения. В настоящее время водная эрозия почв считается главным видом деградации сельскохозяйственных угодий на территории Донской гряды, которая активно проявляется в бассейне реки Чир [5].

Территория Донской гряды интенсивно используется для производства сельскохозяйственной продукции, около 52% территории занято посевными площадями, в связи с чем главная задача состоит в сохранении плодородия почвы. Определение состояния пахотных земель Донской гряды является актуальным как для определения пространственного размещения деградированных участков, так и для планирования и проведения работ по восстановлению плодородия [6, 7, 8].

Применение геоинформационных технологий позволяет дистанционно оценить состояние земель сельскохозяйственного назначения с проверкой полученных данных контрольными исследованиями на натурных объектах, при этом объем информации и скорость ее обработки значительно увеличиваются [9, 10]. Таким образом, достигается цель исследования – выявление процессов деградации почв и определение потенциального снижения продуктивности посевов.

#### Материалы и методы исследования

Геоинформационные исследования современного состояния сельскохозяйственных земель объекта исследований – водосбора балки Назарова – проводились по методическим разработкам работ Б.В. Виноградова, А.С. Рулева, К.Н. Кулика, В.Г. Юферова [6, 11] с использованием программы QGIS 3.18.

Оценка состояния сельхозугодий проводилась с применением космоснимков, полученных со спутника Sentinel 2, размещенных на сервисе USGS [12]. На основе космоснимков создается обзорная космокарта среднего масштаба. Полученный геоинформационный слой позволяет выделять векторными контурами основные объекты для подробного исследования.

При основе на почвенной карте Волгоградской области (М 1:400 000) в геоинформационной среде создается векторный слой почвенных контуров для водосбора балки Назарова. На основании полученных пространственных данных разрабатывается карта деградации почв.

Определение состояния почв проводилось по результатам дистанционного зондирования Земли спутником Sentinel 2 по каналам B2, B3, B4 (R, G, B соответственно) с разрешением 10 м. Оценка выполнялась по фототону изображения при помощи программы анализа растровых изображений ENVI 5.3. В программе ENVI выбирали классификацию снимка «density slice». При этой классификации устанавливаются диапазоны тона изображения по уровням деградации (рис. 1).

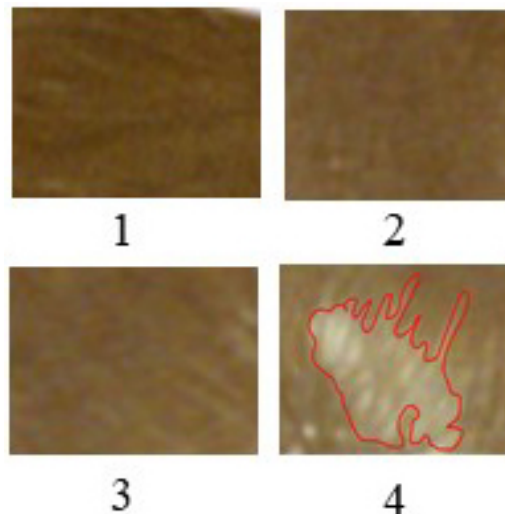


Рис. 1. Эталоны деградации пашни:  
1 – уровень деградации «норма»,  
2 – уровень деградации «риск»,  
3 – уровень деградации «кризис»,  
4 – уровень деградации «бедствие»

По снимку выделяются контуры вспаханных земель и уровни отражения по диапазонам соответственно: «норма» – 30–110; «риск» – 111–121; «кризис» – 122–139; «бедствие» – 140–250. В компьютерной

программе QGIS 3.18 создаются слои с атрибутивным описанием характеристик объектов исследования, выделяется граница водосбора балки, устанавливается общее количество полей. По цифровой модели рельефа с применением инструментов рассчитываются геостатистические параметры полей, расположенных на исследуемой территории. Полученные параметры заносятся в таблицу [13].

### Результаты исследования и их обсуждение

Исследуемый объект находится в Суровикинском районе Волгоградской области на территории с координатами 48°30.00' и 48°42.00' С.Ш. и 43°09.00' и 43°27.00' В.Д. Общая площадь водосбора 11 888,5 га.

На основе космоснимков сверхвысокого разрешения были разработаны тематические картографические слои. На рисунке 2 показан результат исследования, где изображены макроструктура и геометрия полей участка балки Назарова.

Цель геоинформационного анализа состоит в том, чтобы определить современный уровень деградации почв в агроландшафте исследуемой территории, в связи с чем структура полей не устанавливалась.

