

УДК 528.94(470.61)

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-2-88-97>

Оценка изменений земельного покрова в бассейне Нижнего Дона

В. В. Кулыгин¹, А. В. Парфенова¹✉

¹Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук,
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

e-mail: annparfenowa@mail.ru

Аннотация. Земельный покров отражает физические характеристики земной поверхности, а землепользование – способы обработки земли с точки зрения функциональной роли земель в экономике. Материалы спутниковой съемки широко применяются для создания наборов данных о типе земельного покрова. Целью работы является оценка изменений в распределении земель бассейна Нижнего Дона с использованием данных European Space Agency Climate Change Initiative Global Land Cover (ESA CCI). Период исследования: 1992–2022 гг. Сравнение данных ESA CCI со статистическими данными о земельном фонде Ростовской области показало, что среднеквадратичная ошибка определения структуры земельного фонда не превышает 10 %. В работе даны количественные оценки изменений площадей, занимаемых разными классами земельного покрова. Рассмотрена временная динамика трансформации структуры земель. По результатам анализа было выделено два отрезка времени, когда происходили наиболее сильные изменения земельного покрова в бассейне Нижнего Дона: это рубеж XX и XXI вв. и период 2018–2022 гг.

Ключевые слова: земельный покров, изменения землепользования, Нижний Дон

Для цитирования:

Кулыгин В. В., Парфенова А. В. Оценка изменений земельного покрова в бассейне Нижнего Дона. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 2. С. 88–97. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-2-88-97>

Assessment of land cover changes in the Lower Don river basin

V. V. Kulygin¹, A. V. Parfenova¹✉

¹Federal Research Centre the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Rostov-on-Don, Russian Federation

e-mail: annparfenowa@mail.ru

Abstract. Land cover describes the physical characteristics of the Earth's surface, while land use pertains to management practices defined by land's functional economic roles. Satellite imagery is extensively employed to produce land cover datasets. The study assesses spatiotemporal changes in land cover distribution across the Lower Don River Basin, using European Space Agency Climate Change Initiative Global Land Cover (ESA CCI) data for 1992-2022. Validation against Rostov region statistical land fund records yielded a root mean square error (RMSE) for land structure estimation of $\leq 10\%$. Quantitative assessments detail area shifts among land cover classes, alongside an analysis of temporal transformation dynamics. Key findings highlight two periods of significant change in land cover: the late 20th – early 21st century transition and 2018-2022.

Keywords: land cover, land use change, Lower Don river basin

For citation:

Kulygin V. V., Parfenova A. V. (2026). Assessment of land cover changes in the Lower Don river basin. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 2. pp. 88–97. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-2-88-97>

Введение

Одними из основных данных при модельном изучении потоков вещества, поступающих с водосбора в речную сеть, является информация о состоянии земельного покрова водосбора и землепользовании, ведущемся на нем. Изменение типа земной поверхности и/или характера ее обработки также является важной информацией с точки зрения анализа эффективности экономической деятельности. Так, одна из серьезных проблем современного землепользования – вовлечение в экономику страны неиспользуемых земель, в частности, для нужд сельского хозяйства [1].

Современная пространственная информация о земельном покрове формируется на основе данных дистанционного зондирования Земли. Сравнительно высокое пространственное и временное разрешение последних позволяет давать количественную оценку трансформации ландшафтов [2]; выполнять мониторинг структуры землепользования и земельного покрова [3]. Одним из наиболее продолжительных наборов данных о земельном покрове является European Space Agency Climate Change Initiative Global Land Cover (ESA CCI) [4], содержащий данные с 1992 г.

С 2007 г. в нижнем течении реки Дон наблюдается низкий сток [5], что напрямую влияет на многие процессы в Азовском море. При этом на водосборе Нижнего Дона продолжает активно развиваться сельскохозяйственный комплекс. Для исследования изменений величины и химического состава донских вод, поступающих в Азовское море, в том числе требуется информация о структуре

земельного покрова и характере землепользования на водосборе реки. Актуальность темы исследования также связана с необходимостью поиска причин снижения качества воды в районе Ростовской агломерации для обеспечения надлежащих условий водоснабжения.

