

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)**

1.5.19. Почвоведение (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Москва – 2025

Работа выполнена на кафедре эрозии и охраны почв факультета почвоведения
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Научные руководители

Макаров Олег Анатольевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой эрозии и охраны почв

Куст Герман Станиславович – доктор биологических наук, доцент, отдел физической географии и проблем природопользования ФГБУН «Институт географии РАН», главный научный сотрудник

Официальные оппоненты

Защита диссертации состоится «__» _____ 2024 г. в _____ часов _____ минут на заседании диссертационного совета МГУ.015.3(МГУ 03.05) Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова на факультете почвоведения по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова, 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 также в электронном виде на сайте ИАС «ИСТИНА»: <https://istina.msu.ru/dissertations/>

Автореферат разослан _____

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат биологических наук _____ Парамонова Т. А.

Актуальность: Разрушительные последствия деградации почв и земель оказывают прямое влияние на устойчивость экологических систем, сельскохозяйственное производство и доходы населения. Согласно отчету специального издания ООН о Показателях достижения Целей устойчивого развития (2019), деградация земель является одной из главных экологических проблем, с которыми сталкиваются во многих странах мира. Результаты глобального обзора состояния земель ООН (2017) подтверждают, что значительная часть площадей во всем мире подвержена процессам деградации, приводящим к снижению плодородия почв и ухудшению условий для сельскохозяйственного производства.

В России борьба с опустыниванием и деградацией земель также является одним из приоритетных направлений защиты окружающей среды и социально-экономической сферы (Лобковский и др., 2020). 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).

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) 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 оценки нейтрального баланса деградации земель (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.

Научная новизна: впервые при расчете нейтрального баланса деградации земель 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.

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.

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

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, выводов, списка литературы. Материалы работы изложены на 138 страницах, содержат 35 таблиц, 41 рисунок. Список литературы включает 146 источников, в том числе 53 – на иностранном языке.

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

Концептуальная основа оценки деградации земель по методике Й. фон Брауна базируется на сравнении двух сценариев - стоимости «бездействия» и «действия» (Von Braun et al., 2013). При этом «бездействие» в борьбе с деградацией приводит к её продолжению или даже ускорению, а также – к увеличению экономических издержек. Основная цель данной концепции состоит в том, чтобы сравнить затраты и выгоды при введении мер по борьбе с деградацией («действие») с издержками при отсутствии мер по борьбе с деградацией земель («бездействие») (Nkonya et al., 2012a).

1.2.2.2. Нейтральный баланс деградации земель

Для оценки достижения цели 15 устойчивого развития ООН (ЦУР) была разработана методология НБДЗ, позволяющая осуществлять мониторинг деградации земель на глобальном и национальном уровнях. 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, при котором сравниваются два состояния территории: исходное (базовая линия) и текущее. 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 в целом, муниципальный район и хозяйство. В рамках исследования были изучены - Самарская область, Похвистневский муниципальный район

и Агроинновационный центр (АИЦ) «Орловка», расположенный в Похвистневском районе. Характеристика объектов приведена в табл. 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):

$$Ущ = Hc \times S \times Kэ \times Kс \times Kп + Dx \times S \times Kв \quad (1),$$

где: $Ущ$ - размер ущерба от деградации почв и земель, руб.; Hc – нормативная стоимость участка, руб./га (определялась по величине кадастровой стоимости); Dx - годовой доход с единицы площади, руб./га; S - площадь деградированных почв и земель (га); $Kэ$ - коэффициент экологической ситуации территории (составляет 1,9); $Kв$ - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению деградированных почв и земель (составляет 0,9); $Kс$ - коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель; $Kп$ - коэффициент для особо охраняемых территорий (составляет 1).

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

Для определения степени деградации земель по описанным выше показателям использовались пятибалльные шкалы в соответствии с «Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель» (1994).

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 (Строков и др., 2022). Параметры и их адаптации представлены в табл. 3.

Таблица 3. Параметры для расчёта стоимостей «действия» и «бездействия» и их адаптированные показатели.

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 Нейтрального баланса деградации земель

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 ТЕ, проверка полученных данных на адекватность, 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 ТЕ. Период оценки составлял 15 лет (с 2005 г. по 2020 г.) для всех трех уровней исследования.