В ходе дешифрирования исследуемой территории были выделены 92 участка пашни (полей), агролесомелиаротивное обустройство которых не полностью обеспечивает защиту их от деградации. Поле № 75 имеет наименьшую площадь – 3,3 га. Наибольшую площадь имеет поле № 9 – 474,2 га. Средняя площадь всех полей тестового участка – 95,3 га.

В таблице приведены геостатистические параметры для выбранных полей по репрезентативности, которые были получены при анализе рельефа водосбора балки Назарова.

При изучении полученной цифровой почвенной карты Волгоградской области [14] было выявлено, что в почвенном покрове исследуемой территории преобладают каштановые с солонцами каштановыми 10–25% со слабой водной эрозией, которые занимают 6150,2 га (51,7%) от общей площади территории; каштановые с солонцами каштановыми 25–50% со слабой водной эрозией занимают 2938,8 га; солонцы каштановые с каштановыми 25–50% со слабой водной эрозией занимают 2582,3 га (21,7% от общей площади исследуемого участка), и всего 217,2 га (1,9% от общей площади территории) занимают каштановые малогумусированные почвы со средним уровнем водной эрозии.

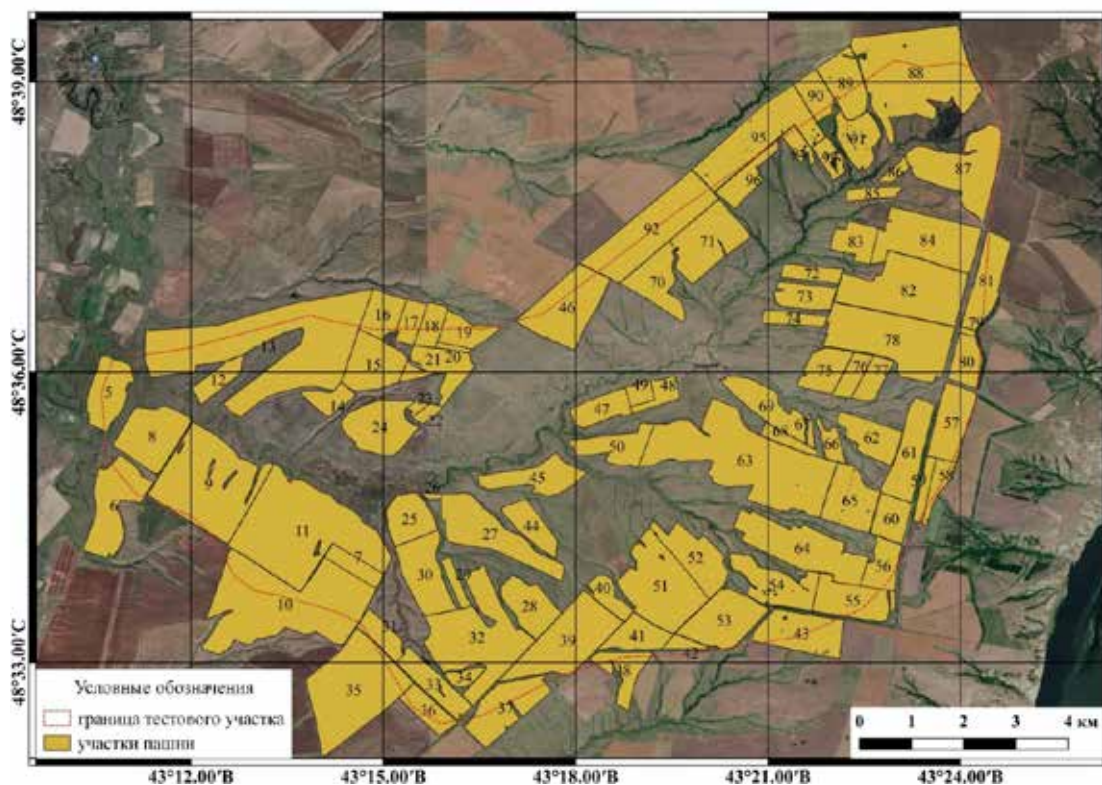


Рис. 2. Карта размещения полей на тестовом участке «Балка Назарова»

