

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Беляева Мария Владиславовна

Эколого-экономическая оценка региона на основе применения глобальных и региональных индикаторов нейтрального баланса деградации земель (на примере Самарской области)

Специальности 1.5.19. Почвоведение, 1.5.15. Экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2026

Диссертация подготовлена на кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

Научные руководители **Макаров Олег Анатольевич** – профессор, доктор биологических наук

Куст Герман Станиславович – доцент, доктор биологических наук

**Официальные
оппоненты**

Сапожников Петр Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, МГУ имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра физики и мелиорации почв, ведущий научный сотрудник

Васнев Иван Иванович – доктор биологических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, кафедра экологии, лаборатория агроэкологического мониторинга, моделирования и прогнозирования экосистем, заведующий

Русаков Алексей Валентинович – доктор географических наук, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра почвоведения и экологии почв, профессор с возложенными обязанностями заведующего кафедрой

Защита диссертации состоится 19 мая 2026 г. в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета МГУ.015.3 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, факультет почвоведения, аудитория М-2.

E-mail: paramonovata@my.msu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3361>

Автореферат разослан ____ апреля 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Т.А. Парамонова

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность: Разрушительные последствия деградации почв и земель оказывают прямое влияние на устойчивость экологических систем, сельскохозяйственное производство и доходы населения. В связи с этим возникает необходимость в оценке состояния почв для контроля текущего состояния окружающей среды, прогнозирования развития деградации и создания рекомендаций по рациональному использованию земель, а также - снижения экологических рисков и повышения экономической эффективности землепользования (Иванов и др., 2018).

Теоретическая и практическая значимость: Полученные результаты могут быть использованы для оценки эффективности действующих систем землепользования и разработки устойчивых систем землепользования на территории Самарской области.

Цель: на примере Самарской области выявить особенности оценки деградации земель при помощи различных методических подходов (оценка ущерба от деградации земель, экономика деградации земель, нейтральный баланс деградации земель (НБДЗ) на трех уровнях административно-хозяйственного устройства региона — области в целом, муниципального района, агрохозяйства.

Задачи:

1. Оценить степень выраженности деградационных процессов в почвах и землях Самарской области методом их сравнения с эталонами по показателям агроистощения (уменьшение содержания, гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, изменение кислотности).

2. Рассчитать величину ущерба от деградации почв и земель на трёх уровнях административно-хозяйственного устройства Самарской области: область — муниципальный район — агрохозяйство.

3. Основываясь на методике Й. фон Брауна, проанализировать рентабельность восстановления деградированных земель в Самарской области с помощью расчета соотношения «действия»/ «бездействия».

4. Определить особенности НБДЗ для трех выбранных масштабных уровней исследования.

5. Определить значения основных показателей НБДЗ, используя глобальные и региональные индикаторы, рассчитать индекс НБДЗ на основании полученных данных.

Предмет исследования — деградация почв и земель Самарской области.

Объект исследования — почвы и земли Самарской области.

Научная новизна: впервые при расчете НБДЗ глобальные индикаторы были оценены на достоверность, разработаны их аналоги и использованы региональные индикаторы НБДЗ, а также определены особенности оценки НБДЗ на различных уровнях административно-хозяйственного устройства региона (субъекта) Российской Федерации.

Методология и методы:

В данном исследовании были применены такие эколого-экономические методы оценки деградации почв и земель, как расчет величины ущерба/вреда от деградации почв и земель, метод «действия»/«бездействия» Й. фон Брауна, а также методология НБДЗ.

Защищаемые положения:

1. Использование концепции НБДЗ на различных уровнях административно-хозяйственного устройства субъекта Российской Федерации имеет определенные особенности, зависящие от масштаба исследования. Так, на уровне муниципального района и области данные, полученные при помощи модуля Trends.Earth (TE) в режиме «по умолчанию», имеют более высокую достоверность, чем на уровне агрохозяйства.

2. Помимо глобальных индикаторов, таких как изменения наземного покрова, продуктивности земель и запасов почвенного органического углерода, в процессе оценки НБДЗ в Самарской области на всех уровнях исследования рекомендуется учитывать индикатор, связанный с развитием эрозионных процессов в почвах. Этот индикатор также оказывает влияние на состояние

других показателей, касающихся состояния почв и продуктивности сельскохозяйственных земель.

3. Относительный размер ущерба от деградации почв и земель может значительно увеличиваться за счет высокого дохода от ведения сельскохозяйственной деятельности при равной степени деградации земель.

Степень достоверности результатов и апробация работы: Основные положения диссертации были представлены на Международной конференции XXIII Докучаевские молодежные чтения "Почва в условиях глобального изменения климата" (Санкт-Петербург, 2020), Третьей всероссийской открытой конференции Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование (Москва, 2019).

Публикации: Основные положения, результаты и выводы диссертации отражены в 9 научных трудах, 6 из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальностям 1.5.19 Почвоведение и 1.5.15 Экология отрасли биологических наук.

Личный вклад соискателя: Автор самостоятельно провела анализ научной литературы по рассматриваемой теме, выполнила основную часть лабораторных исследований, обработала полученные данные и участвовала в подготовке публикаций по теме работы. В статье [1] вклад автора составил 0,28 п.л. из 0,8 п.л., в статье [2] – 0,18 п.л. из 0,53 п.л., в статье [3] – 0,09 п.л. из 0,34 п.л., в статье [4] – 0,13 п.л. из 1,0 п.л., в статье [5] – 0,11 п.л. из 0,75 п.л., в статье [6] – 0,17 п.л. из 1,2 п.л., в статье [7] – 0,27 п.л. из 1,06 п.л., в статье [8] – 0,21 п.л. из 1,05 п.л., в статье [9] – 2 п.л. из 26 п.л.

Объем и структура работы: Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, выводов, списка литературы и приложения. Материалы работы изложены на 149 страницах, содержат 35 таблиц, 41 рисунок. Список литературы включает 146 источников, в том числе 53 – на иностранном языке.