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 табл. 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., или 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., или 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 табл. 5.

Таблица 5. Показатели для расчета «действия/бездействия»

Показатели, руб./га	Переменная	Самарская область	Похвистневский район	АИЦ «Орловка»
Выручка «дорогой» (восстановленной) земли	$Z_i + X_i$	40 647	36 848	46 131
Затраты на восстановление от ущерба	Z_i	33 138	24 922	29 962
Затраты на ежегодный уход за восстановленной землей	x_i	12 165	14 848	24 513
Выручка от фактического типа землепользования	$p_j * x_j$	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. Высокая стоимость «деградированной» земли в свою очередь 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 нейтрального баланса деградации земель

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)

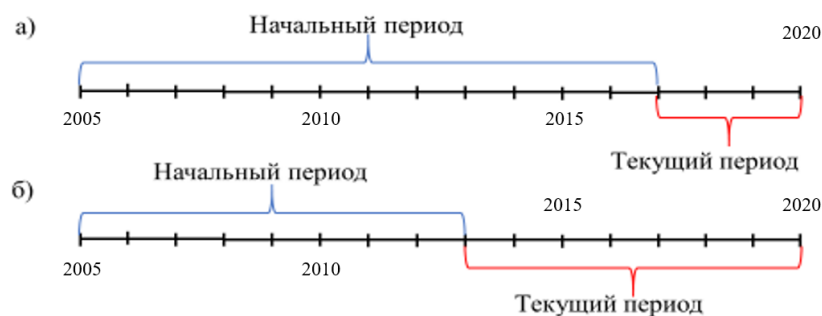


Рисунок 1. Начальный и текущий периоды а) «по умолчанию» б) с учетом местных условий

3.3.2 Оценка нейтрального баланса деградации земель 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. Наибольшую территорию занимают пахотные угодья (79,88%), на леса приходится 13,24%.

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 табл. 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
Деградированные	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, происходящие на 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. Площадь деградированных и улучшенных земель по показателю динамики содержания гумуса

Земли	Доля земель, %
Улучшенные	15,32
Стабильные	68,23
Ухудшенные	16,45

3.3.2.2 Расчет региональных индикаторов НБДЗ на уровне Самарской области

Урожайность. Анализ динамики урожайности зерновых 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	Обменный калий
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 было предложено использовать косвенный показатель. Для этого космические снимки высокого разрешения территорий, на которых происходит развитие эрозионных процессов, были сопоставлены с крутизной склонов данных территорий, оцениваемых по картам уклонов, составленных на базе цифровых моделей рельефа (SRTM). С учетом этого подхода территории, подверженные эрозии или опасные в отношении ее развития на сельскохозяйственных землях, составляют 6 639 км² (15,57 %) территории области (рис. 3).

