СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-18

AEROSPACE ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF AGRICULTURAL LAND IN THE DON RIDGE

K. P. Sinelnikova

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 26.03.2020

Submitted 25.05.2020

Summary

The article is devoted to the application of the geoinformation technologies in combination with the aerospace information to estimate of the current state of arable land. These technologies provide rapid detection of the pockets of erosion, deflation, salinization and other types of the degradation that lead to loss of the agricultural land fertility. The analysis of the current state of arable land in the Don ridge using satellite images allowed us to determine the distribution of soil complexes and determine the levels of degradation of test fields.

Abstract

Introduction. The increase in anthropogenic pressure on agricultural landscapes is associated with the intensification of agricultural production, which leads to an increase in land degradation, including arable land. Timely identification of degradation foci, taking into account their spatial differentiation, makes it possible to localize them in a timely manner using advanced agricultural technologies. The purpose of the research was to identify the processes of land degradation and determine the potential decrease in crop productivity. **Object.** For aerospace analysis of arable land, a test site «Blinovsky» was allocated on the territory of the Don ridge. **Materials and methods.** The use of geoinformation technologies in combination with aerospace information makes it possible to assess the current state of arable land. These technologies provide rapid detection of pockets of erosion, deflation, salinization and other types of degradation that lead to loss of agricultural land fertility. For aerospace analysis of the state of arable land, large-scale space maps are used, which are created on the basis of high-resolution space images (0.4-1.0 m). According to space maps, the macrostructure and geometry of fields and the spatial placement of protective forest stands are distinguished. The on-farm structure of fields is established if necessary according to the data of farms and the Federal register. **Results and conclusions.** As a result of the analysis of the test site «Blinovsky», thematic geoinformation cartographic layers of the structure of fields, relief and protective forest stands were compiled. On the basis of cartographic spatial analysis of arable land, 28 fields were identified, protected (not even fully) by forest stands. The minimum area of arable land in the research area is about 4 ha, the maximum is 404 ha. The average area of arable land is 146.4 ha. Six sites are included in the soil contour of dark chestnut, clay and heavy loam carbonate soils with a low-power humus horizon and an average level of water erosion. Fifteen sites of arable land with a total area of 3396 ha are included in the contour of dark chestnut soils in a complex with small-humus chestnut solonchaks, with an average level of water erosion, occupying. Five plots are located on both dark chestnut soils and dark chestnut soils with solonchaks.

Key words: arable land, Don ridge, soil, degradation, erosion, salinization, space image.

Citation. Sinelnikova K. P. Aerospace analysis of the current state of agricultural land in the Don ridge. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 2(58). 176-185 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-18.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 528.7:551.43:631.459

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ДОНСКОЙ ГРЯДЫ

К. П. Синельникова, младший научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 26.03.2020

Дата принятия к печати 25.05.2020

Актуальность. Увеличение антропогенной нагрузки на агроландшафты связано с интенсификацией сельскохозяйственного производства, что приводит к увеличению масштабов деградации земель, в том числе пашни. Своевременное определение очагов деградации с учетом их пространственной дифференциации дает возможность своевременной их локализации при помощи прогрессивных агротехнологий. Целью исследований являлось выявление процессов деградации земельных ресурсов и определение потенциального снижения продуктивности посевов. **Объект.** Для аэрокосмического анализа пашни был выделен тестовый участок «Блиновский» на территории Донской гряды. **Материалы и методы.** Применение геоинформационных технологий в комплексе с аэрокосмической информацией позволяет осуществить оценку современного состояния пашни. Эти технологии обеспечивают быстрое выявление очагов эрозии, дефляции, засоления и других видов деградации, которые ведут к потере плодородия сельскохозяйственных угодий. Для аэрокосмического анализа состояния пашни используются космокарты крупного масштаба, которые создаются на основе космоснимков высокого разрешения (0,4-1,0 м). По космокартам выделяется макроструктура и геометрия полей, пространственное размещение защитных лесных насаждений. Внутрихозяйственная структура полей устанавливается при возникновении такой необходимости по данным хозяйств и росреестра. **Результаты и выводы.** В результате анализа тестового участка «Блиновский» были составлены тематические геоинформационные картографические слои структуры полей, рельефа и защитных лесных насаждений. На основании картографического пространственного анализа пашни выделено 28 полей, защищенных (даже не в полной мере) лесными насаждениями. Минимальная площадь участка пашни на территории исследований – около 4 га, максимальная – 404 га. Средняя площадь участка пашни – 146,4 га. Шесть участков входят в почвенный контур темно-каштановых, глинистых и тяжелосуглинистых карбонатных почв с маломощным гумусовым горизонтом и со средним уровнем водной эрозии. Пятнадцать участков пашни общей площадью 3396 га входят в контур темно-каштановых почв в комплексе с солонцами каштановыми малогумусовыми, со средним уровнем водной эрозии. Пять участков расположены как на темно-каштановых почвах, так и на темно-каштановых с солонцами.

