

Научная статья

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-146-152

Т.В. Папаскири¹
С.В. Митрофанов²✉
Н.В. Орлова²
А.Ю. Сошников¹
А.А. Шевчук¹

¹Государственный университет
по землеустройству, Москва, Россия

²Высшая школа экономики, Москва,
Россия

✉ f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Поступила в редакцию:
10.11.2023

Одобрена после рецензирования:
19.01.2024

Принята к публикации:
02.02.2024

Анализ структуры посевных площадей стран Европейского союза с концепции устойчивого земледелия. Германия

РЕЗЮМЕ

Данная работа посвящена анализу влияния изменений в структуре посевных площадей и системе землепользования на устойчивость земледелия Германии. Установлено, что система землеустройства в Германии является децентрализованной, с региональными и местными органами, отвечающими за земельные вопросы. В соответствии с немецким законом о землеустройстве земельные участки должны быть использованы с учетом экологических, экономических и социальных потребностей. Это означает, что использование земли должно быть устойчивым и соответствовать потребностям местных сообществ и экосистем. Германия исторически является одним из крупнейших рынков органической продукции. По состоянию на 2020 г. доля земель под органическим земледелием в стране составляет 9,6% (1592,7 тыс. га). За 2001–2020 гг. площадь земель под органическим земледелием выросла на 56,8%. В целом система землеустройства в Германии является устойчивой и ориентированной на удовлетворение экологических, экономических и социальных потребностей. В стране активно проводятся мероприятия по сохранению и улучшению качества почвы, сокращению использования химических удобрений и пестицидов, сохранению биоразнообразия и сокращению выбросов парниковых газов. Германия также активно развивает органическое земледелие и точное земледелие, что позволяет эффективнее использовать земельные ресурсы и сокращать негативное воздействие на окружающую среду. Однако, несмотря на все эти мероприятия, анализ отчетов Правительства ФРГ, ОЭСР и ФАО свидетельствует, что в стране всё еще сохраняются проблемы с загрязнением водных ресурсов, биоценозов и снижением плодородия почв.

Ключевые слова: устойчивое земледелие, структура посевных площадей, землеустройство

Для цитирования: Папаскири Т.В., Митрофанов С.В., Орлова Н.В., Сошников А.Ю., Шевчук А.А. Анализ структуры посевных площадей стран Европейского союза с концепции устойчивого земледелия. Германия. *Аграрная наука*. 2024; 379(2): 146–152.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-146-152>

© Папаскири Т.В., Митрофанов С.В., Орлова Н.В., Сошников А.Ю., Шевчук А.А.

Analysis of the structure of the acreage of the European Union countries with the concept of sustainable agriculture. Germany

ABSTRACT

This article is devoted to the analysis of the impact of changes in the structure of acreage and the land use system on the sustainability of agriculture in Germany. It is established that the land management system in Germany is decentralized, with regional and local authorities responsible for land issues. According to the German Law on Land Management, land plots must be used taking into account environmental, economic and social needs. This means that land use must be sustainable and meet the needs of local communities and ecosystems. Germany has historically been one of the largest markets for organic products. As of 2020, the share of land under organic farming in the country is 9.6% (1592.7 thousand hectares). In 2001–2020, the area of land under organic farming increased by 56.8%. In general, the land management system in Germany is sustainable and focused on meeting environmental, economic and social needs. The country is actively taking measures to preserve and improve soil quality, reduce the use of chemical fertilizers and pesticides, preserve biodiversity and reduce greenhouse gas emissions. Germany is also actively developing organic farming and precision farming, which makes it possible to use land resources more efficiently and reduce the negative impact on the environment. However, despite all these measures, the analysis of the reports of the German Government, the OECD and the FAO shows that the country still has problems with pollution of water resources, biocenoses and a decrease in soil fertility.

Key words: sustainable agriculture, structure of acreage, land management

For citation: Papaskiri T.V., Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Soshnikov A.Yu., Shevchuk A.A. Analysis of the structure of the acreage of the European Union countries with the concept of sustainable agriculture. Germany. *Agrarian science*. 2024; 379(2): 146–152 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-146-152>

© Papaskiri T.V., Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Soshnikov A.Yu., Shevchuk A.A.

Research article

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-146-152

Timur V. Papaskiri¹
Sergey V. Mitrofanov²✉
Nadezhda V. Orlova²
Andrey Yu. Soshnikov¹
Artem A. Shevchuk¹

¹State University of Land Use Planning,
Moscow, Russian Federation

²National Research University Higher School
of Economics, Moscow, Russian Federation

✉ f-mitrofanoff2015@yandex.ru

Received by the editorial office:
10.11.2023

Accepted in revised:
19.01.2024

Accepted for publication:
02.02.2024

Введение/Introduction

Устойчивое земледелие — это концепция, которая представляет собой подход к ведению сельского хозяйства с учетом экологических, социальных и экономических аспектов. Возникновение этой концепции было вызвано необходимостью улучшения производительности, сохранения природных ресурсов, справедливого распределения благ и смягчения влияния сельского хозяйства на окружающую среду.