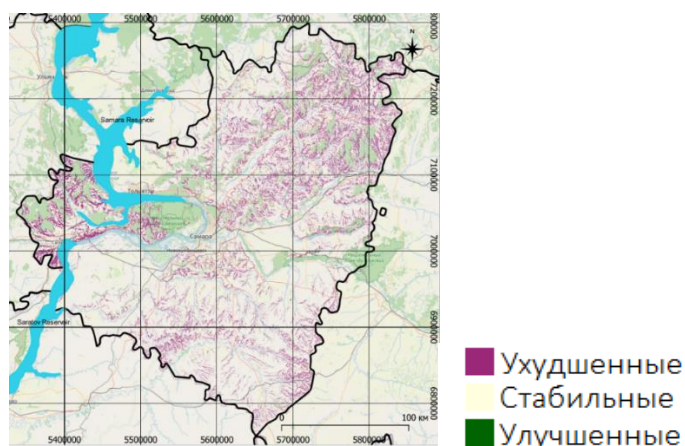


Рисунок 3. Индикатор эрозии Самарской области

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

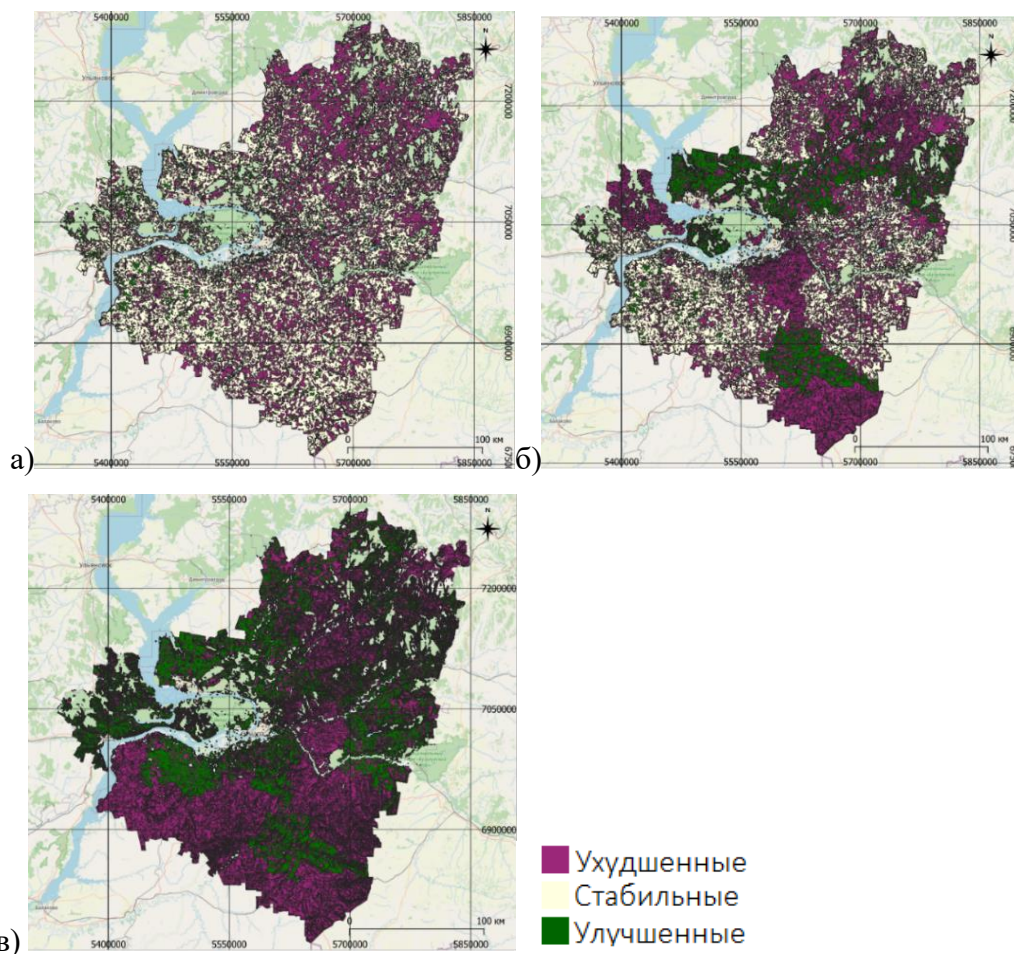


Рисунок 4. Интегральная оценка деградации земель Самарской области: а) базовая, б) модифицированная, в) адаптированная методики

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 нейтрального баланса деградации земель Похвистневского района

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

Наземный покров. Наибольшую территорию занимают пахотные угодья (71,44%), и леса (25,4%). 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 5,07% до 5,3%. Что говорит о вполне благоприятных изменениях на территории района. 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).

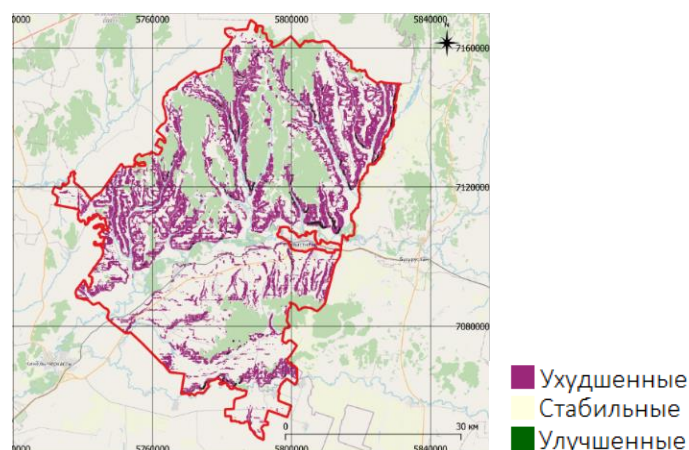


Рисунок 5. Индикатор эрозии на территории Похвистневского района за период 2005-2020 год.