Благодарности: Автор выражает благодарность руководителям д.б.н. О.А. Макарову, и д.б.н. Г.С. Кусту за неоценимую помощь в подготовке данной

работы и ценные советы. Также автор признателен к.б.н. О.В. Андреевой, к.э.н. А.С. Строкову, Д.Р. Абдулхановой, к.б.н. Е.В. Цветнову, к.б.н. Н.Р. Крючкову, Н.А. Мараховой, к.б.н. М.Р. Чекину, к.э.н. О.В. Каменецкой, Е.Н. Есафовой. Автор выражает благодарность всем сотрудникам кафедры эрозии и охраны почв, а также членам своей семьи за моральную поддержку. Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19–29–05021 мк.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

1.1. Определение понятий деградации почв и земель

Рассмотрены разнообразные определения деградации почв и земель, предопределяющие разнообразие подходов к её оценке.

1.2. Способы оценки деградации почв и земель

Рассмотрены основные подходы к оценке деградации почв и земель:

1.2.1. Оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель

Наиболее распространенным в РФ для оценки размера вреда/ущерба от деградации земель является подход, основанный на сравнении деградированных и эталонных почв. Достаточно эффективной признается «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (1994), поскольку в ней используется значительное количество деградационных показателей, ранжированных по степеням в соответствии с разработанными шкалами (Экономика..., 2022).

1.2.2. Глобальные подходы к оценке деградации земель

1.2.2.1. Экономика деградации земель

В основе оценки деградации земель по методике Й. фон Брауна лежит сравнение двух сценариев - стоимости «бездействия» и «действия» (Von Braun et al., 2013). В основе концепции лежит сравнение затрат и выгод при введении мер по борьбе с деградацией с издержками при отсутствии мер по борьбе с деградацией земель (Nkonya et al., 2012a).

1.2.2.2. НБДЗ

НБДЗ – это состояние, при котором количество и качество земельных ресурсов, необходимое для поддержания функций и услуг экосистемы и повышения продовольственной безопасности, остается стабильным или растет в рамках заданных временных и пространственных масштабов и экосистем (UNCCD, 2015). Главным принципом оценки состояния земель является динамический подход. Для оценки достижения НБДЗ был принят индикатор ЦУР 15.3.1, который рассчитывается как доля деградированных земель от общей площади земель. Данный индикатор является интегральным отображением состояния индикаторов более низкого уровня: динамика наземного покрова, динамика продуктивности земель, динамика содержания почвенного органического углерода (UNCCD, 2013).

Глава 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристика объектов исследования

Исследование проводилось на трех уровнях административно-хозяйственного устройства региона: область, муниципальный район и хозяйство. В рамках исследования были изучены - Самарская область, Похвистневский муниципальный район и Агроинновационный центр (АИЦ) «Орловка». Характеристика объектов приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

Характеристика	Самарская область	Похвистневский муниципальный район	АИЦ «Орловка»
Климат	Умеренно-континентальный, засушливый		
Рельеф	Равнинный, отдельные холмистые территории	Холмисто-увалистая равнина, расчлененная реками, балками и оврагами	Склоны речных долин
Растительность	Лесостепь, степь, сухая степь	Лесостепь, степь	Лесостепь
Почвы	Черноземы (97%), дерново-подзолистые, серые лесные, темно-каштановые, солонцы	Черноземы выщелоченные и типичные	

2.2. Методы исследования

2.2.1. Оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель

Расчет ущерба от деградации земель были выполнены в соответствии с формулой (1):

$$Ущ = Нс \times S \times Кэ \times Кс \times Кп + Дх \times S \times Кв \quad (1),$$

где: $Ущ$ - размер ущерба от деградации почв и земель, руб.; $Нс$ – нормативная стоимость участка, руб./га (определялась по величине кадастровой стоимости); $Дх$ - годовой доход с единицы площади, руб./га; S - площадь деградированных почв и земель (га); $Кэ$ - коэффициент экологической ситуации территории; $Кв$ - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению деградированных почв и земель; $Кс$ - коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель; $Кп$ - коэффициент для особо охраняемых территорий.

Показатели, используемые для оценки деградации земель на трех уровнях исследования, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели оценки деградации земель

Самарская область	Похвистневский район	АИЦ «Орловка»
Изменение содержания в почвах: -обменного калия -подвижного фосфора -гумуса		
Данные о кислотности почв отсутствуют	Изменение показателя кислотности почв	

В качестве эталонных почв использовались модели высокого плодородия почв, преобладающих на исследуемой территории (Савич и др., 2003). Для Самарской области степень деградации была определена для каждого муниципального района по преобладающему подтипу почв, на уровне Похвистневского района и АИЦ «Орловка» была использована модель чернозема выщелоченного.

2.2.2. Экономика деградации земель

В работе использовалась упрощенная методика Й. фон Брауна. Если соотношение стоимости «бездействия» к стоимости «действия» больше единицы, то восстановление земель экономически оправдано, если же - меньше единицы, то восстановление земель не рентабельно и не окупится в дальнейшем.

Параметры для расчета стоимостей «бездействия» и «действия» были адаптированы для российских реалий и представлены в таблице 3 (Строков и др., 2022).

Таблица 3 – Параметры для расчёта стоимостей «действия» и «бездействия»

Параметр	Адаптированный показатель
z_i - стоимость восстановления высокоценного растительного покрова i	размер ущерба от деградации земель
x_i - стоимость ухода за растительным покровом i	затраты текущего землепользования
$x_j^* p_j$ - значение упущенной выгоды от использования низкоценного растительного покрова j при его замещении.	выручка от текущего землепользования

Ставка дисконтирования принимается равной 1,10 (Семенюк, 2023). Было рассмотрено два горизонта планирования: краткосрочный – 6 лет и долгосрочный – 20 лет.

2.2.3. Методология НБДЗ

Для каждого уровня были применены индивидуальные подходы к оценке НБДЗ, но логика исследования была одинаковой для всех объектов исследования: подсчет глобальных индикаторов с помощью модуля TE, проверка полученных данных, корректировка полученных данных при необходимости с помощью дистанционных методов или фондовых данных, разработка региональных индикаторов, подсчет региональных индикаторов, подсчет индикатора ЦУР 15.3.1 и индекса НБДЗ. Значения «глобальных» индикаторов рассчитывались с помощью модуля Trends.Earth (TE). Период оценки составлял 15 лет (с 2005 г. по 2020 г.).

