

УДК: 528.46

DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-926-934

В.А. Силова<sup>1</sup>

## КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АГРОЛАНДШАФТОВ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ КАШТАНОВЫХ И СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

### АННОТАЦИЯ

Геоинформационные методы изучения структурных компонентов агроландшафтов позволяют достаточно быстро дать оценку современному состоянию земель, выявить воздействие элементов на ландшафт и стабильность самого землепользования. Картографический анализ агроландшафтов переходной зоны каштановых и светло-каштановых почв Волгоградской области проводится при помощи геоинформационных методов и приемов с целью оценки их состояния по результатам дешифрирования космоснимков, позволяет отобразить пространственные особенности и выявить закономерности изменения ландшафтных объектов. Картографирование исследуемого полигона в Калачевском районе Волгоградской области позволило оценить площадь агроландшафта в 9498,6 га, из которых пашня составляет 41,6 %, защитные лесные полосы искусственного происхождения – 4,4 % остальная территория занята овражно-балочной системой. Особенности рельефа является перепад высот – 32 м и максимальный угол склона – 3,45°. Обследовано 3958,1 га пашни, система защитных лесных насаждений состоит из 67 лесных полос, общей площадью 175,2 га. 33 % пахотных земель теряют около 80 % плодородного слоя. На полигоне доля сильно деградированных лесных полос составила 75 % от всех лесных полос, при этом 30 лесных полос полностью выпали. Эффективность защитного действия лесных насаждений низкая, что требует выполнения мероприятий по их реконструкции для обеспечения целостности и продуктивности всего агроландшафта. Общий потенциальный смыв при максимальных значениях склона исследуемой территории составляет 73216,7 т. Интенсивность расчетной величины смыва почвы по полям варьируется от 9,8 до 29,1 т/га. Общий потенциальный смыв при средних значениях склона исследуемой территории составляет 34248,2 т, а интенсивность расчетной величины смыва почвы соответственно – от 2,5 до 13,2 т/га.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** агроландшафт, геоинформационное картографирование, картографический анализ, космоснимки, пашня, природная зона, смыв

---

<sup>1</sup> Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, ФНЦ «Агроэкологии РАН», пр. Университетский, д. 97, 400062, Волгоград, Россия; e-mail: viktoriatem@mail.ru

Viktoriya A. Silova<sup>1</sup>

## CARTOGRAPHIC ANALYSIS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE TRANSITION ZONE OF CHESTNUT AND LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

### ABSTRACT

The results of studying the structural components of agricultural landscapes by geoinformation methods can quickly assess the current state of the land, identify the impact of elements on the landscape and the stability of land use itself. Cartographic analysis of agricultural landscapes of the transition zone of chestnut and light chestnut soils of the Volgograd region is carried out using geoinformation methods and techniques to assess their condition based on the results of decoding satellite images, allows you to display spatial features and identify patterns of changes in landscape objects. Mapping of the test site in the Kalachevsky District of the Volgograd region allowed us to estimate the area of the agricultural landscape at 9498.6 hectares, of which arable land occupies 41.6 %, protective forest strips of artificial origin – 4.4 %, the rest of the territory is occupied by a gully–beam system. The relief features are a height difference of 32 m and a maximum slope angle of 3.45°. 3958.1 hectares of arable land were surveyed, the system of protective forest stands consists of 67 forest strips, with a total area of 175.2 hectares. 33 % of arable lands lose about 80 % of the fertile layer. At the landfill, the share of heavily degraded forest strips was 75 % of all forest strips, while 30 forest strips completely fell out. The effectiveness of the protective action of forest stands is low, which requires the implementation of measures for their reconstruction to ensure the integrity and productivity of the entire agricultural landscape. The total potential washout at the maximum values of the slope of the studied area is 73216.7 t. The intensity of the calculated amount of soil flushing across the fields varies from 9.8 to 29.1 t/ha. The total potential flushing at the average values of the slope of the studied area is 34248.2 t, and the intensity of the calculated amount of soil flushing is from 2.5 to 13.2 t/ha, respectively.