Первые идеи устойчивого земледелия появились в конце XIX века, когда фермеры и ученые начали осознавать необходимость более ответственного подхода к использованию почв и водных ресурсов. Уже в то время возникали проблемы эрозии почвы, острого сокращения диких популяций растений и животных, а также загрязнения окружающей среды химическими веществами, используемыми в сельском хозяйстве¹.

В 20-х годах XX века в Германии Рудольфом Штайнером была сформулирована концепция биодинамического земледелия. Он предлагал устойчивые методы возделывания почвы, основывающиеся на эффективном обращении с отходами и использовании естественных элементов живой природы для поддержания плодородия почв и биологического разнообразия экосистем [1].

В 1960-х годах в США концепция устойчивого земледелия получила новый импульс и стала фокусом внимания благодаря многочисленным движениям и исследователям, которые тогда начали активно заниматься проблемами окружающей среды и последствиями интенсивного земледелия.

Значительный вклад в развитие данной концепции внесли: ученый в области экологии растений и аквакультуры Джон Янг — изучение влияния землепользования на экосистемы и развитие теории и практики устойчивого сельского хозяйства [2–4]; ученый Роберт Пирсон, занимавшийся изучением влияния землепользования на экосистемы, а также разработкой принципов устойчивого сельского хозяйства и экологической экономики [5]; американский экономист и эколог, автор концепции устойчивого развития Герман Дэйли [6, 7]; американский экономист, исследователь в области экономики природопользования Эдвард Барбье, известный своими работами по оценке природных ресурсов и экосистемных услуг, а также по экономике изменения климата [8–10]; американский эколог и экономист, один из основателей теории экосистемных услуг Роберт Костанца, занимающийся исследованиями взаимосвязи между экономикой, экологией и социальными процессами и разработкой методов оценки экосистемных услуг и анализа их влияния на благосостояние общества [11, 12].

С появлением проблем глобального изменения климата и потребности в устойчивом развитии концепция устойчивого земледелия получила широкое признание и стала основой для разработки международных программ и инициатив². Основные принципы устойчивого

земледелия включают сбалансированное использование ресурсов, сохранение биологического разнообразия, защиту почвы и воды, поддержку местных сообществ и обеспечение продовольственной безопасности³.

На государственном уровне важность перехода к устойчивому сельскому хозяйству была декларирована странами Европы, обладающими староосвоенными землями⁴. Активно внедряемые в данном регионе в ходе Зеленой революции технологии, чрезмерная эксплуатация ресурсов способствовали деградации почв [13, 14].

Согласно данным исследования A. Jones и др. [15], «105 млн га (16% от общей площади земель Западной Европы) пострадали от водной эрозии в 1990-х гг., 42 млн га — от ветровой эрозии (6,4% земель), порядка 45% почвенных ресурсов в Западной Европе имеют низкое или очень низкое содержание почвенного органического вещества».

Сельскохозяйственная политика Европейского союза долгое время была ориентирована на стимулирование увеличения объемов продукции в сельском хозяйстве. Однако сегодня, осознавая проблемы, связанные с таким подходом, Евросоюз (ЕС) стремится к переходу к устойчивому развитию сельского хозяйства и сельских территорий⁵.

Одна из главных целей текущей сельскохозяйственной политики ЕС — решение экологических и социальных вызовов, связанных с сельским хозяйством. Это включает в себя борьбу с изменением климата, сохранение биоразнообразия, защиту почвы и водных ресурсов, а также обеспечение достойного уровня жизни для сельских сообществ⁶.

Для достижения этих целей в рамках сельскохозяйственной политики ЕС внедряются различные стимулирующие меры и ограничения на использование сельскохозяйственных угодий. Один из ключевых моментов — переориентация субсидий на поддержку практик, способствующих устойчивому развитию сельского хозяйства, таких как экологические меры поддержки, сельскохозяйственные практики, основанные на передовых научных исследованиях и инновациях в сфере сельского хозяйства⁷.