Геостатистические параметры полей на тестовом участке балки Назарова

| № поля/<br>№ of the field | Периметр, км/<br>Perimeter, km | Площадь, га/<br>Square, ha | Минимальная высота, м/<br>Min elevation, m | Максимальная высота, м/<br>Max elevation, m | Средняя высота, м/<br>Average elevation, m | Стандартное<br>отклонение высоты, м/<br>Standard deviation<br>of elevation, m | Максимальный угол<br>наклона склона, °/<br>Maximum slope, ° | Средний угол<br>наклона склона, °/<br>Average slope, ° | Стандартное отклонение<br>угла наклона склона, °/<br>Standard deviation<br>of a slope, ° |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|---|--|---|---|--|--|
| 1                         | 5,808                          | 85,321                     | 39   | 43  | 41   | 0,7   | 1,17  | 0,47   | 0,21   |
| 2                         | 8,636                          | 127,55                     | 38   | 76  | 51   | 12  | 4,98  | 1,85   | 1,11   |
| 3                         | 4,452                          | 36,099                     | 82   | 99  | 91   | 4   | 3,64  | 2,31   | 0,27   |
| 4                         | 6,479                          | 118,6                      | 44   | 74  | 55   | 8   | 2,97  | 1,51   | 0,49   |
| 5                         | 12,958                         | 281,43                     | 45   | 88  | 71   | 11,02   | 3,93  | 1,37   | 0,73   |
| 6                         | 16,451                         | 381,23                     | 83   | 118   | 102  | 7   | 3,76  | 1,23   | 0,59   |
| 7                         | 13,834                         | 372,35                     | 52   | 106   | 80   | 13,3  | 4   | 1,59   | 0,67   |
| 8                         | 4,469                          | 37,486                     | 47   | 70  | 60   | 4,6   | 2,53  | 1,33   | 0,43   |
| 9                         | 22,908                         | 474,23                     | 46   | 100   | 75   | 14,2  | 2,67  | 1,25   | 0,42   |
| 10                        | 4,048                          | 33,231                     | 85   | 97  | 92   | 2,3   | 4,5   | 1,34   | 0,81   |
| 11                        | 5,798                          | 97,429                     | 95   | 110   | 101  | 3   | 2,02  | 0,78   | 0,31   |
| 12                        | 4,51                           | 54,579                     | 97   | 111   | 102  | 2,3   | 3,54  | 0,98   | 0,48   |
| 13                        | 3,817                          | 33,194                     | 105  | 117   | 109  | 3,4   | 2,36  | 1,1  | 0,44   |
| 14                        | 3,743                          | 34,186                     | 106  | 117   | 111  | 3,3   | 2,71  | 1,08   | 0,49   |
| 15                        | 4,744                          | 47,374                     | 109  | 122   | 115  | 2,7   | 2,35  | 1,04   | 0,39   |
| 16                        | 2,319                          | 6,139                      | 116  | 120   | 116  | 0,5   | 2,08  | 0,61   | 0,35   |
| 17                        | 8,407                          | 78,33                      | 104  | 119   | 113  | 3,3   | 2,39  | 0,89   | 0,47   |
| 18                        | 2,184                          | 11,317                     | 109  | 114   | 111  | 1,3   | 2,27  | 1,15   | 0,45   |
| 19                        | 1,871                          | 6,551                      | 104  | 111   | 107  | 1,5   | 2,02  | 1,4  | 0,26   |
| 20                        | 6,624                          | 109,79                     | 86   | 108   | 96   | 4,9   | 2,66  | 1,29   | 0,45   |
| 21                        | 4,779                          | 68,808                     | 57   | 77  | 65   | 4,5   | 2,18  | 1,25   | 0,42   |
| 22                        | 1,334                          | 3,491                      | 58   | 63  | 60   | 1,5   | 2,06  | 1,24   | 0,3  |
| 23                        | 9,767                          | 143,84                     | 63   | 117   | 85   | 13,1  | 4,11  | 1,96   | 0,81   |
| 24                        | 5,459                          | 77,139                     | 99   | 134   | 119  | 10  | 3,49  | 1,86   | 0,69   |
| 25                        | 3,664                          | 19,262                     | 81   | 109   | 94   | 9,2   | 2,82  | 1,88   | 0,43   |
| 26                        | 6,943                          | 106,71                     | 70   | 111   | 85   | 11  | 2,93  | 1,65   | 0,58   |
| 27                        | 4,295                          | 39,946                     | 101  | 117   | 111  | 4,2   | 3,58  | 1,64   | 0,91   |

Использование геоинформационных компьютерных программ позволило провести анализ смывости почв на территории балки Назарова. В процессе дешифрирования космоснимков полей № 71, 72, 73 были установлены уровни деградации почвы на полях и разработан геоинформационный слой «деградация почвы» (рис. 3). По результатам анализа было получено распределение уровней деградации по площади полей. Можно отметить, что около 50% почвы на исследуемых

полях не деградировано – уровень деградации «норма» 34% и «риск» 16%, или 65,3 га. При этом присутствуют достаточно большие площади, которые имеют уровни деградации «кризис» и «бедствие», – соответственно 29% (37,6 га) и 21% (26,5 га) (рис. 4).