Ключевые слова: пашни, Донская гряда, деградация почв, эрозия почв, засоление почв, космоснимки.

Цитирование. Синельникова К. П. Аэрокосмический анализ современного состояния сельскохозяйственных угодий Донской гряды. *Известия НВ АУК*. 2020. 2(58). 176-185. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-18.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Технологии аэрокосмического анализа позволяют эффективно изучать различные аспекты сельскохозяйственной деятельности. С помощью космоснимков можно провести инвентаризацию сельскохозяйственных земель, выявить процессы деградации земельных ресурсов, определить потенциальные угрозы для посевов и решить многие другие задачи агропромышленного комплекса [4, 7].

По данным Государственного (национального) доклада «О состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2017 году», во многих субъектах Российской Федерации идёт тенденция ухудшения состояния земель. Эрозия, дефляция, опустынивание и другие процессы, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из хозяйственного оборота, являются опасными негативными процессами на территории РФ. В связи с этим аэрокосмический анализ современного состояния

пашни Донской гряды является своевременным и актуальным [1, 2].

Одним из крупных регионов по производству сельскохозяйственной продукции является Волгоградская область. Посевная площадь сельскохозяйственных культур в области на 2018 год составляла 3171,2 тыс. га (Волгоградстат, 2019). На территории Волгоградской области практически не осталось естественных ландшафтов с аборигенными растениями и большой продуктивностью фитоценозов. В настоящий момент эрозия почв является преобладающим видом деградации сельхозугодий, которая активно распространяется в бассейне реки Дон из-за особенностей рельефа территории. [3].

Территория Донской гряды интенсивно используется для сельскохозяйственного производства, поэтому сохранение плодородия почв является важной народно хозяйственной задачей. Целью исследований являлось выявление процессов деградации земельных ресурсов и определение потенциального снижения продуктивности посевов. Использование геоинформационных технологий дает возможность осуществлять мониторинг состояния агроландшафтов в камеральных условиях, с верификацией полученных результатов выборочными полевыми исследованиями, при этом в разы увеличивается объем информации и сокращается время ее получения и анализа [6].

Материалы и методы. Для аэрокосмического анализа состояния пашни используются космокарты крупного масштаба, которые создаются на основе космоснимков высокого разрешения (0,4-1,0 м), получаемые со спутников WorldView-3 и WorldView-4 (URL: <http://new.scanex.ru/data/satellites>). Характеристики спутников приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики спутников