Для мониторинга и оценки реализации устойчивых практик в сельском хозяйстве в ЕС созданы различные инструменты и программы. Также созданы программы по субсидированию органического сельского хозяйства, поощряющие фермеров перейти на более экологически чистые методы⁸. Однако переход к устойчивому развитию сельского хозяйства сталкивается с рядом проблем и вызовов. Некоторые критики считают, что текущая политика все еще слишком ориентирована на сокращение уровня производства, что может привести к дефициту сельскохозяйственной продукции и повышению цен. Есть опасения, что новые стимулирующие меры неравномерно распределяются между

¹ Woodward D., Wui Y.S., Dicks A. Agriculture and Sustainable Development: A Review of Major Sectoral Trends and Practices. FAO Agriculture and Development Economics Division. 2014. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/a-i3740e.pdf> (дата обращения: 01.10.2023).

² United ons. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. 1987. Режим доступа: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата обращения: 11.10.2023).

³ Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2014. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3940e.pdf> (дата обращения: 01.03.2023).

⁴ Борьба с деградацией земель для обеспечения продовольственной безопасности и сохранения услуг, предоставляемых почвенными экосистемами, в Европе и Центральной Азии. Международный год почв. Доклад Европейской комиссии по сельскому хозяйству. 2015. Режим доступа: <https://www.fao.org/3/mo297r/mo297r.pdf> (дата обращения: 01.09.2023).

⁵ European Commission. Farming and the EU. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/farming-and-eu> (дата обращения: 19.10.2023).

⁶ European Commission. Agriculture and rural development. Режим доступа: https://ec.europa.eu/agriculture/index_en (дата обращения: 20.10.2023).

⁷ European Parliament. EU agricultural policy: main features and stakeholder views. Режим доступа: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637907/EPRS_BRI\(2019\)637907_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637907/EPRS_BRI(2019)637907_EN.pdf) (дата обращения: 20.10.2023).

⁸ European Commission. Organic farming. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/agriculture/organic/> (дата обращения: 21.10.2023).

различными странами — членами ЕС и могут негативно сказаться на региональной экономике [16].

Землеустройство является одним из ключевых инструментов в формировании устойчивого земледелия, поскольку способствует оптимальному использованию земельных ресурсов и позволяет создавать устойчивые и эффективные системы земледелия. Разработка и реализация систем землеустройства основываются на комплексном анализе природных, экономических и социальных факторов, учете потребностей фермеров и заинтересованных сторон⁹. Кроме того, один из основных аспектов устойчивого земледелия, который связан с землеустройством, — сохранение и восстановление биоразнообразия и экосистемных услуг. Землеустройство позволяет определить зоны для сохранения природных ландшафтов, охраняемых территорий и природных резерватов. Оно может помочь в реализации мер по сохранению почвенного плодородия, восстановлению экосистемных функций и защите водных ресурсов [17–19].

Данная статья является второй из цикла работ, цель которого — оценка влияния изменений в структуре посевных площадей и системе землепользования на устойчивость земледелия основных стран производителей продукции растениеводства.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В работе были использованы следующие методы: монографический; методы анализа, систематизации, сравнения и обобщения.

Информационной базой исследований является база данных FAOSTAT Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО).

Поиск источников данных проводился в научных электронных библиотеках и поисковых системах, включая eLIBRARY.RU, Science Direct, Scopus и портал ResearchGate за 1960–2023 гг.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Германия — один из крупнейших производителей сельскохозяйственной продукции в ЕС. Сельскохозяйственные угодья на 2020 г. составляют порядка 48% — 16 595 тыс. га (табл. 1).

Система землеустройства в Германии является децентрализованной, с региональными и местными органами, отвечающими за земельные вопросы. В соответствии с немецким законом о землеустройстве земельные участки должны быть использованы с учетом экологических, экономических и социальных потребностей. Это означает, что использование земли