Целью работы является анализ изменений в земельном покрове бассейна Нижнего Дона по данным ESA CCI. Характеристики земельного покрова впоследствии предполагается использовать в моделях оценки вещества, поступающего с водосбора.

Методы и материалы

В ходе исследования рассматривались данные о земельном покрове ESA CCI [4], полученные на основе спутниковых снимков. При классификации использовались спутниковые снимки AVHRR HRPT (1992–1999 гг.), SPOT-Vegetation (1998–2013 гг.), MERIS (2003–2012 гг.), PROBA-V (2014–2019 гг.), Sentinel-3 OLCI и SLSTR (2020–2022 гг.).

Данные о земельном покрове представлены сеточными областями, составленными для каждого года за период 1992–2022 гг. Их пространственное разрешение составляет 300 м. Легенда насчитывает 37 классов, из которых в пределах бассейна Нижнего Дона встречается 20 классов (рис. 1).

По результатам проверки качества классификации снимков в ESA CCI доля правильно классифицированных объектов от общего числа объектов составила 71–72 % [6, 7]. Основные ошибки связаны с различием земель с неорошаемым и орошаемым земледелием, а также с определением разных классов древесного покрова.



Рис. 1. Земельный покров в границах бассейна Нижнего Дона по данным ESA CCI по состоянию на 2022 г. Красной линией выделены границы Ростовской области

Из исходных сеточных областей извлекалась часть, ограниченная полигоном бассейна Нижнего Дона. Для исследования произошедших изменений в распределении классов земельного покрова за каждый год подсчитывалось количество пикселей каждого класса и рассматривалось их изменение во времени 1992–2022 гг. Для упрощения визуализации и интерпретации исходная легенда была генерализована до 7 классов (процесс создания генерализованной легенды представлен в [8]).

Для оценки качества глобального набора данных о земельном покрове использовалась информация о структуре земельного фонда Ростовской области. Территория Ростовской области почти полностью находится в пределах бассейна Нижнего Дона, а ее доля в общей площади водосбора составляет 39 % (см. рис. 1).

Данные о динамике структуры земельного фонда Ростовской области подготовлены на основе материалов [9–22] и государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации за 2023 г. [23]. Рассматривалась информация о распределении земельного фонда по категориям земель и по угодьям.

Для каждого года различие между распределением земель Ростовской области по данным докладов и по данным глобального набора данных в пределах Ростовской области считалось как среднеквадратичная

ошибка (RMSE) между векторами долей классов единой легенды:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^d - y_i)^2},$$

где y_i^d – доля i -го класса в распределении земель Ростовской области по данным об использовании земель, %; y_i – доля i -го класса в распределении земель Ростовской области по данным ESA CCI, %; $n = 7$ – число классов.

Для каждого класса также считалась абсолютная разница между долями классов, определяемых по данным докладов и по ESA CCI.

Для определения изменений в структуре земельного покрова бассейна Нижнего Дона по данным ESA CCI выполнялось попиксельное сравнение сеточных областей для всех пар соседних лет за период 1992–2022 гг. Для каждой пары последовательных лет выделялись все пиксели, у которых изменился класс с i -го на j -й. Результаты представлялись в виде временных диаграмм, отображающих величину и структуру земель, перешедших в конкретный класс или выбывших из него, для каждого года.

Результаты и обсуждение

Растительный покров бассейна Нижнего Дона отражает черты лесостепи на севере,

степной зоны на большей части бассейна и сухостепной зоны на юге бассейна. Наибольшие площади в бассейне Нижнего Дона занимают классы «пашня», «травянистая растительность» и «древесная растительность» (табл. 1). Всего на долю пахотных земель приходится около 79 %, прочей травянистой растительности – 9,4 %, древесной рас-

тительности – 6,7 %. Водные объекты занимают 2,3 %, застроенные территории – 2 %.

В наборе данных ESA CCI не выделяются объекты малого пространственного размера (дороги, водная поверхность, деревья) в пределах населенных пунктов. Вследствие этого наблюдается ошибочное возникновение класса «пашня» в черте поселений.