Table 1 – Technical characteristics of the satellites

Характеристики аппаратуры / Hardware characteristics	WorldView-3	WorldView-4
Тип данных /The data type	оптические / of optical	оптические /of optical
Режим съемки / Remote recording modes	моно и стерео съемка / mono and stereo recording	моно и стерео съемка / mono and stereo recording
Спектральные каналы / Spectral channels	панхроматический / panchromatic, мультиспектральные / multispectral: VNIR (8), SWIR (8), CAVIS (12)	панхроматический /panchromatic мультиспектральные/multispectral: (4 канала VNIR)
Пространственное разрешение в надири, м / Spatial resolution in Nadir, m	панхроматический / panchromatic - 0,31 мультиспектральный / multispectral : 1,24 (VNIR), 3,7 (SWIR), 30 (CAVIS)	панхроматический / panchromatic - 0,31 мультиспектральный /multispectral - 1,23
Ширина полосы съемки в надири, км / Recording width in Nadir, km	13,1 (VNIR); 10,8 (SWIR); 14,8 (CAVIS)	13,2
Период повторной съемки, сутки / Re- recording period, day	<1 суток с разрешением 1 м, / <1 day with a resolution of 1 m, 4,5 суток с отклонением от надира менее 20 градусов / 4.5 days with a deviation from the Nadir of less than 20 degrees	<1 суток с разрешением 1 м, / <1 day with a resolution of 1 m, 4,5 суток с отклонением от надира менее 20 градусов, / 4.5 days with a deviation from the Nadir of less than 20 degrees
Производительность съемки, км ² / Recording capacity, km ²	680 000	680 000
Получение стереопары / Getting a stereo pair	стереосъемка на одном витке / stereo recording on one turn	стереосъемка на одном витке / stereo recording on one turn

По космокартам выделяется макроструктура и геометрия полей, пространственное размещение объектов [9, 10]. Внутривозделная структура полей устанавливается при возникновении такой необходимости по данным хозяйств и росреестра.

Определяется общее количество полей, защищенных (даже не в полной мере) лес-

ными насаждениями, и незащищенных. Устанавливаются площади и размеры полей [8].

Определяются геостатистические характеристики рельефа полей, размещенных на территории исследований. Полученные характеристики полей, выявленные на территории, заносятся в таблицы.

Сопряженный анализ карты размещения полей, рельефа и почвенной карты дает возможность провести выделение полей по потенциальной продуктивности [5].

Методика аэрокосмического анализа пашни в агролесоландшафтах заключается в следующем:

1. Проводится космосъемка высокого и сверхвысокого разрешения территории с изучаемой пашней.

2. После проведения основной обработки пашни выбирается время съемки (ранневесеннее, или позднее летнее).

3. С помощью геоинформационного программного комплекса, а именно QGIS, создается космокарта агролесоландшафта исследуемой территории.

4. В среде ГИС по космокартам и данным распределенных баз данных дигитайзером выделяется макроструктура полей, ограниченных защитными лесными насаждениями.

5. По картографическому векторному слою "структура полей" определяется общее количество полей, защищенных (даже не в полной мере) лесными насаждениями и не защищенных.

6. Создается векторная карта размещения пашни.

7. В программе QGIS рассчитываются площади и размеры полей.

8. Определяются статистические характеристики полей, размещенных на тестовом участке.

9. Статистические характеристики анализируемых полей заносятся в таблицу.

10. Выделяется информация из созданных и распределенных баз данных, относящаяся к изучаемой пашне.

11. Определяются доступные характеристики каждого поля и заносятся в таблицы базы данных тематической ГИС.

12. По оцифрованной почвенной карте, имеющейся в базах данных, создается векторный слой – карта почвенных контуров на исследуемой территории.

13. Проводится комплексный анализ картографических слоев размещения пашни и почвенных контуров.

14. Создается векторный слой распределения пашни по потенциальной продуктивности.

15. Проводится анализ состояния полей. Определяются уровни деградации участков и суммарной деградации всего поля.

Результаты и обсуждение. Для геоинформационного анализа пашни на тестовом участке «Блиновский» была разработана локальная ГИС и тематические картографические слои, в том числе космокарты на основе космоснимков сверхвысокого разрешения. В результате исследований выделена макроструктура и геометрия полей, которые представлены на рисунке 1. Внутрихозяйственная структура полей не устанавливалась, так как целью аэрокосмического анализа являлось выявление современного состояния агроландшафта на изучаемой территории.