Таблица 1. Структура сельскохозяйственных угодий Германии¹, тыс. га

Table 1. Structure of agricultural lands in Germany, thousand ha

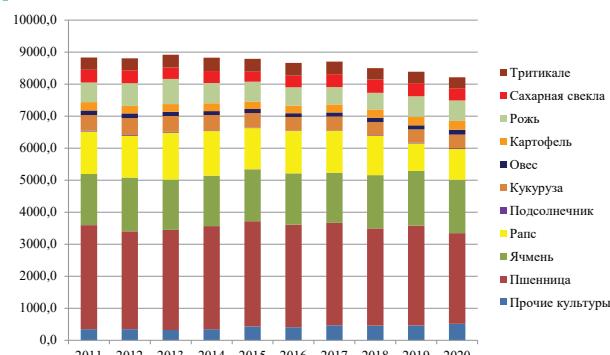
Показатель	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2020 г. к 2011 г., %	Доля в общей структуре на 2020 г., %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Площадь сельскохозяйственных угодий,	16 719,0 ²	16 664,0 ²	16 697,0 ²	16 725,0 ²	16 731,0 ²	16 659,0 ²	16 687,0 ²	16 645,0 ²	16 666,0 ²	16 595,0 ²	-1,0	100,0
из них:												
пахотные угодья	12 075,0 ²	12 034,0 ²	12 076,0 ²	12 072,0 ²	12 051,0 ²	11 963,0 ²	11 971,0 ²	11 930,0 ²	11 913,0 ²	11 862,0 ²	-1,8	71,5
пахотные земли	11 875,0 ²	11 834,0 ²	11 876,0 ²	11 869,0 ²	11 846,0 ²	11 763,0 ²	11 772,0 ²	11 731,0 ²	11 714,0 ²	11 664,0 ²	-1,8	70,3
временные пары	229,0 ²	215,0 ²	199,0 ²	189,0 ²	310,0 ²	310,0 ²	318,0 ²	360,0 ²	350,0 ²	358,0 ²	+56,3	2,2
однолетние культуры	8832,0 ²	8804,0 ²	8917,0 ²	8823,0 ²	8790,0 ²	8662,0 ²	8700,0 ²	8500,0 ²	8387,0 ²	8213,0 ²	-7,0	49,5
многолетние культуры	200,0 ²	200,0 ²	200,0 ²	203,0 ²	205,0 ²	200,0 ²	199,0 ²	199,0 ²	200,0 ²	198,0 ²	-1,0	1,2
временные луга и пастбища	2814,0 ²	2815,0 ²	2760,0 ²	2857,0 ²	2746,0 ²	2790,0 ²	2754,0 ²	2871,0 ²	2976,0 ²	3093,0 ²	+9,9	18,6
постоянные луга и пастбища	4644,0 ²	4630,0 ²	4621,0 ²	4651,0 ²	4677,0 ²	4694,0 ²	4715,0 ²	4713,0 ²	4751,0 ²	4730,0 ²	+1,9	28,5
земли, оборудованные для орошения	665,0 ³	678,0 ³	691,0 ²	686,0 ³	680,0 ³	676,4 ²	676,4 ³	676,4 ³	676,4 ³	676,4 ³	+1,7	4,1
Фактически орошаемая сельскохозяйственная площадь	—	—	365,6 ²	—	—	451,8 ²	—	—	—	506,5 ²	+38,3 ⁴	3,1
Сельскохозяйственная площадь под органическим земледелием	1015,6 ²	1034,0 ²	1045,0 ²	1048,0 ²	1088,8 ²	1135,5 ²	1138,3 ²	1221,3 ²	1290,8 ²	1592,7 ²	+56,8	9,6
Пашни под органическим земледелием	—	—	—	—	—	496,4 ²	483,9 ²	531,2 ²	570,1 ²	734,0 ²	+47,9 ⁵	4,4
Постоянные луга и пастбища под органическим земледелием	—	—	—	—	—	639,0 ²	636,0 ²	669,4 ²	698,8 ²	834,2 ²	+30,5 ⁵	5,0
Посевная площадь под традиционной обработкой	—	—	—	—	—	6313,1 ²	—	—	—	—		
Пашни под консервирующей обработкой	—	—	—	—	—	4717,9 ²	—	—	—	—		
Пашни с нулевой или минимальной обработкой	—	—	—	—	—	93,9 ²	—	—	—	—		

Примечание: 1 — таблица составлена на основе базы данных FAOSTAT; 2 — официальные данные; 3 — вмененное значение; 4 — 2020 г. к 2013 г. %; 5 — 2020 г. к 2016 г. %.

⁹ FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). The Future of Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050. 2019. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf> (дата обращения: 05.10.2023).

Рис. 1. Убранная площадь основных однолетних культур в Германии, тыс. га¹

Fig. 1. Harvested area of the main annual crops in Germany, thousand ha



Примечание: 1 — рисунок составлен авторами на основе данных базы FAOSTAT.

должно быть устойчивым и соответствовать потребностям местных сообществ и экосистем.

На пахотные земли приходится более 70% (11 664,0 тыс. га), из них 49,5 — однолетние культуры (рис. 1).

На Германию приходится более 20% зерна, производимого в ЕС: ржи — 75%, овса — около 20%, ячменя — более 25% (рис. 2).

На низкоплодородных почвах Северогерманской низменности и средневысотных гор активно выращиваются картофель и естественные кормовые культуры.

Установлена тенденция увеличения площади временных лугов и пастбищ, в 2011–2020 гг. этот показатель увеличился на 9,9%. Данный факт объясним преобразованиями в области сельского хозяйства, в частности процессами укрупнения ферм, а также ростом производства отрасли животноводства, дающей около 70% товарной продукции сельского хозяйства.

Засуха — один из основных дестабилизирующих факторов в сельском хозяйстве Германии¹⁰, в связи с чем наблюдается тенденция увеличения доли орошаемых земель. Так, если в 2013 г. в Германии орошалось лишь 365,6 тыс. га, то в 2020-м — на 38,3% больше (506,5 тыс. га).