Таблица 1. Динамика структуры земельного покрова в бассейне Нижнего Дона за 1992–2022 гг. по данным ESA CCI в %

Год	Пашня	Травянистая растительность	Древесная растительность	Водные поверхности	Водно-болотная растительность	Застроенные территории	Земли, лишенные растительности
1992	76,91	11,27	5,23	2,29	0,31	0,90	3,09
1993	76,90	11,27	5,23	2,29	0,31	0,92	3,09
1994	76,88	11,27	5,22	2,29	0,31	0,94	3,09
1995	76,97	11,25	5,22	2,30	0,31	0,96	3,00
1996	77,06	11,22	5,25	2,30	0,31	0,97	2,89
1997	77,29	11,16	5,29	2,30	0,31	0,99	2,65
1998	77,28	11,14	5,33	2,31	0,31	1,01	2,61
1999	77,24	11,08	5,67	2,35	0,31	1,03	2,31
2000	79,03	10,62	6,10	2,35	0,31	1,05	0,54
2001	78,94	10,60	6,10	2,35	0,31	1,23	0,47
2002	78,81	10,59	6,09	2,34	0,31	1,42	0,43
2003	78,61	10,60	6,08	2,34	0,31	1,63	0,43
2004	78,42	10,58	6,10	2,34	0,31	1,87	0,38
2005	78,42	10,59	6,09	2,34	0,31	1,87	0,37
2006	78,44	10,60	6,08	2,34	0,31	1,87	0,35
2007	78,49	10,63	6,07	2,33	0,31	1,88	0,27
2008	78,50	10,64	6,06	2,33	0,32	1,91	0,24
2009	78,50	10,67	6,05	2,32	0,32	1,92	0,21
2010	78,53	10,68	6,04	2,33	0,32	1,92	0,19
2011	78,52	10,70	6,03	2,32	0,32	1,93	0,18
2012	78,53	10,69	6,03	2,32	0,32	1,94	0,16
2013	78,50	10,72	6,02	2,31	0,32	1,95	0,16
2014	78,50	10,71	6,03	2,31	0,33	1,96	0,16
2015	78,50	10,71	6,03	2,31	0,33	1,96	0,16
2016	78,46	10,72	6,07	2,31	0,33	1,97	0,16
2017	78,48	10,67	6,09	2,31	0,32	1,97	0,15
2018	78,59	10,43	6,22	2,31	0,32	1,98	0,15
2019	78,90	9,87	6,47	2,30	0,32	1,99	0,14
2020	79,01	9,54	6,70	2,30	0,32	1,99	0,14
2021	79,04	9,43	6,74	2,30	0,33	2,02	0,14
2022	79,05	9,37	6,74	2,30	0,33	2,07	0,14
Среднее	78,24	10,65	5,95	2,32	0,32	1,61	0,92

Согласно данным об использовании земель Ростовской области общая тенденция за период 2008–2022 гг. заключается в росте

доли пашни и земель под застройкой и сокращении земель под пастбища. Сравнение с данными ESA CCI дает среднюю за 2008–

2022 г. среднеквадратичную ошибку (RSME), равную 9,36 % (табл. 2). За весь период она изменится незначительно: до 2018 г. падает, после немного растет. Причины такого изменения могут быть связаны с использованием разного набора спутниковых снимков за разные годы.

Основной источник неточности связан с определением классов «пашня» и «травянистая растительность». Здесь абсолютная разница между данными об использовании земель Ростовской области и данными ESA CCI составляет около 20 % для класса «пашня» и около 14 % для класса «травянистая растительность». Как было отмечено при сравнении разных глобальных наборов данных [8], ESA CCI, имеющий сравнительно низкое

пространственное разрешение, дает более высокие значения доли пашни в основном за счет класса «травянистая растительность», так как сумма этих двух классов для всех наборов данных составляет около 90 % территории водосбора Нижнего Дона. Доля остальных классов в земельном фонде Ростовской области по ESA CCI определяется с достаточно высокой точностью (табл. 2).

В целом можно признать качество набора данных ESA CCI как удовлетворительное: среднеквадратичная ошибка определения структуры земельного фонда Ростовской области не превышает 10 %; разница в определении конкретных классов не превышает 3 %, за исключением классов «пашня» и «травянистая растительность».