**KEYWORDS:** agrolandscape, geoinformation mapping, cartographic analysis, satellite images, arable land, natural area, flushing

### ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваемая территория находится в переходной зоне каштановых и светло-каштановых почв со сложными природно-климатическими условиями, что затрудняет хозяйственную деятельность и приводит к необходимости особого детального исследования каждого агроландшафта для дальнейших специальных мероприятий по адаптивно-ландшафтному планированию. Регион исследований расположен в западной части Волгоградской области, в сухостепной зоне на Приволжской возвышенности в границах Калачевского муниципального района. В геоморфологическом отношении территория расположена в долине реки Дон.

Особенностями теплового режима почвы и его влияния на испарение почвенной влаги объясняется ряд характерных черт растительного покрова, в том числе свойственное многим растениям наличие глубоко расположенной корневой системы. По количеству

---

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, FSC of «Agroecology RAS», University ave, 97, 400062, Volgograd, Russia; e-mail: viktoriatem@mail.ru

выпадающих осадков (норма 370 мм в год) почва большую часть года содержит минимальное количество влаги, что может создавать некомфортные условия для развития сельскохозяйственных культур.

Рельеф территории исследуемого полигона представляет собой пологий склон, поверхность которого расчленена овражно-балочной сетью.

Наибольшее распространение на обследованной территории получили светло-каштановые почвы. Часть территории занимают каштановые почвы. Встречаются участки, занятые песчаными и супесчаными почвами. Почти все перечисленные подтипы почв залегают в комплексе с солонцами.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка состояния почвенного покрова проведена с использованием космоснимков путем анализа тона почвы. Трансформация ее свойств, в т. ч. изменение содержания гумуса в результате водной эрозии, определялась по разновременным космоснимкам, при этом была установлена динамика смыва [Yuferev *et al.*, 2019]. На величину потенциального смыва почвы одновременно оказывает влияние множество факторов, таких как тип почвы, ее гранулометрический состав, рельеф, экспозиция, крутизна и длина склона и др. В данной взаимосвязи от угла и длины склона определяется потенциальный смыв почвы [Денисова, 2021].

Объединение методик по геоинформационному анализу данных и адаптивно-ландшафтному подходу деградации земель позволяет получить результаты о современном состоянии агролесоландшафтов, оценить их продуктивность и уровень защищенности [Кирюшин, 1995].

Применение современных аэрокосмических методов вместе с геоинформационными технологиями и математической обработкой данных позволило анализировать агроландшафты в переходной природно-географической зоне Волгоградской области [Юфереv и др., 2010; Кулик, Юфереv, 2010; Denisova, 2021].

Исследование агроландшафтов осуществлялось с применением аэро- и космосъемок по следующим аспектам: геоморфологические, геоботанические, почвенно-мелиоративные, эрозионные [Кулик, Юфереv, 2010].

Источниками данных дистанционного зондирования для анализа агроландшафтов являлись мультиспектральные снимки, полученные со спутника Landsat-8 и др. и данные глобальных цифровых моделей рельефа. Для установления состояния изучаемого агроландшафта применялись геоинформационные и локальные источники данных, включая растровые изображения на космоснимках с разрешением от 1 до 15 м [Roy, 2014; Amin *et al.*, 2012].

Для получения результатов обработки пространственных данных использовался программный комплекс QGIS 3.12. Его особенностью является открытая архитектура и широкий спектр инструментов (более 200) фотограмметрической и картографической обработки растровых и векторных данных.

Оценка геоморфологических и геометрических характеристик полей осуществлялась с использованием глобальной цифровой модели местности SRTM 3, применительно к разработанным векторным картам участков полей. При этом применялся геоинформационный анализ пространственных сведений и построение векторных контуров, автоматически вычислялись площадь, длина, периметр и прочие геометрические и геоморфологические характеристики выделенных контуров, которые отражаются в таблице атрибутов [Rawat *et al.*, 2015; Силова, 2020].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемая территория представлена 14 полями сельскохозяйственных угодий, различных по величине и форме (рис. 1), а именно пашней общей площадью 3958,1 га со средним размером 282,7 га.