Германия обладает давними традициями в области производства органической продукции и продажи товаров для здоровья. Первые магазины сети Reformhaus, специализирующиеся на продаже органических и вегетарианских продуктов, открылись в Германии более 120 лет назад¹¹.

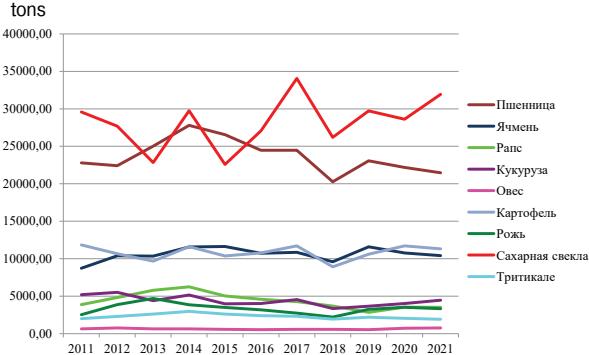
Сегодня Германия — один из крупнейших рынков органической продукции [20]. По состоянию на 2020 г. доля земель под органическим земледелием составляет 9,6% (1592,7 тыс. га). За исследуемый период данная площадь выросла на 56,8%.

В Германии террасирование применяется в основном на уклоненных участках, где эрозия почвы является заметной проблемой [21, 22]. В 2018 году 1,2% земельных угодий Германии было занято культурами, выращиваемыми на уклоненных участках с использованием методов террасирования.

Далее представлены результаты регрессионного анализа зависимости валовых сборов урожая основных сельскохозяйственных культур (Y) от их урожайности (X_1) и посевных площадей (X_2). Для анализа использовались данные FAOSTAT за 2011–2021 гг.

Рис. 2. Валовой сбор урожая основных однолетних культур в Германии, тыс. т¹

Fig. 2. Gross harvest of the main annual crops in Germany, thousand tons



Примечание: 1 — рисунок составлен авторами на основе данных базы FAOSTAT.

Уравнение множественной регрессии для пшеницы:

$$Y = -24054,3754 + 314,5281X_1 + 7,6542X_2 \quad (1)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R:

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,8897	0,6812
X_1	0,8897	1	0,2727
X_2	0,6812	0,2727	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов пшеницы в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0.9994$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,999$, $F > F_{kp}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,94% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности пшеницы на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 314,528 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га приводит к увеличению на 7,654 тыс. т.

По максимальному стандартизированному коэффициенту регрессии $\beta_1 = 0,76$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_1 , тогда как $\beta_2 = 0,474$.

Уравнение множественной регрессии для ячменя:

$$Y = -10686,3174 + 161,3465X_1 + 6,618X_2 \quad (2)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R:

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,9193	0,1077
X_1	0,9193	1	-0,2918
X_2	0,1077	-0,2918	1

¹⁰ The European Environment — state and outlook. 2020. Режим доступа: <https://www.eea.europa.eu/soer/2020/soer-2020-executive-summary-translations/okruzhaiushchaya-sistema-sostoyaniie-i-pierspektivnye-2020> (дата обращения: 30.04.2023).

¹¹ Reformhäuser. Geschichte und Philosophie. Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20200815130004/http://www.reformhaus.de/branche/geschichte.htm> (дата обращения: 27.04.2023).

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов ячменя в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9995$; скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,999$, $F > F_{kp}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,95% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности ячменя на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 161,346 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 6,618 тыс. т.

По максимальному коэффициенту $\beta_1 = 1,039$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_1 , $\beta_2 = 0,411$.

Уравнение множественной регрессии для рапса:

$$Y = -4674,7955 + 133,2931X_1 + 3,5213X_2 \quad (3)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R :

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,7711	0,8288
X_1	0,7711	1	0,2853
X_2	0,8288	0,2853	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов рапса в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9981$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,998$, $F > F_{kp}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,81% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности рапса на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 133,293 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 3,521 тыс. т.

По максимальному стандартизированному коэффициенту $\beta_2 = 0,663$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_2 , $\beta_1 = 0,582$.

Уравнение множественной регрессии для ржи:

$$Y = -3286,5709 + 59,4694X_1 + 5,5507X_2 \quad (4)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R :

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,8657	0,8837
X_1	0,8657	1	0,5357
X_2	0,8837	0,5357	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов ржи в Германии на

основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9967$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,996$, $F > F_{kp}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,67% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности ржи на 1 ц/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 59,469 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 5,551 тыс. т.

По максимальному стандартизированному коэффициенту $\beta_2 = 0,589$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_2 , $\beta_1 = 0,55$.