Таблица 2. Сравнение структуры земельного фонда Ростовской области по данным об использовании земель и по данным ESA CCI

Год	Абсолютная разница, %							RSME, %
	Пашня	Травянистая растительность	Древесная растительность	Водные поверхности	Водно-болотная растительность	Застроенные территории	Земли, лишенные растительности	
2008	20,70	14,09	0,45	1,33	0,18	2,63	2,03	9,56
2009	20,52	13,93	0,44	1,33	0,17	2,62	2,04	9,47
2010	20,45	13,86	0,44	1,33	0,17	2,61	2,05	9,44
2011	20,47	13,85	0,46	1,34	0,17	2,60	2,04	9,44
2012	20,43	13,82	0,47	1,34	0,17	2,59	2,05	9,42
2013	20,30	13,68	0,48	1,35	0,17	2,58	2,05	9,35
2014	20,31	13,67	0,47	1,35	0,17	2,59	2,05	9,35
2015	20,30	13,66	0,47	1,35	0,17	2,59	2,06	9,35
2016	20,23	13,62	0,44	1,35	0,17	2,59	2,06	9,32
2017	20,08	13,48	0,42	1,36	0,17	2,59	2,06	9,24
2018	19,79	13,31	0,29	1,36	0,17	2,59	2,07	9,12
2019	20,07	13,85	0,02	1,36	0,17	2,60	2,07	9,32
2020	20,13	14,13	0,21	1,36	0,17	2,60	2,07	9,39
2021	19,91	14,03	0,27	1,36	0,17	2,55	2,07	9,30
2022	19,91	14,09	0,29	1,36	0,17	2,50	2,07	9,32
Среднее	20,24	13,80	0,37	1,35	0,17	2,59	2,06	9,36

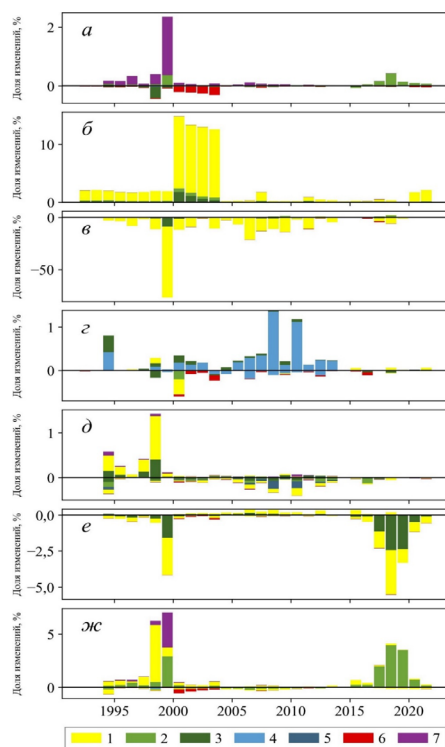


Рис. 2. Структура изменения площади классов земельного покрова в бассейне Нижнего Дона за период 1992–2022 гг. в %: а) пашня; б) застроенные территории; в) земли, лишённые растительности; г) водно-болотная растительность; д) водные поверхности; е) травянистая растительность; ж) древесная растительность. Легенда: 1 – пашня; 2 – травянистая растительность; 3 – древесная растительность; 4 – водные поверхности; 5 – водно-болотная растительность; 6 – застроенные территории; 7 – земли, лишённые растительности

Рассмотрим тенденции в изменении земельного покрова бассейна Нижнего Дона за период 1992–2022 гг. Диаграммы на рис. 2 показывают величину и структуру изменившейся площади каждого класса: в верхней половине графика (положительные значения) – площадь земель, перешедшая в исследуемый класс из других классов, в нижней (отрицательные значения) — площадь, которая перешла из исследуемого класса в другие классы в конкретном году.

Рост доли площади пашни наблюдался с 1994 по 2000 гг. в основном за счет класса «земли, лишённые растительности» (рис. 2, а). Наиболее значимый прирост произошел при переходе от 1999 г. к 2000 г. в юго-восточной части бассейна. В том же районе наблюдается еще один пик прироста при переходе от 2017 г. к 2018 г. за счет земель класса «травянистая растительность». Сокращение доли пашни характерно для периода 1998–2004 гг. Причем в 1999 г. земли, расположенные в ос-

новном в долинах рек на севере бассейна (район р. Северский Донец), перешли в класс «древесная растительность», а в 2000–2004 гг. пахотные земли сменялись на урбанизированные территории.