Оценка достижения НБДЗ осуществлялась с помощью индекса НБДЗ (%) (Лобковский и др. 2022), который представляет собой разность улучшенных и деградированных территорий. Если величина индекса НБДЗ больше нуля, то нейтральный баланс на территории достигнут, и - наоборот, если индекс НБДЗ меньше нуля.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель

Для расчета ущерба были использованы экономические показатели, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Кадастровая стоимость (Нс) и доход от растениеводческой деятельности (Дх) для трех уровней исследования

Экономические показатели	Самарская область	Похвистневский муниципальный район	АИЦ «Орловка»
Нс, руб./га	15 000-43 300	30 300	14 500
Дх, руб./га	5 200	9 302	19 440

3.1.1 Оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель Самарской области

Удельный ущерб имеет большой разброс значений между муниципальными районами. Наибольшая величина удельного ущерба от деградации почв и земель приходится на Безенчукский (50 385 руб./га) и Кинель-Черкасский (56 261 руб./га) районы. Наименьший ущерб по области приходится на Похвистневский (22 807 руб./га) и Алексеевский (24 095 руб./га) районы. Общий ущерб от деградации почв и земель для Самарской области в целом составил 195 852 000 тыс. руб. (33 473 руб./га).

Наибольший вклад в величину ущерба вносит показатель уменьшения содержания подвижного фосфора, а наименьший – показатель уменьшения содержания обменного калия. Зависимости между размером ущерба и доминирующим типом почв не прослеживается. Таким образом, можно предположить, что величину ущерба от деградации почв и земель определяет в большей степени уровень агротехники и эффективность землепользования.

3.1.2. Оценка ущерба/вреда для Похвистневского района

Общий ущерб от деградации почв и земель на территории Похвистневского района составил 5 649 723 960 руб. (24 922 руб./га). Наибольший вклад в ущерб вносит показатель уменьшения содержания подвижного фосфора, а наименьший – показатель изменения кислотности почв.

3.1.3. Оценка ущерба/вреда АИЦ «Орловка»

Общий ущерб от деградации почв и земель на территории АИЦ «Орловка» составил 149 299 439 руб. (29 962 руб./га).

Величина удельного ущерба для АИЦ «Орловка» выше, чем величина удельного ущерба для Похвистневского района. При этом размер ущерба

вырастает в большей степени не за счет развития деградационных процессов, а за счет высокой выручки от растениеводческой деятельности хозяйства.

3.2. Экономика деградации земель

Значения параметров, необходимых для расчета стоимости «действия» и стоимости «бездействия» представлены в таблице 5.

Таблица 5 — Показатели для расчета «действия/бездействия»

Показатели, руб./га	Самарская область	Похвистневский район	АИЦ «Орловка»
Выручка «дорогой» (восстановленной) земли	40 647	36 848	46 131
Затраты на восстановление от ущерба	33 138	24 922	29 962
Затраты на ежегодный уход за восстановленной землей	12 165	14 848	24 513
Выручка от фактического типа землепользования	13 046	9 302	19 440

3.2.1 Оценка «действия/бездействия» для территории Самарской области

Для периода 6 лет применение мер по восстановлению деградированных земель нерентабельно и не окупится для области, но окупится для периода 20 лет (табл. 6).

Таблица 6 – Оценка «действия/бездействия» для Самарской области

Показатель	Период планирования, лет	
	6	20
Стоимость «действия», руб./га	125 881	218 875
Стоимость «бездействия», руб./га	120 208	234 979
Соотношение стоимости «бездействия» к стоимости «действия»	0,95	1,1

3.2.2. Оценка «действия/бездействия» для территории Похвистневского муниципального района

Для долгосрочного и краткосрочного периодов восстановление деградированных территорий в Похвистневском районе экономически выгодно (табл. 7). Это связано с низкой продуктивностью земель при текущем землепользовании.

Таблица 7 – Оценка «действия/бездействия» для Похвистневского района

Показатель	Период планирования, лет	
	6	20
Стоимость «действия», руб./га	117 601	208 878
Стоимость «бездействия», руб./га	119 972	234 518
Соотношение стоимости «бездействия» к стоимости «действия»	1,0	1,1

3.2.3. Оценка «действия/бездействия» для территории АИЦ «Орловка»

Согласно расчетам на уровне агрохозяйства, внедрение мер по восстановлению деградированных земель нерентабельно как в краткосрочной перспективе, так и в долгосрочной (табл. 8). Экономическая нецелесообразность связана с достаточно низкой стоимостью «бездействия», которая является следствием высокой стоимости «деградированной» земли, которая объясняется высокой продуктивностью текущего землепользования хозяйства, которая благодаря рациональному и высокотехнологичному подходу к ведению землепользования обеспечивает высокую урожайность и, как следствие, высокую выручку от реализации продукции.

Таблица 8 – Оценка «действия/бездействия» для АИЦ «Орловка»

Показатель	Период планирования, лет	
	6	20
Стоимость «действия», руб./га	203 631	377 414
Стоимость «бездействия», руб./га	116 246	227 236
Соотношение стоимости «бездействия» к стоимости «действия»	0,6	0,6

3.3. Оценка НБДЗ

3.3.1. *Корректировка и адаптация глобальных индикаторов НБДЗ согласно местным условиям*

Для увеличения достоверности получаемых данных с помощью модуля ТЕ индикаторы наземного покрова и продуктивности земель были скорректированы согласно местным условиям.

Заращение пахотных территорий было отмечено как отрицательный процесс изменения наземного покрова (по умолчанию является положительным), поскольку в этом случае земли не используются по своему прямому назначению.

Для уменьшения погрешности динамики продуктивности вследствие практик севооборотов периоды сравнения подиндикатора «состояние» продуктивности по умолчанию (рис. 1, а) были изменены согласно наиболее распространённой схеме севооборотов на территории Самарской области. Таким образом между собой сравнивались периоды, состоящие из полного

цикла севооборота, что нивелирует разницу показателя NDVI между разными культурами (рис.1, б).



Рисунок 1 – Начальный и текущий периоды а – «по умолчанию» б – с учетом местных условий

3.3.2. Оценка НБДЗ Самарской области в целом

3.3.2.1. Расчет с использованием глобальных индикаторов по материалам международных баз данных «по умолчанию», их критическая оценка и модификация

Анализ динамики **наземного покрова** показал, что данные, полученные с помощью модуля ТЕ, схожи с данными национальной статистики и достоверны на уровне области.