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).

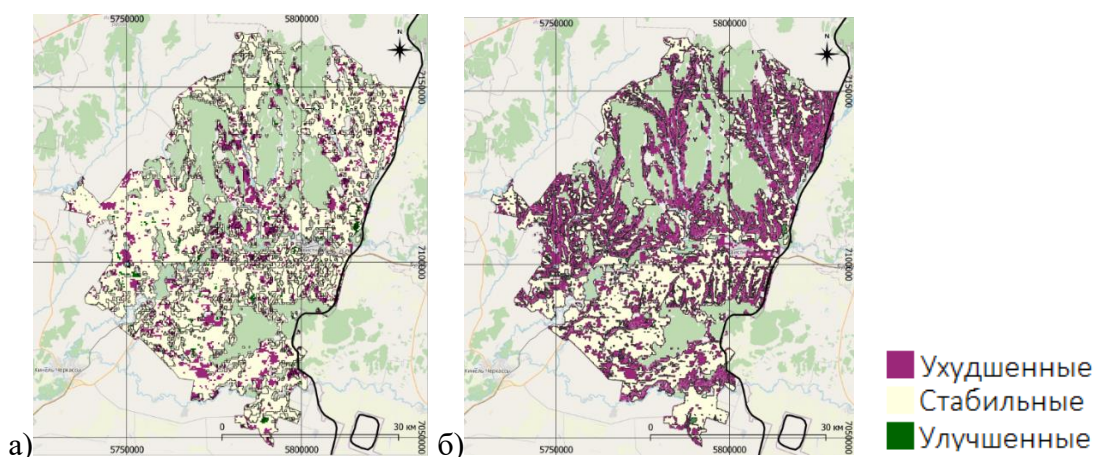


Рисунок 6. Индикатор ЦУР 15.3.1 на территории Похвистневского района, подсчитанный по а) базовой методике; б) адаптированной.

Таблица 13. Индикатор ЦУР 15.3.1 на территории Похвистневского района.

	Базовая	Адаптированная
Улучшенные, %	1,13	0,73
Стабильные, %	84,03	50,54
Ухудшенные, %	14,80	48,7
Индекс НБДЗ, %	-13,67	-47,97

3.3.4. Оценка нейтрального баланса деградации земель 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. Согласно данным, полученным по умолчанию с помощью модуля ТЕ, на территории хозяйства Орловка продуктивность в период с 2005 по 2020 гг. изменялась следующим образом: 26,0 км² (65,13%) территории ухудшились, 13,8 км² (34,59%) остались стабильными и около 0,1 км² (0,28%) улучшились.

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 по-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 (смена с традиционного землепользования на по-till, в) изменения, происходящие при одной агротехнике (динамика продуктивности, оцениваемая в рамках только по-till)

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

В зависимости от выбранного периода оценки, существенно меняется количество деградированных, стабильных и улучшенных земель.

При оценке общей продуктивности на уровне хозяйства спорным показателем является показатель «состояние» продуктивности, поскольку сравнение периодов осложнено севооборотами, которые постоянно модифицируются в исследуемом хозяйстве и происходит изменение периода ротации, а также состав культур, которые имеют разные значения индекса NDVI. Для более точной оценки продуктивности на территории хозяйства за 15 лет был исключен показатель состояние продуктивности.

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).