В процессе анализа состояния деградации почв на тестовом участке балки Назарова выявлено, что пашни находятся на уровне «норма» и «кризис» и выполняют сельскохозяйственные функции.



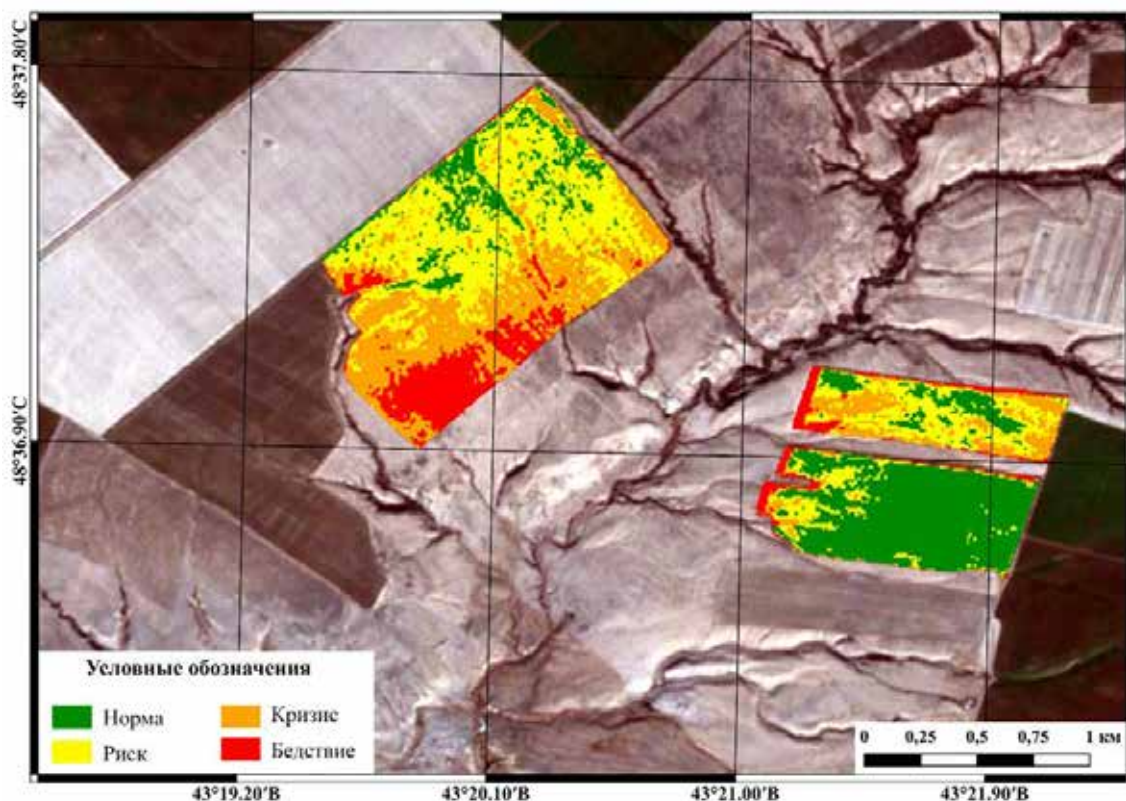


Рис. 3. Карта деградации почв на тестовом участке балки Назарова

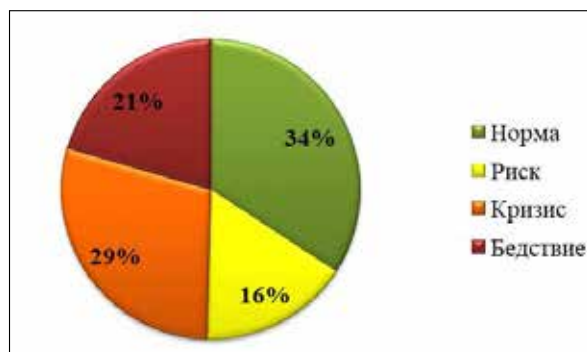


Рис. 4. Распределение деградации почв на тестовом участке балки Назарова по уровням

Создание геоинформационных слоев и их совмещение дают возможность составлять прогноз урожайности по полям и определить местоположение деградированных участков для выполнения работ по восстановлению плодородия почв.