Всего выделено 28 участков пашни (полей), защищенных (даже не в полной мере) лесными насаждениями. Минимальная площадь у пашни № 18 – 4,0 га. Максимальный размер у пашни № 5 – 404,2 га. Средняя площадь пашни – 146,4 га.

Рисунок 1 – Карта размещения участков пашни в агроландшафте тестового участка «Блиновский»

Figure 1 – Map of the placement of arable land plots in the agricultural landscape of the test site «Blinovsky»

Статистические характеристики пашни, выявленные на тестовом участке «Блиновский» приведены в таблице 2.

Совместный анализ почвенной карты Волгоградской области 1985 года, с разработанной картой размещения полей на тестовом участке «Блиновский» позволил дифференцировать поля по типам почв (рисунок 2) и установить, что 51,8 % площади занимают темно-каштановые среднесуглинистые с маломощным гумусовым горизонтом и темно-каштановые с солонцами каштановыми 10-25 % со средней водной эрозией, 48,2 % площади занимают темно-каштановые со средней водной эрозией.

Таблица 2 – Статистические характеристики полей на тестовом участке «Блиновский»

Table 2 – Statistical characteristics of the fields in the test site «Blinovsky»

№ поля/ № of the field	Периметр, км/ Perimeter, km	Площадь, га/ Square, ha	Минимальная высота, м/ Min elevation, m	Максимальная высота, м/ Max elevation, m	Средняя высота, м/ Average elevation, m	Стандартное отклонение высоты, м/ Standard deviation of elevation, m	Максимальный угол наклона склона, °/ Maximum slope, °	Средний угол наклона склона, °/ Average slope, °	Стандартное отклонение угла наклона склона, °/ Standard deviation of a slope, °
1	7,9	333,3	106,0	140,0	125,0	8,3	2,9	1,2	0,4
2	6,5	67,7	129,0	142,0	135,966	4,9	2,7	1,1	0,4
3	3,745	17,4	137,0	151,0	143,8	2,5	2,7	1,7	0,3
4	8,7	322,3	144,0	179,0	160,5	7,8	3,7	1,5	0,6
5	12,9	404,2	155,0	199,0	179,3	8,9	3,5	1,4	0,6
6	5,8	137,4	181,0	208,0	197,2	6,8	3,0	1,5	0,6

7	10,5	381,4	176,0	216,0	201,4	7,8	3,7	1,3	0,6
8	4,4	51,7	164,0	186,0	174,2	6,5	3,5	1,4	0,6
9	2,2	24,8	184,0	195,0	188,6	2,4	1,9	0,9	0,2
10	2,3	22,1	182,0	196,0	190,1	3,3	1,9	1,0	0,3
11	5,5	159,7	181,0	208,0	198,3	7,3	3,1	1,6	0,7
12	4,2	68,8	160,0	187,0	175,8	6,9	2,9	1,3	0,5
13	3,5	33,4	157,0	182,0	169,5	6,5	2,8	1,3	0,4
14	5,4	127,5	155,0	190,0	176,0	7,6	4,0	2,0	0,8
15	2,0	12,1	148,0	172,0	161,4	6,1	3,8	1,9	0,8
16	2,3	22,4	161,0	181,0	171,1	4,4	2,8	1,8	0,4
17	7,7	275,7	162,0	206,0	184,0	10,0	3,2	1,6	0,5
18	1,0	4,0	158,0	165,0	161,5	1,3	2,5	1,5	0,4
20	8,3	326,0	154,0	193,0	176,6	9,1	4,0	1,7	0,7
21	4,9	101,1	140,0	159,0	148,9	5,2	1,9	0,9	0,3
22	4,4	33,7	124,0	141,0	134,6	4,0	2,1	1,0	0,4
23	5,2	141,9	136,0	170,0	153,5	8,0	2,8	1,4	0,4
24	5,8	172,7	128,0	168,0	149,5	9,0	2,7	1,4	0,4
25	9,3	365,6	109,0	153,0	131,5	8,3	4,3	1,4	0,6
26	1,7	12,6	109,0	121,0	114,1	3,1	2,0	1,3	0,3
27	4,7	132,3	129,0	142,0	135,966	4,9	2,7	1,1	0,4
28	4,04	83,76	128,0	168,0	149,5	9,0	2,7	1,4	0,4