Равнинную часть описываемого агроландшафта занимают каштановые и светло-каштановые почвы и их комплексы с солонцами. Слабопологие и пологие склоны водоразделов заняты слабосмытыми и среднесмытыми каштановыми почвами с преобладанием слабосмытых.

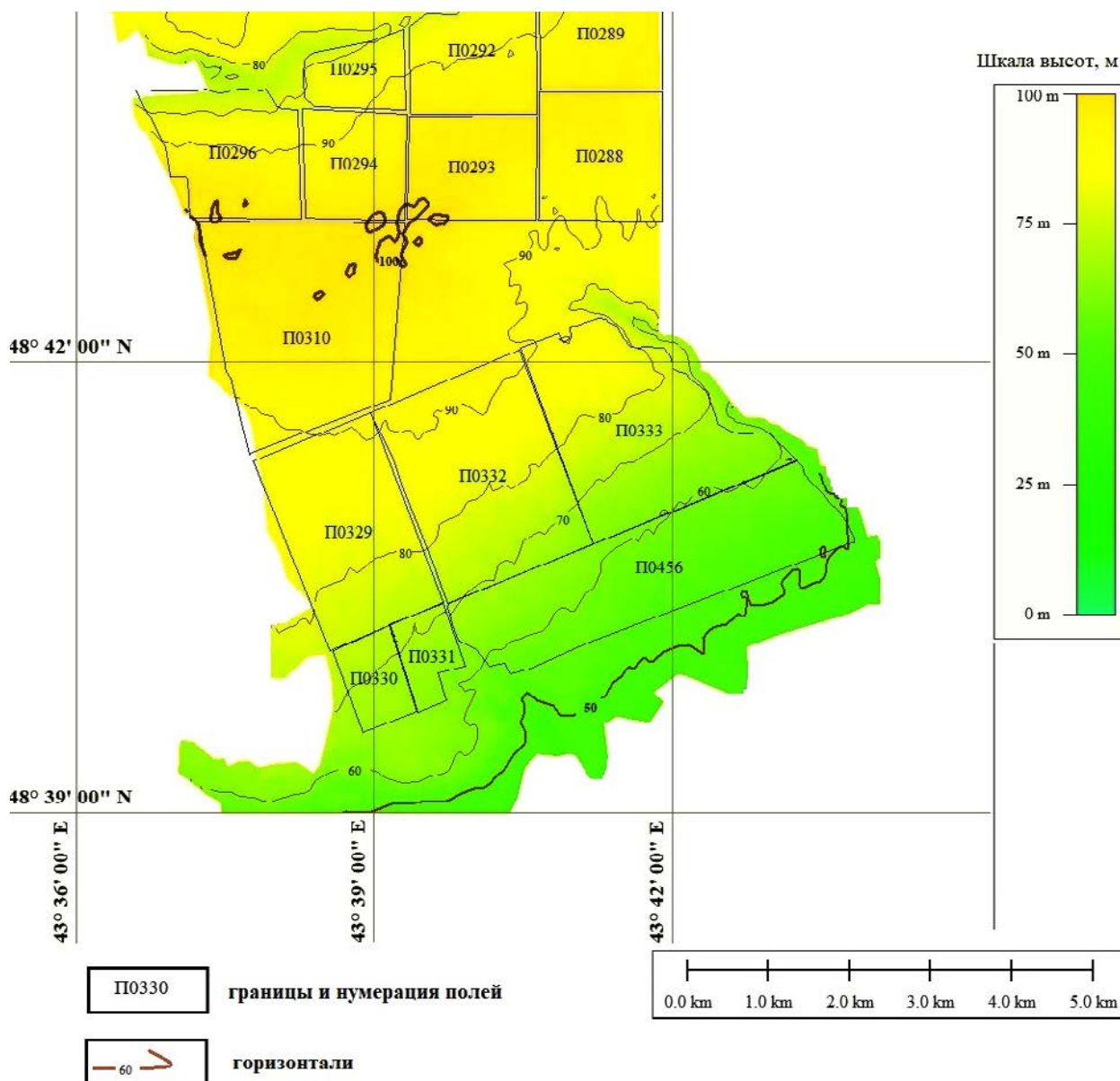


Рис. 1. Карта рельефа полей исследуемого полигона  
 Fig. 1. Relief map of the fields of the polygon under study

Перепад высот на рассматриваемых участках пашни составляет 52 м, а максимальная крутизна склона – 3,45°. Преобладают склоны южной и юго-восточной экспозиции (табл. 1).

Табл. 1. Характеристика полей исследуемого полигона  
 Table 1. Characteristics of the fields of the polygon under study

№ п/п	№ участков	Площадь полей, га	Периметр, км	Максимальная крутизна склона, °	Средняя крутизна склона, °	Экспозиция склона
1	ПО288	240,28	6,23	2,7	0,7	ЮВ
2	ПО289	206,49	5,77	1,47	0,65	ЮВ
3	ПО292	208,62	5,89	1,84	0,78	В
4	ПО293	198,45	5,67	1,48	0,52	ЮВ
5	ПО294	166,06	5,17	1,53	0,66	ЮВ
6	ПО295	95,975	4,03	1,89	1,03	В
7	ПО296	248,46	6,74	3,09	1,17	ЮВ
8	ПО310	551,56	9,55	2,03	0,55	Ю
9	ПО329	387,39	8,13	1,41	0,59	Ю
10	ПО330	80,069	3,65	1,46	0,63	ЮВ
11	ПО331	69,709	3,75	1,86	0,76	ЮВ
12	ПО332	493,07	9,03	2,17	0,78	Ю
13	ПО333	477,34	9,87	3,45	0,87	ЮВ
14	ПО456	534,63	11,80	2,37	0,69	С
Всего		3958,10				

При комплексном анализе тематических геоинформационных слоев карт локализации полей и почвенных разновидностей имеется возможность выделить участки пашни по потенциальной продуктивности и активности эрозионных процессов (рис. 2) [Papaskiri, 2019].