К основным отрицательным процессам относятся зарастание пашни малоценными древесными породами, а также расширение территорий застройки. К положительному – процесс введения в сельскохозяйственный оборот ранее заросших территорий.

Продуктивность. Расчеты изменения продуктивности на территории области представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Динамика продуктивности сельскохозяйственных земель Самарской области за период 2005–2020 гг.

Сельскохозяйственные земли	Площадь, км ²
Улучшенные	1 382
Стабильные	35 802
Дегradированные	5 433

Снижение продуктивности характерно для территорий, на которых протекают эрозионные процессы. Повышение продуктивности земель приурочено к введению орошения на полях, высадке многолетних насаждений на бывших залежах и зарастанием пахотных территорий кустарниковой растительностью.

Индикатор динамики продуктивности на уровне области в целом отражает общие и значительные тренды территории области.

Использование данных модуля ТЕ для расчета динамики содержания **почвенного органического углерода** не подходит для территорий со стабильным наземным покровом. Данный индикатор был заменен на показатель динамики содержания гумуса в 30-см слое (табл. 10).

Таблица 10 – Доля деградированных и улучшенных земель по показателю динамики содержания гумуса

Земли	Доля земель, %
Улучшенные	15,3
Стабильные	68,2
Ухудшенные	16,5

3.3.2.2. Расчет региональных индикаторов НБДЗ на уровне Самарской области

Урожайность. Анализ динамики урожайности зерновых согласно национальной статистике в период с 2005 по 2020 год показывает, что в целом по области сохраняется положительная тенденция (рис. 2).



Рисунок 2 – Динамика урожайности зерновых культур Самарской области

Динамика содержания обменного калия и подвижного фосфора.

Данные агрохимической службы показали, что по данным показателям преобладают улучшенные и стабильные территории (табл. 11).

Таблица 11 – Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах Самарской области

Земли	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	Обменный калий (K ₂ O)
Улучшенные, %	69,96	39,30
Стабильные, %	12,34	39,17
Ухудшенные, %	13,66	17,49
Нет данных, %	4,04	4,04

Позитивные результаты на территории области были достигнуты регулярным внесением достаточного количества удобрений.

Эрозия почв. Для оценки индикатора эрозии почв космические снимки высокого разрешения были сопоставлены с крутизной склонов территорий, оцениваемых по картам уклонов, составленных на базе цифровых моделей рельефа. С учетом этого подхода, площадь территорий, подверженных эрозии почв или опасных в отношении её развития на сельскохозяйственных землях, составляет 6 639 км² (15,57 % от общей площади области) – рисунок 3.

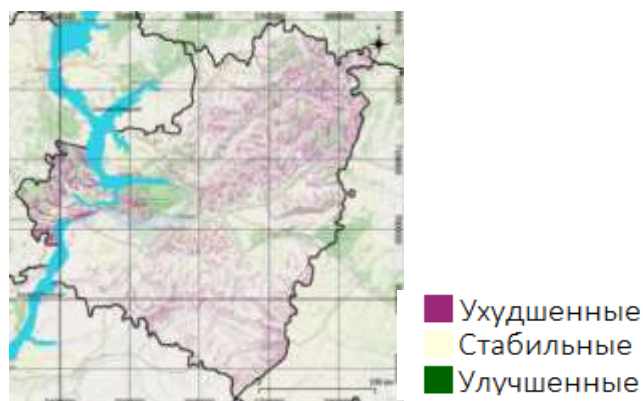


Рисунок 3 – Индикатор эрозии почв Самарской области

3.3.2.3. Расчет индикатора ЦУР 15.3.1 для уровня Самарской области

Индикатор ЦУР 15.3.1. был рассчитан тремя методиками: базовой (расчет с помощью модуля TE), модифицированной (индикатор изменения запасов ПОУ был заменен на индикатор изменения содержания гумуса в почве) и адаптированной методикой (использованы глобальные модифицированные индикаторы и региональные). Согласно полученный данным НБДЗ не

достигнут на территории Самарской области вне зависимости от используемого способа расчета (табл. 12, рис. 4).

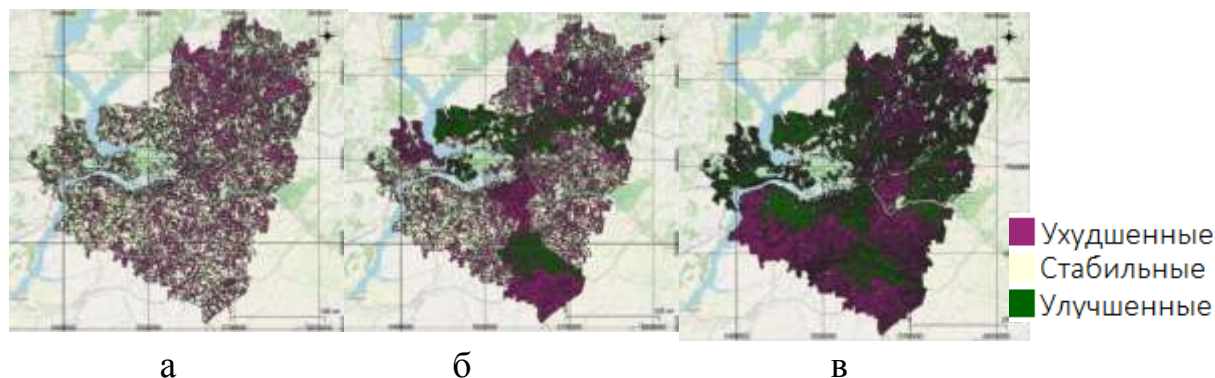


Рисунок 4 – Интегральная оценка деградации земель Самарской области:

а – базовая; б – модифицированная; в – адаптированная методики

Таблица 12 – Индикатор ЦУР 15.3.1. на территории Самарской области

Земли	Базовая	Модифицированная	Адаптированная
	%		
Улучшенные	3,16	17,13	27,94
Стабильные	83,59	38,22	0,00
Ухудшенные	13,18	44,58	71,99
Индекс НБДЗ	-10,01	-27,44	-44,05

3.3.3. Оценка НБДЗ Похвистневского района

3.3.3.1. Подсчет глобальных индикаторов по умолчанию, их критическая оценка и модификация

Наземный покров. Изменения наземного покрова в районе незначительны. Наиболее распространены процессы: переходы из леса в пашню, зарастание пашни, а также переход из лесов в травянистые сообщества и травянистых сообществ зарастание древесной растительностью.