#### Заключение

Анализ с помощью геоинформационных систем широко используется для решения таких задач, как мониторинг состояния агроландшафтов. Выполненное дешифрирование состояния сельскохозяйственных земель

на исследуемом участке балки Назарова дало возможность выявить положение почвенных контуров и определить уровни деградации почв на исследуемой территории.

Основываясь на результатах исследования, можно отметить, что исследуемая территория расположена на участках с каштановыми с солонцами каштановыми 10–25% почвами (3152,6 га) и с каштановыми с солонцами каштановыми 10–25% со слабой водной эрозией почвы (2997,6 га). На тестовой территории балки Назарова доминируют пашни с уровнем деградации

«норма» и «кризис», что в сумме составляет 63% от общей площади участка. Таким образом, дешифрирование аэрокосмоснимков и совмещение тематических слоев в геоинформационной системе позволяют определить пространственное распределение ухудшенных участков агроландшафтов, установить уровень деградации и ее вид, оценить экономический ущерб, а также разработать план восстановления плодородия почв в агроландшафтах.

Тематические карты, которые были разработаны в ходе выполнения исследования, можно рекомендовать для создания комплексной агролесомелиоративной ГИС, обеспечивающей систему агролесомелиоративных противоэрозионных мероприятий. Пространственное определение участков пашни с различной степенью деградации обеспечит возможность проведения работ с дифференциацией по уровню и объемам работ по восстановлению их плодородия и способствует рациональному использованию имеющихся средств. Разработанные тематические карты можно рекомендовать как основу для планирования агролесомелиоративного противоэрозионного обустройства земель сельскохозяйственного назначения.

#### Список литературы

1. Рулев А.С., Литвинов Е.А., Кочкарь М.М., Воробьева О.М. Методология оценки эрозионного состояния агроландшафтов по материалам дистанционного зондирования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4(24). С. 51-57.
2. Хабарова И.А., Непоклонов В.Б. Деградация земель Юга Российской Федерации // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2017. № 2. С. 111-115.
3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. М.: Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, 2020. 197 с.
4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. 2021. [Электронный ресурс]. URL: [https://volgastat.gks.ru/storage/mediabank/RwG4p42N/area\\_under\\_crops\\_vo\\_04032021.htm](https://volgastat.gks.ru/storage/mediabank/RwG4p42N/area_under_crops_vo_04032021.htm) (дата обращения: 26.06.2022).
5. Литвинов Е.А., Кочкарь М.М., Воробьева О.М. Водосборная структура и оценка агроэкологического состояния территории Доно-Чирского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4. С. 35-40.
6. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
7. Кулик К.Н. Развитие агролесомелиоративной науки в России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3 (35). С.12-19.
8. Кулик К.Н., Рулев А.С., Юфев В.Г. Дистанционно-картографическая оценка деградационных процессов в агроландшафтах юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 4. С. 12-25.
9. Морозов А.В., Быкова Е.Н., Сулин М.А. Оценка размещения земельного участка крестьянского (фермерского) хозяйства с учетом пространственных условий использования территории // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2020. Т. 64. № 1. С. 93-103. DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-1-93-103.
10. 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. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-4-434-441.
11. Yuferev V.G., Pleskachev Y.N., Vdovenko A.V. et al. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky Upland. Journal of Forest Science. 2019. Vol. 65. No 5. P. 195-202. DOI 10.17221/141/2018-JFS.
12. Сервис загрузки данных дистанционного зондирования Геологической службы США (U.S. Geological Survey). 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 26.06.2022).
13. Linkina A.V., Nedikova E.V. Assessment of the State and Management of Modern Agricultural Landscapes in the Central Black Earth Region. Advances in Engineering Research: Proceedings of the VIII Science and Technology Conference "Contemporary Issues of Geology, Geophysics and Geo-ecology of the North Caucasus" (CIGGG 2018), Essentuki, 10–13 октября 2018 года. Essentuki: Atlantis Press, 2019. P. 369-373. DOI 10.2991/ciggg-18.2019.70.
14. Почвенная карта Волгоградской области [Карты] / Государственный агропромышленный комплекс РСФСР; Всероссийское производственное проектное объединение по использованию земельных ресурсов; Южный государственный проектный институт по землеустройству, Волгоградский филиал; спец. содерж. разработано А.Н. Жулидовой, Н.И. Ивашковой под рук. Б.П. Чурсина; отв. ред. Е.М. Цвылев; сост. и подгот. к печати Киевским НРКП ПКО «Картография» в 1989 г.; ред. В.Г. Усенко, С.В. Яворский. Москва: ГУГК, 1989.