Почвенный покров представлен зональными каштановыми и светло-каштановыми, частично смытыми, почвами и солонцами степными (табл. 3, рис. 2). Гранулометрический состав всех подтипов почв района глинистый и тяжелосуглинистый. Содержание солонцов в комплексе находится в диапазоне от 10 до 74 % [Рябинина и др., 2018]. По овражно-балочной сети на склонах выделяются эродированные разновидности от слабо- до сильносмытых.

В результате проведенных исследований, основанных на моделировании и картографировании агроландшафтов переходной зоны каштановых и светло-каштановых почв в Волгоградской области, в границах тестового полигона на территории Калачевского муниципального района, установлено влияние длины склона ( $L$ ) на величину потенциального смыва почвы ( $W$ ), с учетом крутизны склона и поправочных коэффициентов (табл. 2).

$$W = 5,8 \cdot (1 - \text{EXP}(-0,0021 \cdot L)) + 0,58 \cdot K_{soil} \cdot K_{gran} \cdot K_{form} \quad (1)$$

где  $W$  – вероятный максимальный смыв, т/га год;

$L$  – длина линии стока, м;

$K_{soil}$  – поправочный коэффициент относительной смываемости почвы;

$K_{gran}$  – поправочный коэффициент на экспозицию склона;

$K_{form}$  – поправочный коэффициент на форму склона.

Поправочные коэффициенты по типам почв и гранулометрическому составу выбирались следующие: каштановые глинистые – 1,1; каштановые тяжелосуглинистые – 1,2; светло-каштановые глинистые – 1,23; светло-каштановые суглинистые – 1,31.