Доля застроенных территорий монотонно увеличивалась на протяжении всего периода (рис. 2, б). Пик роста зафиксирован в 2000–2004 гг., когда наблюдалось активное расширение городов по всему бассейну за счет пашни и лесной растительности. С 2020 г. темпы перевода пашни под застройку снова увеличились, в основном рядом с крупными городами (г. Ростов-на-Дону, г. Ставрополь и т. д.).

Доля класса «земли, лишённые растительности» постоянно сокращалась (рис. 2, в). В 1999–2000 г. около 77 % всей площади, занимаемой этим классом, было переведено в основном под пашню (преимущественно на юго-востоке бассейна).

Площадь земель класса «водно-болотная растительность» увеличивалась в основном за счет водных объектов (рис. 2, г). Макси-

мальные изменения зафиксированы в 1994–1995 гг., 2005–2014 гг. Они отражают зарастание долин рек и водохранилищ по большей части в бассейне р. Западный Маныч. Доля класса сокращалась незначительно в основном за счет перехода в классы «водные поверхности» и «застроенные территории», имевшего место в дельте Дона.

Площадь класса «водные поверхности» увеличивалась в период 1994–1999 гг. за счет территорий пашни и древесной растительности (рис. 2, д). Изменения происходили по всей территории бассейна, но в основном в дельте Дона. С началом маловодного периода на Дону в 2007 г. отмечается незначительное сокращение доли водных поверхностей.

Доля площади травянистой растительности значительно сокращалась в 1999–2000 гг. и 2017–2022 гг. (рис. 2, е) (первый период относится к дельте Дона, второй затрагивает территорию Волгоградской и Ростовской областей). Изменения происходили за счет выведения из-под пара полей и роста лесов. В остальном заметны межгодовые переходы для сельскохозяйственных полей между состояниями «работы» и «отдыха».

Для древесной растительности наблюдаются два периода роста площади: 1998–2000 гг. и 2015–2021 гг. (рис. 2, ж). Увеличение происходило на всей территории бассейна за счет зарастания пустошей и полей, роста лесов в различных природоохранных территориях. Основное место увеличения доли площади древесной растительности – район р. Северский Донец.

Заключение

Анализ глобального набора данных о земельном покрове ESA CCI позволил установить основные закономерности и пространственные особенности изменений структуры землепользования в бассейне Нижнего Дона за период 1992–2022 гг.

Результаты сравнения глобального набора данных ESA CCI с информацией о земельном фонде Ростовской области позволил охарактери-

зовать качество карт земельного покрова как удовлетворительное. Среднеквадратичная ошибка определения структуры земельного фонда Ростовской области в течение всего периода 2008–2022 гг. не превышала 10 %.

В целом за весь исследуемый период было отмечено два отрезка времени, когда происходили наиболее сильные изменения земельного покрова в бассейне Нижнего Дона: это рубеж XX и XXI вв. и период с 2018 по 2022 гг. Доля пашни в бассейне Нижнего Дона увеличивалась за счет территорий, лишенных растительности, и земель с травянистой растительностью. Сокращение пашни происходило в основном за счет перевода ее в городские и застроенные территории, площадь которых росла на протяжении всего периода, наиболее интенсивно в 2000–2004 гг. «Земли, лишенные растительности» практически полностью перешли в класс «пашня». Для класса «древесная растительность» с 2017 г. наблюдается период роста занимаемой им площади.

Полученные результаты могут быть использованы в практике разработки стратегий устойчивого землепользования. Картографические материалы, отражающие изменения земельного покрова, являются информационной базой при планировании развития территорий и управлением ресурсами. Кроме того, данные о земельном покрове бассейне Нижнего Дона лягут в основу моделей оценки выноса веществ, поступающих с водосбора в реку, использование которых в свою очередь даст понимание причин загрязнения водных объектов региона.