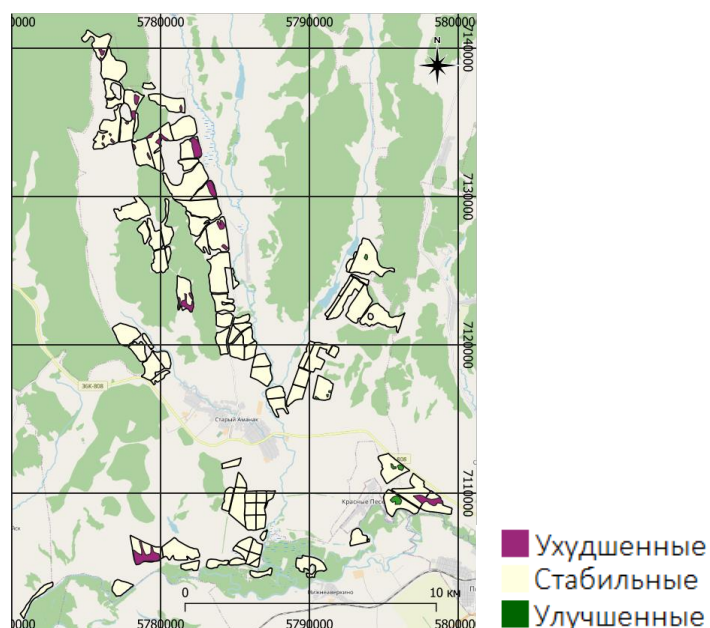


Рисунок 7. Динамика «проявление» продуктивности АИЦ «Орловка» с 2005 до 2020 года.

Почвенный органический углерод. Как было сказано ранее, данные по динамике содержания ПОУ, получаемые с помощью модуля ТЕ, непригодны для уровня области и района, и тем более для более для уровня хозяйства.

Для оценки динамики органического вещества взамен этого было предложено использовать калькулятор баланса углерода EX_Act. 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). Таким образом, использование технологии, применяемые в хозяйстве «Орловка» способствуют накоплению углерода в почве.

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).

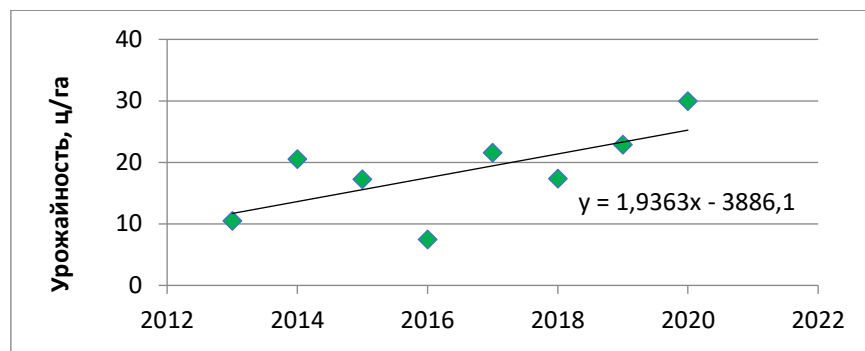


Рисунок 8. Динамика урожайности твердой пшеницы среднее по культуре АИЦ Орловка с 2013 по 2020 гг.

Эрозия почв. С помощью визуального дешифрирования разновременных снимков высокого разрешения была оценена степень проявления эрозионных процессов в почвах хозяйства. С 2005 по 2020 года длина промоин увеличилась на 12 157 м, что составляет около 19,1% от первоначальной длины промоин, а количество смытых территорий увеличилось на 0,78 км², что составляет 25,8% от состояния на 2005 год (рис. 9). Развитие промоин и смытых территорий определяются как отрицательная динамика индикатора эрозии почв.