С использованием полученного уравнения регрессии был рассчитан модельный смыв почвы в контурах выделенных полей в зависимости от длины и крутизны склона и физических характеристик почв, экспозиции и формы склона (см. табл. 2) (1).

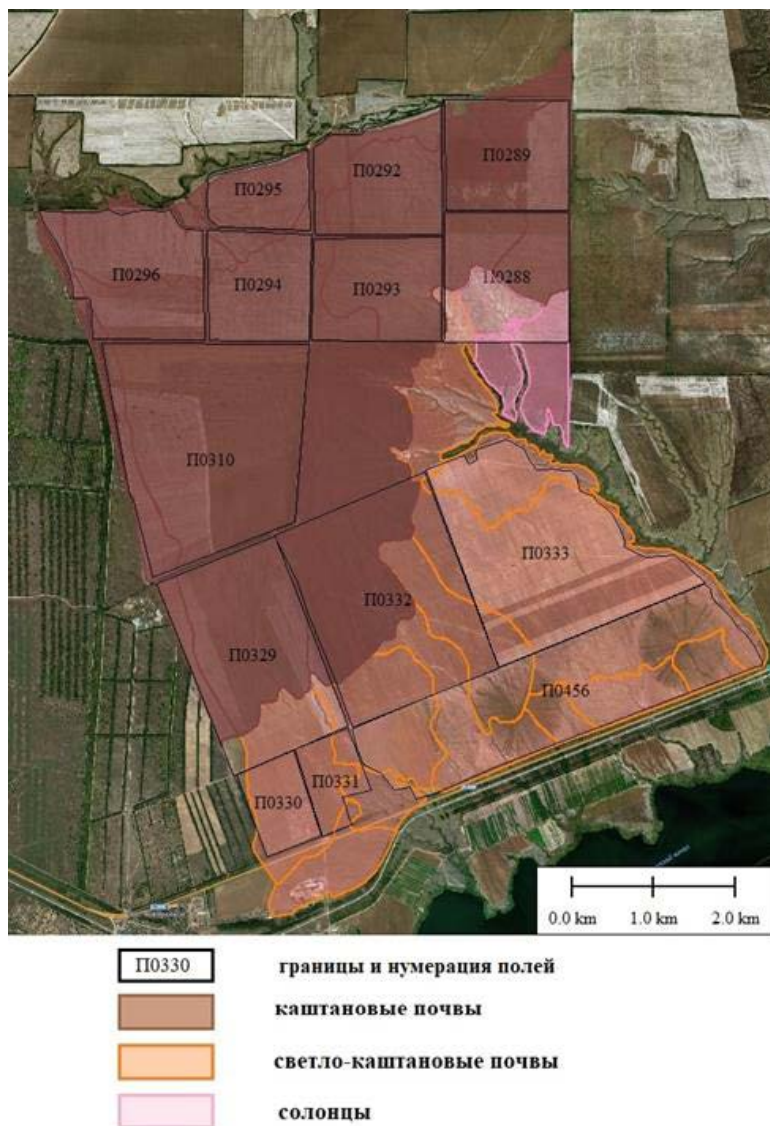


Рис. 2. Космокарта почвенных разновидностей исследуемого полигона

Fig. 2. Space map of soil varieties of the test site

Табл. 2. Поправочные коэффициенты по рельефу

Table 2. Relief correction factors

	С	Ю	В	ЮВ	прямой	выпуклый	вогнутый
На экспозицию склона	0,85	1,0	0,7	0,85	–	–	–
На форму склона	–	–	–	–	1,5	1,15	0,9

Табл. 3. Определение потенциального смыва почвы с исследуемых полей  
 Table. 3. Determination of potential soil flushing from the studied fields