Благодарности

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 125011200143-4 «Геоинформационные региональные модели и методы исследования систем 'водосбор-водоем'». При выполнении работ использовалось оборудование ЦКП ЮНЦ РАН «Объединенный центр научно-технологического оборудования ЮНЦ РАН (исследование, разработка, апробация)».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ямова А. А., Веселова М. Н., Коцур Е. В. Выявление и вовлечение в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения юга Тюменской области: подходы, опыт, проблемы. Вестник СГУГиТ. 2025. Т. 30, № 1. С. 157–168. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-157-168.
2. Гонца Г. И., Комиссарова Е. В., Колесников А. А. Методика уточнения и обновления информации о лесных ресурсах посредством использования данных дистанционного зондирования и мобильных устройств. Вестник. 2025. Т. 30, № 1. С. 96–105. DOI 10.33764/2687-041X-2023-1-133-139.

3. Дубровин К. Н., Илларионова Л. В., Степанов А. С. Решение задач идентификации сельскохозяйственных культур и актуализации границ сельскохозяйственных полей (на примере Хабаровского муниципального района). Вестник СГУГиТ. 2025. Т. 30, № 1. С. 48–58. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-48-58.
4. Land cover classification gridded maps from 1992 to present derived from satellite observation. Copernicus Climate Change Service (C3S) [Электронный ресурс]. Climate Data Store (CDS). 2019. URL: <https://doi.org/10.24381/cds.006f2c9a> (дата обращения: 06.11.2024).
5. Матишов Г. Г., Дашкевич Л. В., Титов В. В., Кириллова Е. Э. Анализ внутривековой природной изменчивости в Приазовье и на Нижнем Дону: причина маловодья. Наука Юга России. 2021. Т. 17, № 1. С. 13–23. DOI 10.7868/S25000640210102.
6. Brown C. F., Brumby S. P., Guzder-Williams B., Birch T., Hyde S. B., Mazzariello J. et al. Dynamic World, near real-time global 10 m land use land cover mapping. Scientific Data. 2022. Vol. 9, № 1. P. 1–17.
7. Defourny P., Lamarche C., Bontemps S., De Maet T., Van Bogaert E., Moreau I., Brockmann C., Boettcher M., Kirches G., Wevers J., Santoro M. Land Cover Climate Change Initiative – Product User Guide v2. Issue 2.0 [Электронный ресурс]. 2017. URL: http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf (дата обращения: 06.11.2024).
8. Парфенова А. В., Кулыгин В. В. Исследование глобальных наборов данных о земельном покрове для оценки их соответствия условиям региона Нижнего Дона. Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2024. Т. 9. С. 64–73. DOI 10.23885/2500-123X-2024-2-9-64-73.
9. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2008 году». Под ред. С. Г. Курдюмова. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2009. 355 с.
10. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2009 году». Под ред. С. Г. Курдюмова. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2010. 371 с.
11. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2010 году». Под ред. С. Ф. Трифонова. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2011. 368 с.
12. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2011 году» / Под ред. А. А. Гребенщикова. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2012. 360 с.
13. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2012 году» / Под ред. А. А. Гребенщикова. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2013. 376 с.
14. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2013 году». Под ред. В. Г. Василенко. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2014. 378 с.
15. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 году». Под ред. В. Г. Василенко. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2015. 384 с.
16. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году». Под ред. В. Г. Василенко. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2016. 369 с.
17. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2016 году». Под ред. В. Г. Гончарова, Г. А. Урбана. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2017. 369 с.
18. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2017 году». Под ред. В. Г. Гончарова, М. В. Фишкина. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2018. 366 с.
19. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» / Под ред. М. В. Фишкина. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2019. 370 с.
20. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2019 году». Под ред. М. В. Фишкина. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2020. 373 с.

21. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2020 году». Под ред. М. В. Фишкина. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2021. 377 с.
22. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2021 году». Под ред. М. В. Фишкина. Ростов н/Д. : Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл., 2022. 395 с.
23. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2023 году. М.: Росреестр, 2023. 180 с.