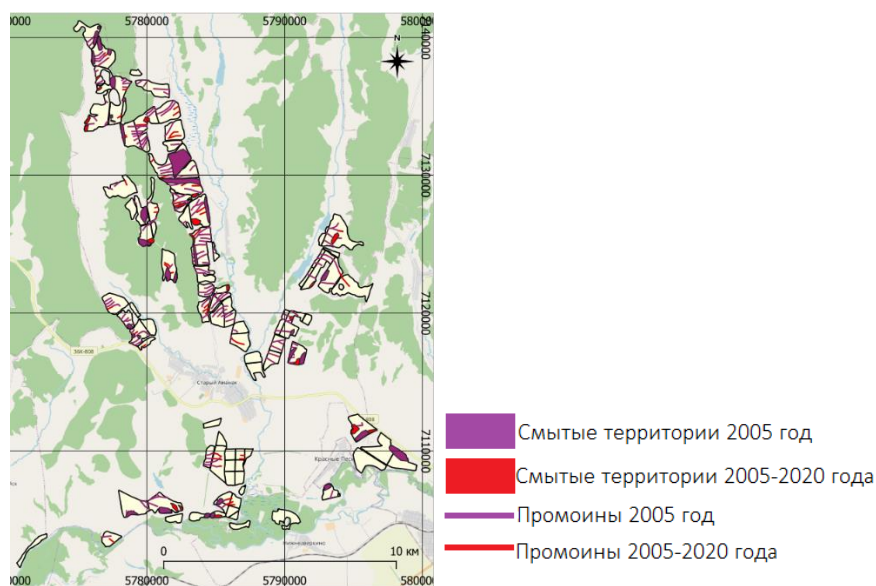


Рисунок 9. Проявления эрозионных процессов в почвах на территории АИЦ «Орловка»

3.3.4.3 Расчет индикатора ЦУР 15.3.1 на уровне агрохозяйства «Орловка»

В табл. 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).

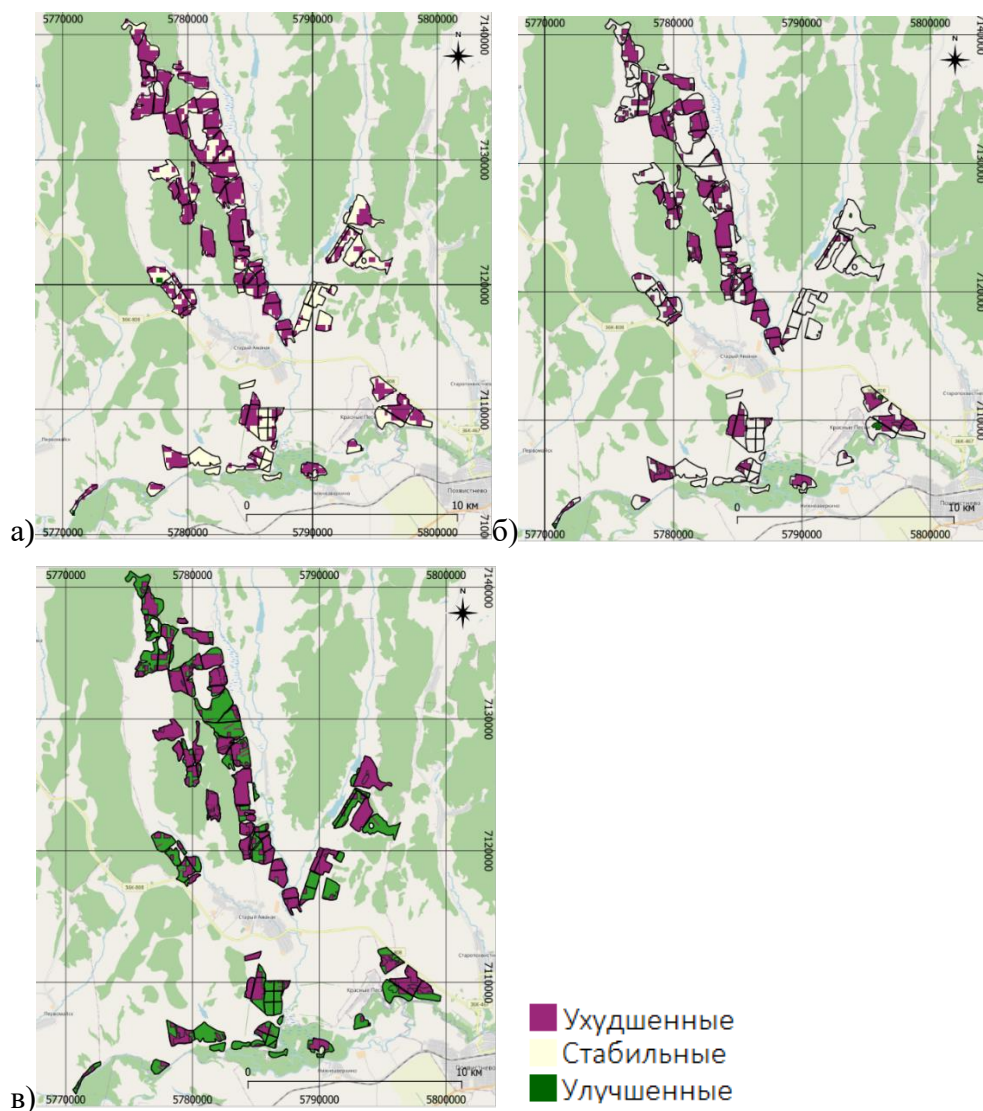


Рисунок 10. Индикатор ЦУР 15.3.1 а) базовая методика, б) модифицированная методика в) адаптированная методика