№ п/п	№ участков	Почвы	Средняя крутизна, °	Длина склона, км	Расчетный смыв почвы т/га	Смыв со всей площади участка, т
1	П0288	каштановые, солонцы	0,7	1,53	8,27	1986,9
2	П0289	каштановые	0,65	1,36	6,33	1307,6
3	П0292	каштановые	0,78	1,34	6,09	1269,6
4	П0293	каштановые	0,52	1,26	7,39	1466,5
5	П0294	каштановые	0,66	1,21	7,28	1208,7
6	П0295	каштановые	1,03	0,76	2,54	243,4
7	П0296	светло-каштановые	1,17	1,57	7,91	1966,2
8	П0310	каштановые	0,55	2,57	12,02	6629,7
9	П0329	светло-каштановые	0,59	2,54	13,14	5092,05
10	П0330	светло-каштановые	0,63	1,1	10,21	817,1
11	П0331	светло-каштановые	0,76	1,1	10,21	711,4
12	П0332	каштановые, светло-каштановые	0,78	2,54	9,13	4500,8
13	П0333	светло-каштановые	0,87	2,54	8,13	3881,4
14	П0456	светло-каштановые	0,69	1,2	5,92	3166,5
						34248,2

## ВЫВОДЫ

Наибольшие показатели потери почвенных ресурсов исследуемой пашни отмечены для участка П0310 с каштановыми почвами площадью 551,56 га, длиной линии стока – 1500 м, со средней крутизной – 0,55° и максимальной – 2,03°. Расчетный смыв составил 12,02 т/га, со всей площади – 6629,7 т (см. табл. 3).

Общий смыв почвы со всей территории распространения светло-каштановых почв при средних значениях крутизны 0,82° составил 15634,6 т с площади пашни 1797,6 га; общий смыв почвы со всей территории распространения каштановых почв 12125,9 т со средней крутизной 0,85°, с площади 1427,15 га; с солонцов – 8453,92, с площади 981,8 га, со средней крутизной 1,05°. При наличии нескольких типов почв на поле выбирались эрозионно-опасные участки, для которых применялись усредненные коэффициенты типов почв.

Распаханные поля, значительные по площади агроландшафтов в условиях недостаточной защищенности от эрозионных процессов, являются потенциально предрасположенными к развитию этих процессов, что приводит к снижению продуктивности пашни, поэтому анализ распределения полей по цифровой модели рельефа позволяет рассчитать потенциальный расчетный смыв почвы [Denisova, Silova, 2019].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Денисова Е.В.* Картографический анализ компонентов агроландшафта при формировании устойчивого землепользования в условиях деградации земель Волгоградской области. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27. Ч. 4. С. 47–56. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-47-56.
2. *Кирюшин В.И.* Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур. М.: Россельхозакадемия, 1995. 79 с.
3. *Кулик К.Н., Юферов В.Г.* Компьютерное математико-картографическое моделирование агролесоландшафтов на основе аэрокосмической информации. Доклады Российской академии наук. 2010. № 1. С. 52–54.
4. *Рябинина Н.О., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С.* Современное состояние и динамика степных геосистем юго-востока Русской равнины (на примере природных парков Волгоградской области). Юг России. 2018. № 13. С. 116–127. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-1-116-127.
5. *Силова В.А.* Анализ агролесоландшафтов, подверженных эрозионным процессам, на основе моделирования и данных дистанционного зондирования. Научно-агрономический журнал. 2020. № 3 (110). С. 23–27.
6. *Юферов В.Г., Кулик К.Н., Пулев А.С.* Геоинформационные технологии в агролесомелиорации. Волгоград, 2010. 102 с.
7. *Amin A., Fazal S.* Quantification of Land Transformation Using Remote Sensing and GIS Techniques. American Journ. of Geographic Information System. 2012. Vol. 1. No. 2. P. 17–28.
8. *Denisova E.V.* Assessment of Land-Use Efficiency in Agriculture with the Application of GIS Technologies. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2021. Vol. 57. No. 12. P. 1582–1589.
9. *Denisova E.V., Silova V.A.* The current state analysis of the agro-forest landscape components based on the geoinformational systems usage. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. P. 052062.
10. *Papaskiri T.V., Kasyanov A.E., Alekseenko N.N., Semochkin V.N., Ananicheva E.P., Shevchuk A.A.* Digital land management. Iop conference series: earth and environmental science. The proceedings 2019th International Symposium on Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects. 2019. 012065.
11. *Rawat J.S., Manish K.* Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, District Almora, Uttarakhand, India. The Egyptian Journ. of Remote Sensing and Space Science. 2015. Vol. 18. Iss. 1. P. 77–84.
12. *Roy D.P., Wulder M.A., Loveland T.R.* Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. Remote Sensing of Environment. 2014. No. 145. P. 154–172.
13. *Yuferev V.G., Zavalin A.A., Pleskachev Yu.N., Vdovenko A.V., Fomin S.D., Vorontsova E.S.* Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland. Journal of Forest Science. 2019. No. 65. P. 195–202.