Поля № 23, 28, 20, 4, 3, 5 полностью входят в почвенный контур темно-каштановых, глинистых и тяжелосуглинистых карбонатных почвообразующих пород с маломощным гумусовым горизонтом со средней водной эрозией.

Рисунок 2 – Карта почв и размещения пашни в агроландшафте тестового участка «Блиновский»

Figure 2 – Map of the soil and arable land placement in the agricultural landscape of the test site «Blinovsky»

Поля под номерами 26, 19, 18, 15, 16, 14, 1, 11, 6, 13, 12, 8, 9, 7, 10 входят в кон-

тур почв темно-каштановых с солонцами каштановыми малогумусовыми 10-25 % со средней водной эрозией, занимая общую площадь 3396, 37 га. Пахотные земли под номерами 21, 22, 25, 17, 2, 24 расположены как на темно-каштановых почвах, так и на темно-каштановых с солонцами.

Для определения уровня деградации пашни на тестовом участке «Блиновский» были выбраны вспаханные поля под номерами 2, 4 и 24. С помощью компьютерных программ проведен анализ смыва почв исследуемых участков.

Большая часть почвы имеет уровень деградации «риск» – 55,4 %, или 74,8 га; 37,8 % (51,04 га) – уровень деградации «кризис»; «норма» представлена 4,1 % территории, или 5,51 га. Уровень деградации «бедствие» имеет минимальный процент почвы на опытном участке (2,7 %) (таблица 3, рисунок 3).

В ходе анализа состояния деградации почв на примере пашни № 2, 4, 24 на тестовом участке «Блиновский» выявлено, что пашни находятся на уровне «риск» и выполняют сельскохозяйственные функции.

Таблица 3 – Уровень деградации почв на тестовом участке «Блиновский» на примере пашни №2, 4, 24

Table 3 – The level of the soil degradation in the test site «Blinovsky» on the example of arable land №2, 4, 24

Уровень деградации / Degradation level	Средняя площадь пашни, га / Average area of arable land, ha	Средняя площадь пашни, га / Average area of arable land, ha
Норма / Norm	5,5	4,1
Риск/ Risk	74,8	55,4
Кризис/ Crisis	51,1	37,8
Бедствие/ Disaster	3,7	2,7

Рисунок 3 – Схема деградации пашни на тестовом участке «Блиновский»

Figure 3 – Scheme of arable land degradation in the test area «Blinovsky»

Выводы. Геоинформационный анализ активно используется для решения многих задач агропромышленного комплекса, в том числе мониторинга состояния пашни. Выполненный анализ современного состояния пашни Донской гряды с использованием космических снимков позволил установить распределение почвенных комплексов и установить уровни деградации тестовых полей. Опираясь на полученные данные, можно утверждать, что более половины всей исследованной территории (51,8 %) находится на комплексных темно-каштановых почвах, а деградация пашни связана в первую очередь с наличием смыва плодородного слоя. На территории исследований преобладают поля с уровнем деградации «риск», что составляет 55,4 % от общей площади. Уровню «норма» соответствует только 4,1 % площади полей. Таким образом, методический прием геоинформационного анализа аэрокосмической информации и совмещения тематических слоев ГИС (карта пространственного размещения полей, карта рельефа, почвенная карта и карта деградации) дает возможность определить пространственное распределение деградированных участков пашни, установить ее вид, оценить экономический ущерб от деградации, связанный с потерями дохода, а также разработать мероприятия по восстановлению плодородия почв в агролесоландшафтах.