Анализ глобальных индикаторов показал, что **продуктивность** земель отражает процессы снижения продуктивности из-за развития эрозионных процессов, а также увеличение продуктивности за счет намыва гумуса.

Оценка динамики **ПОУ** производилась по тому же принципу, что и на уровне Самарской области. Согласно агрохимическим данным, происходит увеличение средневзвешенного содержания гумуса с 5,1% до 5,3%. Поскольку средневзвешенное содержание гумуса увеличиваются незначительно, можно

принять индикатор содержания почвенного органического углерода стабильным.

3.3.3.2. Подбор и расчет региональных индикаторов НБДЗ на уровне Похвистневского района

Динамика **урожайности** в Похвистневском районе за 2005-2020 годы в целом положительна. Но даже с увеличением урожайности со временем в районе не достигнут уровень нормативной урожайности района.

Динамика содержания обменного калия и подвижного фосфора. Согласно данным агрохимической службы, средневзвешенное содержание обменного калия в почве увеличилось с 139 мг/кг до 181 мг/кг. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в почве также увеличивается за исследуемый период с 71 мг/кг до 108 мг/кг.

Эрозия почв. Индикатор эрозии почв был рассчитан аналогичным методом, описанным выше. На основе данного подхода были определены территории деградированные по индикатору эрозии, они составляют 576 км² (37,31%) (рис. 5).

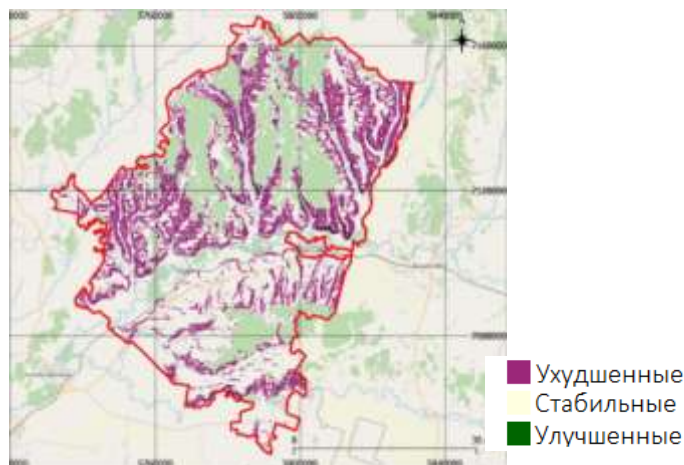


Рисунок 5 – Индикатор эрозии на территории Похвистневского района за период

3.3.3.3. Расчет индикатора ЦУР 15.3.1 на уровне Похвистневского района

Индикатор ЦУР 15.3.1 был рассчитан по базовой и адаптированной методикам, в которую был включен региональный индикатор эрозии почв. НБДЗ не достигнут на территории района вне зависимости от выбора методики (табл. 13, рис. 6).

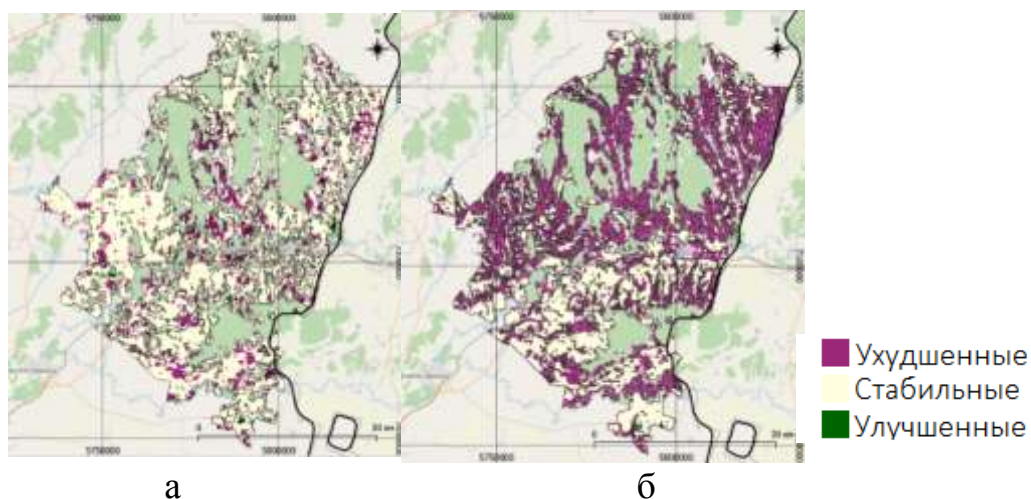


Рисунок 6 – Индикатор ЦУР 15.3.1 на территории Похвистневского района, а– базовая методика; б– адаптированная методика

Таблица 13 – Индикатор ЦУР 15.3.1 на территории Похвистневского района

Земли	Базовая,	Адаптированная
	%	
Улучшенные	1,13	0,73
Стабильные	84,03	50,54
Ухудшенные	14,80	48,70
Индекс НБДЗ	-13,67	-47,97

3.3.4. Оценка НБДЗ АИЦ «Орловка»

3.3.4.1. Подсчет глобальных индикаторов «по умолчанию», их критическая оценка и модификация

Наземный покров. Поскольку наземный покров хозяйства в рамках выделенных категорий ТЕ относится к сельскохозяйственным угодьям, то показатель изменений наземного покрова можно считать стабильным.

Продуктивность земель. Данные динамики продуктивности за 2005-2020гг. представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Динамика продуктивности земель

Земли	км ²	%
Улучшенные	13,8	34,59
Стабильные	0,10	0,28
Ухудшенные	26,0	65,13

Влияние выбора базовой линии на нейтральный баланс деградации земель

Были рассмотрены разные подходы к выбору базовой линии для подиндикатора «состояние» продуктивности и результаты изменения продуктивности в зависимости от базовой линии. В 2013 году хозяйство «Орловка» взяло курс на устойчивое землепользование, первыми шагами которого было введение новой системы обработки почв no-till. Таким образом, при рассмотрении 15-летнего периода могут возникать погрешности из-за не учитываемых изменений в землепользовании внутри рассматриваемого периода (табл. 14).