## REFERENCES

1. *Amin A., Fazal S.* Quantification of Land Transformation Using Remote Sensing and GIS Techniques. *American Journ. of Geographic Information System*. 2012. Vol. 1. No. 2. P. 17–28.
2. *Denisova E.V., Silova V.A.* The current state analysis of the agro-forest landscape components based on the geoinformational systems usage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. P. 052062.
3. *Denisova E.V.* Cartographic analysis of the components of the agricultural landscape in the formation of sustainable land use in the conditions of land degradation of the Volgograd region. *InterCarto. InterGIS. Geoinformation support of sustainable development of territories: Materials of the International Conference*. Moscow: Faculty of Geography of Moscow State University, 2021. Vol. 27. Ch. 4. P. 47–56. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-47-56 (in Russian).
4. *Denisova E.V.* Assessment of Land-Use Efficiency in Agriculture with the Application of GIS Technologies. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2021. Vol. 57. No. 12. P. 1582–1589.
5. *Kiryushin V.I.* Methodology of development of adaptive landscape systems of agriculture and technologies of cultivation of agricultural crops. Moscow: Russian Agricultural Academy, 1995. 79 p. (in Russian).
6. *Kulik K.N., Yuferev V.G.* Computer mathematical and cartographic modeling of agroforestry landscapes based on aerospace information. *Reports of the Russian Academy of Sciences*. 2010. No. 1. P. 52–54 (in Russian).
7. *Papaskiri T.V., Kasyanov A.E., Alekseenko N.N., Semochkin V.N., Ananicheva E.P., Shevchuk A.A.* Digital land management. *Iop conference series: earth and environmental science. The proceedings 2019th International Symposium on Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects*. 2019. 012065.
8. *Rawat J.S., Manish K.* Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, District Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journ. of Remote Sensing and Space Science*. 2015. Vol. 18. Iss. 1. P. 77–84.
9. *Roy D.P., Woolder M.A., Loveland T.R.* Landsat-8: Science and product vision for the study of global changes on earth. *Remote sensing of the Environment*. 2014. No. 145. P. 154–172.
10. *Ryabinina N.O., Kanishchev S.N., Shinkarenko S.S.* The current state and dynamics of geosystems in the south-east of the Russian plain (by the example of the natural parks in Volgograd region). *South of Russian: ecology, development*. 2018. Vol. 13. No. 1. P. 116–127. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-1-116-127 (in Russian).
11. *Silova V.A.* Analysis of agroforesolandscapes subject to erosion processes based on modeling and remote sensing data *Scientific and Agronomic Journal*. 2020. No. 3 (110). P. 23–27 (in Russian).
12. *Yuferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S.* Geoinformation technologies in agroforestry. Volgograd, 2010. 102 p. (in Russian).
13. *Yuferev V.G., Zavalin A.A., Pleskachev Yu.N., Vdovenko A.V., Fomin S.D., Vorontsova E.S.* Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland. *Journal of Forest Science*. 2019. No. 65. P. 195–202.