Библиографический список

1. Кулик К. Н. Развитие агролесомелиоративной науки в России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. №3 (35). С.12-19.
2. 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.
3. Литвинов Е. А., Кочкар 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.
4. Методология оценки эрозийного состояния агроландшафтов по материалам дистанционного зондирования / А. С. Рулев, Е. А. Литвинов, М. М. Кочкар, О. М. Воробьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4 (24). С. 51-57.
5. 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.
6. 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.
7. Хабарова И. А., Непоклонов В. Б. Деградация земель юга Российской Федерации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2017. Т. 61. № 2. С. 111-115.
8. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. №65. P. 195-202.
9. Litwin U., Bacior S., Piech I. Metodyka waloryzacji i oceny krajobrazu. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, 2009. P. 14-25.
10. Mulla D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps // Biosystems Engineering. 2013. №114. P. 358-371.

Conclusion. Geoinformation analysis is actively used to solve many tasks of the agro-

industrial complex, including monitoring the state of arable land. The analysis of the current state of arable land in the Don ridge using satellite images allowed us to determine the distribution of the soil complexes and determine the levels of degradation of test fields. Based on the data obtained, it can be argued that more than half of the entire studied territory (51.8%) is located on the complex dark-chestnut soils, and degradation of the arable land is primarily associated with the presence of a washout of the fertile layer. The research area is dominated by fields with a "risk" level of degradation, which is 55.4% of the total area. The "norm" level corresponds to only 4.1% of the field area. Thus, the method of the geoinformation analysis of aerospace information and combining thematic layers of GIS (map of spatial distribution of fields, relief map, soil map and degradation map) makes it possible to determine the spatial distribution of the degraded areas of arable land, determine its type, estimate the economic loss from degradation associated with loss of earnings, and develop measures to restore soil fertility in agroforestry landscapes.

Reference

1. Kulik K. N. Development of agroforestry science in Russia // *Izvestiya nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education*. 2014. №3 (35). P. 12-19.
2. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. Remote cartographic assessment of degradation processes in agricultural landscapes of southern Russia // *Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex. Science and higher professional education*. 2009, № 4. Pp. 12-25.
3. Litvinov E. A., Kochkar M. M., Vorobyova O. M. Catchment structure and assessment of agroecological condition of the territory of the don-Chir interfluvium // *Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex. Science and higher professional education*. 2014. № 4. Pp. 35-40.
4. Methodology for assessing the erosion state of agricultural landscapes based on remote sensing materials / A. S. Rulev, E. A. Litvinov, M. M. Kochkar, O. M. Vorobyova // *Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education*. 2011. № 4 (24). - Pp. 51-57.
5. Morozov A.V., Bykova E. N., Sulin M. A. Assessment of the placement of the land plot of a peasant (farmer) economy taking into account the spatial conditions of use of the territory *Izvestia of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography"*. 2020. V. 64. № 1. Pp. 93-103.
6. Sizov A. P., Khabarov D. A., Khabarova I. A. New approaches to the development of methods for forming semantic information for land monitoring based on the processing and analysis of cartographic information// *Izvestia of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography"*. 2018. V. 62. № 4. P. 434-441.
7. Khabarova I. A., Nepoklonov V. B. Land Degradation in the South of the Russian Federation // *Izvestia of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography"*. 2017. V. 61. № 2. P. 111-115.
8. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // *Journal of Forest Science*. 2019. №65. P. 195-202.
9. Litwin U., Bacior S., Piech I. *Metodyka waloryzacji i oceny krajobrazu*. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, 2009. P. 14-25.
10. Mulla D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps // *Biosystems Engineering*. 2013. №114. P. 358-371.

Authors Information

Sinelnikova Ksenia Pavlovna, junior researcher of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97).
E-mail: ksushasinelnikova@yandex.ru

Информация об авторе

Синельникова Ксения Павловна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97). E-mail: ksushasinelnikova@yandex.ru