Уравнение множественной регрессии для картофеля:

$$Y = -10,7087 + 0,252X_1 + 0,04246X_2 \quad (5)$$

Матрица парных коэффициентов корреляции R :

-	Y	X_1	X_2
Y	1	0,8330	0,3202
X_1	0,8330	1	-0,2568
X_2	0,3202	-0,2568	1

Модель множественной регрессии является значимой и имеет хорошую предиктивную способность для прогнозирования валовых сборов картофеля в Германии на основе урожайности и занимаемой площади (коэффициент детерминации $R^2 = 0,9991$, скорректированный коэффициент детерминации $\bar{R}^2 = 0,999$, $F > F_{kp}$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 99,91% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение урожайности картофеля на 1 т/га приводит к увеличению валовых сборов в среднем на 252 тыс. т, увеличение посевной площади на 1000 га — на 42,5 тыс. т.

По максимальному стандартизированному коэффициенту $\beta_1 = 0,98$ делаем вывод, что наиболее значимым предиктором в модели является урожайность картофеля, $\beta_2 = 0,572$.

Как видно из результатов регрессионного анализа, для рапса и ржи площадь посевов является более значимым фактором в формировании валовых сборов продукции, что подтверждается рядом исследований.

Исследование показывает, что посевная площадь — наиболее значимый фактор, влияющий на урожайность ржи в Германии.

Для пшеницы, ячменя и картофеля наиболее значимым показателем в формировании валовых сборов продукции является урожайность. Данный факт обусловлен тем, что Германия имеет устойчивый и предсказуемый климат с мягкой зимой и прохладным летом, что обеспечивает оптимальные условия для роста и развития растений. Климатические условия в Германии в значительной степени определяют урожайность зерновых культур [23–25]. В то же время в других регионах, где климатические условия менее стабильны, площадь посевов может иметь большее значение для увеличения продуктивности культур.

Кроме того, в последние годы в сельскохозяйственном производстве Германии активно внедряются новые технологии и методы возделывания сельхозкультур,

которые позволяют получать более высокую урожайность с единицы площади, в частности использование более продуктивных сортов, оптимизация использования воды, удобрений и других ресурсов, использование почвозащитных методов обработки почвы, методов интегрированной защиты культур¹².

В стране проводятся активные работы по сохранению и улучшению качества почвы благодаря применению методов точного земледелия и улучшению системы вращения культур. Другой аспект устойчивости сельского хозяйства — это использование удобрений и пестицидов, которые могут наносить вред окружающей среде.

В Германии проводятся мероприятия по сокращению использования химических удобрений и пестицидов, развивается органическое земледелие. В отчете ОЭСР за 2023 г.¹³ говорится, что Германия — один из лидеров в Европе по производству и потреблению органических продуктов питания. Еще одним важным аспектом устойчивости сельского хозяйства является сохранение биоразнообразия. В Германии проводятся мероприятия по сохранению и восстановлению биоразнообразия, включая создание специальных заповедников и охраняемых территорий. В отчете FAO за 2019 г.¹⁴ указывается, что Германия — один из лидеров в Европе по площади охраняемых территорий.

Кроме того, в Германии проводятся мероприятия по сокращению выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве. В отчете ОЭСР за 2023 г.¹⁵ отмечается, что

Германия активно внедряет методы уменьшения выбросов парниковых газов через сокращение использования химических удобрений и пестицидов, улучшение системы вращения культур и развитие органического земледелия.

Выходы/Conclusion

Таким образом, система землеустройства в Германии является устойчивой и ориентированной на удовлетворение экологических, экономических и социальных потребностей.

В стране активно проводятся мероприятия по сохранению и улучшению качества почвы, сокращению использования химических удобрений и пестицидов, сохранению биоразнообразия и сокращению выбросов парниковых газов. Германия активно развивает органическое земледелие и точное земледелие, что позволяет эффективнее использовать земельные ресурсы и сокращать негативное воздействие на окружающую среду.

Однако, несмотря на все эти мероприятия, анализ отчетов Правительства Федеративной Республики Германия, Организации экономического сотрудничества и развития и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций свидетельствует, что в стране всё еще сохраняются проблемы с загрязнением водных ресурсов, биоценозов и снижением плодородия почв.

¹² Report on the implementation of the 2030 Agenda for sustainable development. German Voluntary National Review to the HLPF. 2021. Режим доступа: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/279522021_VNR_Report_Germany.pdf (дата обращения: 01.11.2023).

¹³ OECD Environmental Performance Reviews: Germany. 2023. Режим доступа: <https://www.oecd.org/environment/oecd-environmental-performance-reviews-germany-2023-f26da7da-en.htm> (дата обращения: 01.11.2023).