Таблица 14 – Динамика «состояния» продуктивности на территории АИЦ Орловка: а – изменения за 15 лет, б – изменения при смене одной агротехники на другую, в – изменения, происходящие при одной агротехнике

	Улучшенные	Стабильные	Ухудшенные
		%	
А	0,00	18,69	81,21
Б	0,09	51,22	48,87
В	0,00	16,46	83,64

Показатель «проявление» продуктивности, отражающий состояние территории относительно аналогичной, при расчете с помощью модуля ТЕ имеет недостаточно крупный масштаб для уровня хозяйства и все территории хозяйства определяет как стабильные. Для получения более детальной картины по данному показателю были использованы космические снимки Landsat, с их помощью были выделены стабильные (95,52%), улучшенные (0,50%) и ухудшенные (3,98%) территории для всей территории хозяйства (рис. 7).

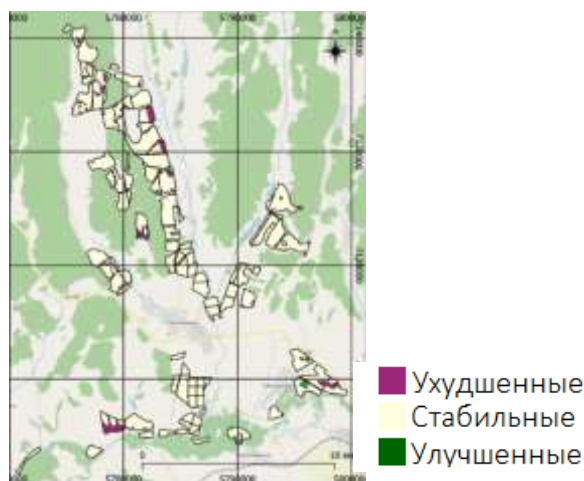


Рисунок 7 – Динамика «проявление» продуктивности АИЦ «Орловка»

Почвенный органический углерод. Для оценки динамики органического вещества было предложено использовать калькулятор баланса углерода EX_Ast. В основе расчетов лежит сравнение потоков углерода с использованием той или иной технологии и без технологии.

За сценарий без технологии принимается традиционное ведение сельского хозяйства без орошения, использования удобрений и с небольшим использованием гербицидов. Измененная технология хозяйства включает в себя использование технологии no-till, частичное орошение культур, оставление пожнивных остатков на полях, использование азотных удобрений и гербицидов.

Согласно расчетам при изменении технологии ведения хозяйства происходит ежегодное депонирование углерода в почве 0,9 т/га, что превосходит депонирование углерода при традиционном ведении сельского хозяйства (0,2 т/га).

3.3.4.2. Расчет региональных индикаторов НБДЗ на уровне АИЦ «Орловка»

Урожайность. Для сельскохозяйственных земель основным показателем продуктивности земель является урожайность.

Динамика урожайности с 2013 по 2020 год является положительной по всем культурам, которые высеваются на 2020 год, что говорит о том, что агротехника в хозяйстве совершенствуется (рис.8).

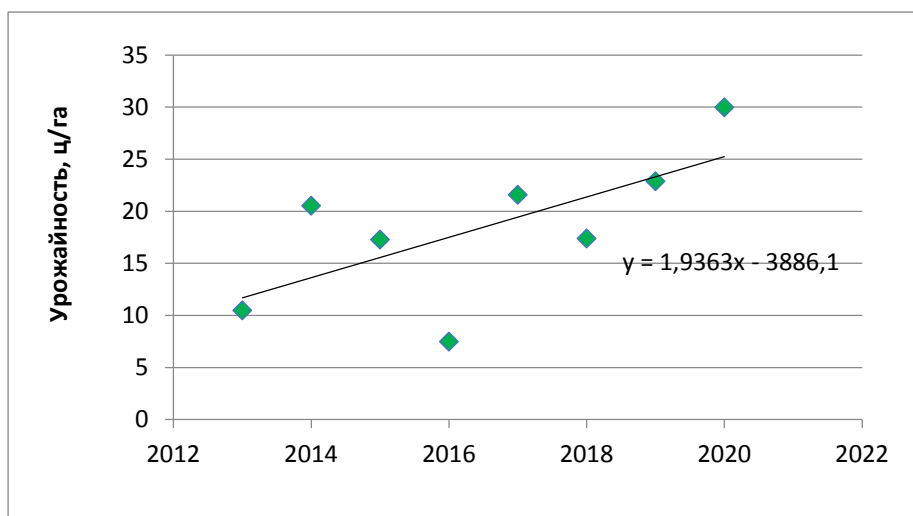


Рисунок 8 – Динамика урожайности твердой пшеницы среднее по культуре АИЦ «Орловка»

Эрозия почв. С 2005 г. по 2020 г. длина промоин увеличилась на 19,1% от первоначальной длины промоин, а количество смытых территорий увеличилось на 25,8% от состояния на 2005 год (рис. 9). Развитие промоин и смытых территорий определяются как отрицательная динамика индикатора эрозии почв.



Рисунок 9 – Проявления эрозионных процессов в почвах на территории АИЦ «Орловка»

3.3.4.3. Расчет индикатора ЦУР 15.3.1 на уровне АИЦ «Орловка»

В таблице 15 представлены значения деградированных, стабильных и улучшенных территорий, полученных тремя методиками: базовой (используются глобальные индикаторы, полученные с помощью модуля TE), модифицированной (используются модифицированные глобальные индикаторы: продуктивность выражена только через «траекторию» продуктивности и «проявление» продуктивности, «проявление» продуктивности рассчитано в более крупном масштабе с использованием снимков Landsat) и адаптированной (используются модифицированные глобальные индикаторы и региональные индикаторы: динамика урожайности, развитие эрозии) (рис. 10).