Таблица 15. Индикатор ЦУР 15.3.1 для АИЦ «Орловка»

Земли	Базовая	Модифицированная	Адаптированная
Улучшенные, %	0,28	0,21	45,85
Стабильные, %	34,59	60,18	0
Ухудшенные, %	5,13	39,61	54,15
Индекс НБДЗ, %	-64,85	-39,4	-8,28

3.4 Сопоставление подходов разных методов оценки состояния земель

Разные подходы методик определяют неоднозначные результаты. Так, 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.

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. Также оценка с учетом подходов «действия/бездействия» показала, что Самарская область недополучает часть прибыли от сельского хозяйства в результате развития деградационных процессов.

Стоит отметить, что адекватная оценка НБДЗ с помощью ТЕ требует введения модификаций, которые определяются особенностями исследуемой территории и масштабом исследования: адаптация показателя динамики наземной продуктивности земель, получаемая при анализе спектрзональных космических снимков, и введение региональных индикаторов, таких как динамика эрозии почв, урожайности, содержания доступных обменного калия и подвижного фосфора.

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 при использовании данного индикатора необходим индивидуальный подход в выборе периодов сравнения, особенно на крупномасштабных исследованиях. 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.

Важнейшим индикатором для территории Самарской области на всех уровнях исследования является индикатор развития эрозионных процессов в почвах, который в

свою очередь влияет на состояние других индикаторов, таких как продуктивность земель, содержание почвенного органического углерода, содержание гумуса, интенсивность увеличения урожайности. С помощью снимков высокого разрешения было установлено, что нет полной остановки в развитии эрозионных процессов, на территории исследуемых объектов увеличивается количество промоин и смытых участков в исследуемый период времени.

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.

Научные статьи, опубликованные в журналах из списков Scopus, WoS, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальностям 1.5.19 (03.02.13) почвоведение:

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. — Т. 78, № №3, 2023. — С. 16–27. DOI: 10.55959/msu0137-0944-17-2023-78-3-16-27. – IF РИНЦ 2022: 0,463. (0,8 п.л./0,3 п.л.)
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. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-8-3-7. – IF РИНЦ 2021: 1,337. (0,53 п.л./0,18 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 // Агрохимический вестник. — 2023. — № 2. — С. 24–27. DOI: [10.24412/1029-2551-2023-2-004](https://doi.org/10.24412/1029-2551-2023-2-004) — IF РИНЦ 2021: 0,699. (0,34 п.л./0,09 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. 10 Серия 17: Почвоведение. — 2023. — Т. 78, № 2. — С. 86–93. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-86-93. – ИФ РИНЦ (2021): 0,463. (1,01 п.л./0,13 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. — Vol. 78, № 2. — P. 149–155. DOI: 10.3103/S0147687423020072 – SJR: 0,18. (1,01 п.л./0,13 п.л.)]

5. 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. — Т. 78, № 2. — С. 117–127. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-117-127. – ИФ РИНЦ 2021: 0,463; (1,2 п.л./0,17 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. — Vol. 78, № 2. — P. 177–186. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-117-127. – SJR: 0,463. (1,2 п.л./0,17 п.л.)]

Другие работы:

6. 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. DOI: 10.24411/2542-2006-2020-10066. – ИФ РИНЦ 2021: 0,620. (1,06 п.л./0,27 п.л.)
7. 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. — С. 74–79. – ИФ РИНЦ 2021: 0,260. (1,05 п.л./0,21 п.л.)
8. Экономика деградации земель и продовольственная безопасность регионов России / Под редакцией О.А. Макарова / Макаров О.А., Абдулханова Д.Р., Балджиев 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. — Москва: ООО МАКС Пресс, 2022. — 320 с. DOI: 10.29003/m3113.978-5-317-06906-3 (26 п.л./0,2 п.л.)