¹⁴ FAO. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Режим доступа: <https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1249500/> (дата обращения: 01.11.2023).

¹⁵ OECD Environmental Performance Reviews: Germany. 2023. Режим доступа: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/bae1b768-en/index.html?itemId=/content/component/bae1b768-en#:~:text=Germany%20produces%20about%2025%20of,1990%20in%20the%20OECD%20area> (дата обращения: 01.11.2023).

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Paull J. Attending the First Organic Agriculture Course: Rudolf Steiner's Agriculture Course at Koberwitz. 1924. European Journal of Social Sciences. 2011; 21(1): 64–70.
2. Young J.A., Evans R.A. Responses of Weed Populations to Human Manipulations of the Natural Environment. Weed Science. 1976; 24(2): 186–190. <https://doi.org/10.1017/S004317450065723>
3. Vera F.W.M. Grazing Ecology and Forest History. Oxford: CABI. 2000; xix: 506. ISBN 978-0851994420 <https://doi.org/10.1079/9780851994420.0000>
4. Young J.A., Evans R.A., Eckert Jr. R.E. Environmental quality and the use of herbicides on artemisia/grasslands of the U.S. intermountain area. Agriculture and Environment. 1981; 6(1): 53–61. [https://doi.org/10.1016/0304-1131\(81\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0304-1131(81)90027-8)
5. Pearson R.W., Yeager J.H. Agricultural Trends in the Old Cotton Belt. Advances in Agronomy. 1957; 9: 1–29. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60107-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60107-8)
6. Daly H.E., Farley J. Ecological Economics: Principles and Applications. 2nd ed. Washington; Covel; London: Island Press. 2010; xxvii: 509. ISBN 978-1-59726-681-9
7. Daly H.E. Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly. Elgar. 2007; x: 270. ISBN 978-1-84720-101-0 <https://doi.org/10.4337/9781847206947>
8. Barbier E.B. Economics: Account for depreciation of natural capital. Nature. 2014; 515(7525): 32–33. <https://doi.org/10.1038/515032a>
9. Barbier E. Economics for a Fragile Planet: Rethinking Markets, Institutions and Governance. Cambridge University Press. 2022; xvi: 338. ISBN 978-1108914000 <https://doi.org/10.1017/9781108914000>
10. Barbier E.B. Nature and Wealth: Overcoming Environmental Scarcity and Inequality. London: Palgrave Macmillan. 2015; xiii: 270. ISBN 978-1-137-40338-4 <https://doi.org/10.1057/9781137403391>