Таблица 15 – Индикатор ЦУР 15.3.1 для АИЦ «Орловка»

	Базовая		Модифицированная		Адаптированная	
	км ²	%	км ²	%	км ²	%

Всего земель	39,9	100,00	39,9	100,0	39,9	100,00
Улучшенные	0,1	0,28	0,1	0,21	18,3	45,85
Стабильные	13,8	34,59	24,0	60,18	0	0
Ухудшенные	26,0	5,13	15,8	39,61	21,6	54,15
Индекс НБДЗ	-64,85%		-39,40%		-8,28%	

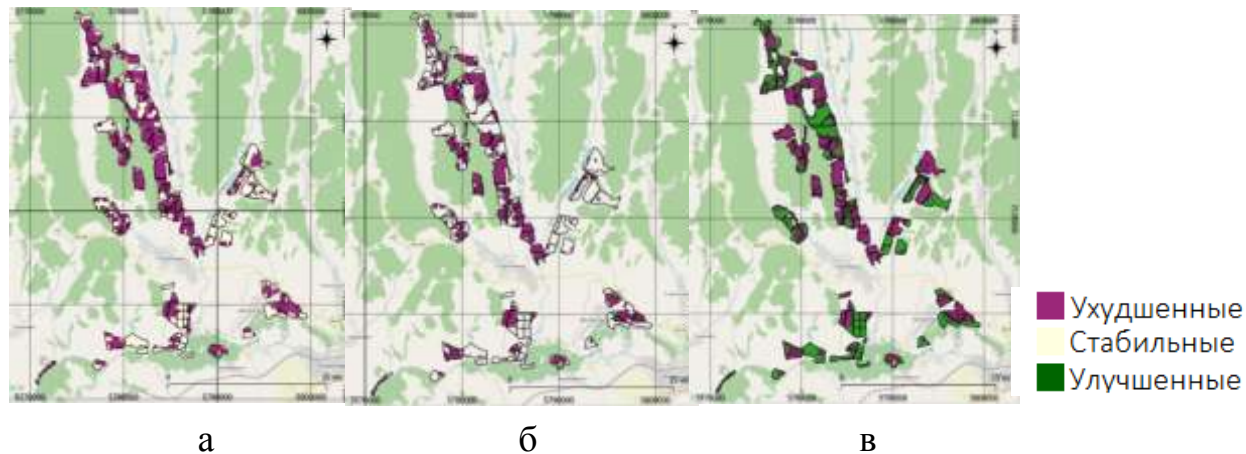


Рисунок 10. Индикатор ЦУР 15.3.1 а– базовая методика, б –модифицированная методика в – адаптированная методика

3.4. Сопоставление подходов разных методов оценки состояния земель

Разные подходы методик определяют неоднозначные результаты. При почти равном удельном ущербе от деградации земель на всех трех уровнях исследования индекс НБДЗ и соотношение действия/бездействия различны на трех уровнях исследования. Данное различие вызвано набором показателей, которые рассматриваются в той или иной методике: для ущерба – показатели агроистощения, показатели стоимости земель, для действия/бездействия – экономические показатели ведения землепользования, для НБДЗ – показатели состояния растительного покрова и почв.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассчитанный удельный ущерб от деградации земель Самарской области является небольшим (26 тыс. руб./га) по сравнению с другими регионами Европейской части России (Макаров и др., 2022, 2023), что говорит об относительно небольшом отличии состояния почв от состояния эталона. При этом нельзя утверждать об отсутствии деградационных процессов в почвах и землях на территории Самарской области, о чем свидетельствует

отрицательный баланс деградации земель. Оценка с учетом подходов «действия/бездействия» показала, что Самарская область недополучает часть прибыли от сельского хозяйства в результате развития деградационных процессов.

При оценке НБДЗ базовой методикой при помощи ТЕ в режиме «по умолчанию» наиболее значимым глобальным индикатором для оценки деградации земель на всех уровнях исследования является индикатор динамики продуктивности земель, в то время как другие глобальные индикаторы являются по большей части стабильными. Индикатор динамики продуктивности достаточно точно показывает реальные изменения, происходящие на исследуемой территории. При этом не всегда формальное снижение NDVI означает ухудшение состояния растительности. Поэтому, особенно для сельскохозяйственных земель, полезно использование дополнительного индикатора, отражающего продуктивность – индикатора динамики урожайности. Следовательно, для оценки НБДЗ на территории Самарской области необходимо учитывать как глобальные, так и региональные индикаторы.

ВЫВОДЫ

1. Оценка ущерба, вызванного деградацией почв и земель, позволила выявить сопоставимые значения удельного ущерба для трех уровней административно-хозяйственной структуры Самарской области, основываясь на показателях снижения содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия, а также изменения кислотности: на уровне региона в целом – 33 473 руб./га, на уровне Похвистневского муниципального района – 24 922 руб./га, на уровне Агро-инновационного центра «Орловка» – 29 962 руб./га.
2. При использовании методики экономики деградации земель по Й. фон Брауну было установлено, что в краткосрочном периоде планирования (6 лет) восстановление земель нерентабельно для Самарской области в целом и АИЦ «Орловка» и рентабельно для Похвистневского

муниципального района. При долгосрочном планировании (20 лет) восстановление земель становится рентабельным для всей Самарской области, и остается нерентабельным для АИЦ «Орловка» и рентабельным для Похвистневского района.

3. Использование различных подходов к эколого-экономической оценке деградации земель на трех уровнях административно-хозяйственной структуры Самарской области дало возможность выявить характерные черты развития процессов деградации в прошлом (метод НБДЗ), в настоящем (оценка ущерба) и прогнозировать их в будущем (методика Й. фон Брауна). Поэтому, несмотря на отсутствие прямых зависимостей между рассмотренными методами, противоречия между ними нет, поскольку они предоставляют разную информацию о состоянии земель, их динамики и возможных путей использования.
4. Согласно базовой методике расчета индикатора ЦУР 15.3, НБДЗ не достигнут ни на одном уровне исследования. Индекс НБДЗ для Самарской области составляет «-10,02%», для Похвистневского муниципального района – «-13,67%», для АИЦ «Орловка» – «-64,85%». При проверке адекватности расчетов, подсчитанных при помощи модуля Trends.Earth, было выявлено, что показатель продуктивности отражает общие тренды изменений на уровне области и муниципального района. Продуктивность на уровне агрохозяйства не отражала основных изменений, связи с особенностями хозяйства. Показатель изменения наземного покрова отвечал реальным изменениям территории на всех уровнях. Показатель изменения запасов ПОУ не отражал действительных трендов, происходящих на территории ни на одном из уровней исследования.
5. Использование модифицированной методики показало, что НБДЗ не достигнут на всех уровнях исследования. Индекс НБДЗ на уровне Самарской области составляет «-27,45%», на уровне хозяйства «Орловка»