REFERENCES

1. Yamova A.A, Veselova M. N. & Kotsur E. V. (2025). Identification and involvement of unused agricultural lands into turnover: approaches, experience, problems. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 30 (1), 157–168. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-157-168 [in Russian].
2. Gonets G. I., Komissarova E. V. & Kolesnikov A. A. (2025) Methodology for clarifying and updating information on forest resources through the use of remote sensing data and mobile devices. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 30 (1), 96–105. DOI 10.33764/2687-041X-2023-1-133-139 [in Russian].
3. Dubrovin K. N., Illarionova L. V. & Stepanov A. S. (2025). Solving problems of crop identification and actualization of crop field boundaries (on the example of Khabarovsk municipal district). *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 30 (1), 48–58. DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-1-48-58 [in Russian].
4. Land cover classification gridded maps from 1992 to present derived from satellite observation. Copernicus Climate Change Service (C3S). (2019). Climate Data Store (CDS). Retrieved from <https://doi.org/10.24381/cds.006f2c9a> (date of access: 06.11.2024).
5. Matishov G. G., Dashkevich L. V., Titov V. V. & Kirillova E. E. (2021). Analysis of intracentury environmental variability in the sea of Azov and Lower Don regions: the cause of low water period. *Nauka juga Rossii [Science of the south of Russia]*, 17 (1), 13–23. DOI 10.7868/S25000640210102 [in Russian].
6. Brown, C.F., Brumby, S.P., Guzder-Williams, B., Birch, T., Hyde, S. B. & Mazzariello, J. (2022). Dynamic World, near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Scientific Data*, 9(1), 1–17.
7. Defourny, P., Lamarche, C., Bontemps, S., De Maet, T., Van Bogaert, E., Moreau, I., Brockmann, C., Boettcher, M., Kirches, G., Wevers, J. & Santoro, M. (2017). Land Cover Climate Change Initiative – Product User Guide v2. Issue 2.0. Retrieved from http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf (date of access: 06.11.2024).
8. Parfenova A.V. & Kulygin V.V. (2024). Study of the global l and cover datasets to assess their compliance with the conditions of the Lower Don region. *Jekologija. Jekonomika. Informatika. Serija: Geoinformacionnye tehnologii i kosmiche-skij monitoring [Ecology. Economics. Computer Science. Series: Geoinformation Technologies and Space Monitoring]*, 9, 64–73. DOI 10.23885/2500-123X-2024-2-9-64-73 [in Russian].
9. Kurdyumov, S.G. (2009). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okružhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2008 godu» [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2008”]*. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
10. Kurdyumov, S.G. (2010). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okružhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2009 godu» [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2009”]*. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
11. Trifonov, S. F. (2011) *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okružhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2010 godu» [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2010”]*. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
12. Grebenshchikov A. A. (2012). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okružhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2011 godu» [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2011”]*. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
13. Grebenshchikov A. A. (2013). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okružhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2012 godu» [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2012”]*. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].

14. Vasilenko, V. G. (2014). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2013 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2013”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
15. Vasilenko, V. G. (2015). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2014 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2014”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
16. Vasilenko, V. G. (2016). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2015 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2015”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
17. Goncharov, V. G., Urban G. A. (2017). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2016 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2016”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region.
18. Goncharov, V. G., Fishkin, M. V. (2018). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2017 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2017”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region.
19. Fishkin, M. V. (2019). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2018 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2018”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
20. Fishkin, M. V. (2020). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2019 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2019”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
21. Fishkin, M. V. (2021). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2020 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2020”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
22. Fishkin, M. V. (2022). *Jekologicheskij vestnik Dona «O sostojanii okruzhajushhej sredy i prirodnyh resur-sov Rostovskoj oblasti v 2021 godu»* [Ecological Bulletin of the Don “On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2021”]. RnD: Government of Rostov Region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region. [in Russian].
23. State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2023. (2023). M.: Rosreestr. [in Russian].

Об авторах

Валерий Валерьевич Кулыгин – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией информационных технологий и математического моделирования ЮНЦ РАН.

Анна Васильевна Парфенова – инженер-исследователь отдела НИР и прикладных исследований ЮНЦ РАН.

Author details

Valerii V. Kulygin – Ph.D., Leading Researcher, Head of Laboratory of Information Technologies and Mathematical Modeling.

Anna V. Parfenova – Research Engineer, Department of R&D and Applied Research.

Получено / Received 28.04.2025

Поступила после рецензирования / Revised 08.08.2025

Принята к публикации / Accepted 17.09.2025