- «-39,4%». Подсчет по модифицированной методике на уровне муниципального района не представляется возможным.
6. Адаптированная методика применялась с введением следующих региональных показателей: динамика урожайности, динамика доступных форм калия и фосфора, динамика развития эрозионных процессов. Расчеты показали, что НБДЗ не достигнут на всех уровнях исследования: для Самарской области индекс НБДЗ составляет «-44,05%», для Похвистневского района – «-47,97%», для АИЦ «Орловка» – «-8,28%».
 7. Наиболее выраженным показателем деградации почв и земель на всех уровнях исследования Самарской области является уменьшение содержания подвижных форм фосфора по сравнению с эталонными значениями.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

Научные статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальностям 1.5.19. Почвоведение и 1.5.15. Экология отрасли биологических наук:

1. **Беляева М.В.**, Куст Г.С., Андреева О.В. Оценка нейтрального баланса деградации земель Самарской области с помощью глобальных и региональных индикаторов // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2023. — №3. — С. 16–27. EDN: PDUAI. Импакт-фактор 0,775 (РИНЦ). 0,28 п.л. из 0,8 п.л.
[Belyaeva M.V., Kust G.S., Andreeva O.V. Assessment of the land degradation neutrality in the Samara region by global and regional indicators // Moscow University Soil Science Bulletin. — 2023. — № 3. — P. 16–27.]
2. **Беляева М.В.**, Макаров О.А., Абдулханова Д.Р. Оценка ущерба от деградации почв и земель Самарской области на уровне региона, муниципального района и агрохозяйства // Земледелие. — 2022. — № 8. — С. 3–7. EDN: JHTBWF. Импакт-фактор 1,678 (РИНЦ). 0,18 п.л. из 0,53 п.л.
3. **Беляева М.В.**, Строков А.С., Макаров О.А., Абдулханова Д.Р., Кубарев Е.Н. Оценка «действия/бездействия» на трех иерархических уровнях организации Самарской области: регион в целом, муниципальный район и агрохозяйство // Агрехимический вестник. — 2023. — № 2. — С. 24–27. EDN: WOFNEY. Импакт-фактор 0,617 (РИНЦ). 0,09 п.л. из 0,34 п.л.
4. Макаров О.А., Абдулханова, Д.Р., Карпова, Д.В., Красильникова, В.С., Марахова, Н.А., Крючков, Н.Р., Чекин М.Р., **Беляева М.В.**, Балджиев А.С. Оценка ущерба от деградации почв и земель на трех иерархических

- уровнях административно-хозяйственного устройства Российской Федерации: субъектов, муниципальных образований и агрохозяйств // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2023. — № 2. — С. 86–93. EDN: YOWCDU. Импакт-фактор 0,775 (РИНЦ). 0,13 п.л. из 1,0 п.л.
- [Makarov O.A., Abdulkhanova D.R., Karpova D.V., Krasilnikova V.S., Marakhova N.A., Kryuchkov N.R., Chekin M.R., Belyaeva M.V., Baldjiev A.S. Assessment of damage from soil and land degradation at three hierarchical levels of the administrative and economic structure of the Russian Federation: Subjects, municipalities, and agricultural farms // Moscow University Soil Science Bulletin. — 2023. — № 2. — P. 149–155.]
5. Макаров О.А., Карпова Д.В., Абдулханова Д.Р., Чекин М.Р., **Беляева М.В.**, Крючков Н.Р., Красильникова В.С. Временной аспект эколого-экономической оценки деградации земель // Агрехимический вестник. — 2024. — №4. — С. 33-38. EDN: GWXXXB. Импакт-фактор 0,617 (РИНЦ). 0,11 п.л. из 0,75 п.л.
 6. Черкасова О.В., Строков А.С., Цветнов Е.В., Карпова Д.В., **Беляева М.В.**, Чекин М.Р., Марахова Н.А. Вопросы оценки продовольственной безопасности в Российской Федерации // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. — 2023. — № 2. — С. 117–128. EDN: JMCWCC. Импакт-фактор 0,775 (РИНЦ). 0,17 п.л. из 1,2 п.л.
[Cherkasova O.V., Strokov A.S., Tsvetnov E.V., Karpova D.V., Belyaeva M.V., Chekin M.R., Marakhova N.A. Issues of Food-Security Assessment in the Russian Federation // Moscow University Soil Science Bulletin. — 2023. — № 2. — P. 177–186.]
- Прочие публикации:*
7. **Беляева М.В.**, Андреева О.В., Куст Г.С., Лобковский В.А. Опыт оценки динамики деградации земель юга европейской части России с использованием методологии нейтрального баланса деградации земель // Экосистемы: экология и динамика. — 2020. — Т. 4, № 3. — С. 145–165. EDN: AWQTRJ. Импакт-фактор 0,367 (РИНЦ). 0,27 п.л. из 1,06 п.л.
 8. Макаров О.А., Строков А.С., Кузнецов М.С., Абдулханова Д.Р., **Беляева М.В.** Пути усовершенствования методологии экономики деградации земель // Использование и охрана природных ресурсов в России. — 2023. — № 2(174). — С. 74–79. — EDN: IJRVV. Импакт-фактор 0,231 (РИНЦ). 0,21 п.л. из 1,05 п.л.
 9. Макаров О.А., Абдулханова Д.Р., Балджиёв А.С., **Беляева М.В.**, Карпова Д.В., Красильникова В.С., Крючков Н.Р., Марахова Н.А., Строков А.С., Цветнов Е.В., Цветнова О.Б., Чекин М.Р., Черкасова О.В. Экономика деградации земель и продовольственная безопасность регионов России — Москва: ООО МАКС Пресс, 2022. — 320 с. EDN: TJSJVI. 2 п.л. из 26 п.л.