11. Costanza R. et. al. Development: Time to leave GDP behind. *Nature*. 2014; 505(7483): 283–285.
<https://doi.org/10.1038/505283a>
12. Costanza R., Erickson J.D., Farley J., Kubiszewski I. (eds.). *Sustainable Wellbeing Futures: A Research and Action Agenda for Ecological Economics*. Elgar. 2020; xvii: 458.
ISBN 978-1-78990-094-1
<https://doi.org/10.4337/9781789900958>
13. Митрофанов С.В., Орлова Н.В. Использование биомодификации удобрений с целью повышения устойчивости растениеводства. *Агротехнический вестник*. 2023; (1): 23–30.
<https://www.elibrary.ru/gwuucc>
14. Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Blagov D.A., Teterin V.S., Panferov N.S., Varfolomeeva M.M. Increasing the efficiency of mineral fertilizers by their biological modification. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2023; 29(1): 43–54.
15. Jeffery S. et al. The state of soil in Europe — A contribution of the JRC to the European Environment Agency's environment state and outlook report — SOER 2010. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*. 2012; 71.
<https://doi.org/10.2788/77361>
16. Lankoski J., Thiem A. Linkages between agricultural policies, productivity and environmental sustainability. *Ecological Economics*. 2020; 178: 106809.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106809>
17. Hurni H., Wiesmann U. (eds.). *Global Change and Sustainable Development: A Synthesis of Regional Experiences from Research Partnerships*. Bern: *Geographica Bernensiensia*. 2010; 578.
ISBN 978-3-905835-13-7
18. Dudley N., Gonzales E., Hallett J.G., Keenleyside K., Mumba M. The UN Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030): What can protected areas contribute? *PARKS*. 2020; 26(1): 111–116.
<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PARKS-26-1ND.en>
19. Папаскири Т.В. Роль землеустройства и землеустроительного образования в обеспечении продовольственной безопасности страны. *Известия Международной академии аграрного образования*. 2023; 65: 52–59.
<https://www.elibrary.ru/vzplpw>
20. Joseph S., Friedrich H. Analyzing drivers of organic food sales—A pooled spatial data analysis for Hamburg (Germany). *PLoS ONE*. 2023; 18(10): e0285377.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285377>
21. Seeger M. Agricultural Soil Degradation in Germany. Pereira P., Muñoz-Rojas M., Bogunovic I., Zhao W. (eds.). Impact of Agriculture on Soil Degradation II. *The Handbook of Environmental Chemistry*. Cham: Springer. 2023; 121: 87–103.
https://doi.org/10.1007/698_2022_948
22. Kirschke D., Häger A., Schmid J.C. New Trends and Drivers for Agricultural Land Use in Germany. Weith T., Barkmann T., Gaasch N., Rogga S., Strauß C., Zscheischler J. (eds.). Sustainable Land Management in a European Context. *Human–Environment Interactions*. Cham: Springer. 2021; 8: 39–61.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_3
23. Chmielewsky F.-M. Impact of climate changes on crop yields of winter rye in Halle (southeastern Germany), 1901 to 1980. *Climate Research*. 1992; 2: 23–33.
24. Gömann H. How Much did Extreme Weather Events Impact Wheat Yields in Germany? — A Regionally Differentiated Analysis on the Farm Level. *Procedia Environmental Sciences*. 2015; 29: 119–120.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.197>
25. Ljungqvist F.C. et al. Climatic signatures in early modern European grain harvest yields. *Climate of the Past*. 2022; 19(12): 2463–2491.
<https://doi.org/10.5194/cp-19-2463-2023>
11. Costanza R. et. al. Development: Time to leave GDP behind. *Nature*. 2014; 505(7483): 283–285.
<https://doi.org/10.1038/505283a>
12. Costanza R., Erickson J.D., Farley J., Kubiszewski I. (eds.). *Sustainable Wellbeing Futures: A Research and Action Agenda for Ecological Economics*. Elgar. 2020; xvii: 458.
ISBN 978-1-78990-094-1
<https://doi.org/10.4337/9781789900958>
13. Mitrofanov S.V., Orlova N.V. The use of biomodification of fertilizers in order to increase the sustainability of crop production. *Agrochemical Bulletin*. 2023; (1): 23–30 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/gwuucc>
14. Mitrofanov S.V., Orlova N.V., Blagov D.A., Teterin V.S., Panferov N.S., Varfolomeeva M.M. Increasing the efficiency of mineral fertilizers by their biological modification. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2023; 29(1): 43–54.
15. Jeffery S. et al. The state of soil in Europe — A contribution of the JRC to the European Environment Agency's environment state and outlook report — SOER 2010. *Luxembourg: Publications Office of the European Union*. 2012; 71.
<https://doi.org/10.2788/77361>
16. Lankoski J., Thiem A. Linkages between agricultural policies, productivity and environmental sustainability. *Ecological Economics*. 2020; 178: 106809.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106809>
17. Hurni H., Wiesmann U. (eds.). *Global Change and Sustainable Development: A Synthesis of Regional Experiences from Research Partnerships*. Bern: *Geographica Bernensiensia*. 2010; 578.
ISBN 978-3-905835-13-7
18. Dudley N., Gonzales E., Hallett J.G., Keenleyside K., Mumba M. The UN Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030): What can protected areas contribute? *PARKS*. 2020; 26(1): 111–116.
<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PARKS-26-1ND.en>
19. Papaskiri T.V. The role of land management and land management education in ensuring the country's food security. *Izvestia MAAO*. 2023; 65: 52–59 (in Russian).
<https://www.elibrary.ru/vzplpw>
20. Joseph S., Friedrich H. Analyzing drivers of organic food sales—A pooled spatial data analysis for Hamburg (Germany). *PLoS ONE*. 2023; 18(10): e0285377.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285377>
21. Seeger M. Agricultural Soil Degradation in Germany. Pereira P., Muñoz-Rojas M., Bogunovic I., Zhao W. (eds.). Impact of Agriculture on Soil Degradation II. *The Handbook of Environmental Chemistry*. Cham: Springer. 2023; 121: 87–103.
https://doi.org/10.1007/698_2022_948
22. Kirschke D., Häger A., Schmid J.C. New Trends and Drivers for Agricultural Land Use in Germany. Weith T., Barkmann T., Gaasch N., Rogga S., Strauß C., Zscheischler J. (eds.). Sustainable Land Management in a European Context. *Human–Environment Interactions*. Cham: Springer. 2021; 8: 39–61.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-50841-8_3
23. Chmielewsky F.-M. Impact of climate changes on crop yields of winter rye in Halle (southeastern Germany), 1901 to 1980. *Climate Research*. 1992; 2: 23–33.
24. Gömann H. How Much did Extreme Weather Events Impact Wheat Yields in Germany? — A Regionally Differentiated Analysis on the Farm Level. *Procedia Environmental Sciences*. 2015; 29: 119–120.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.197>
25. Ljungqvist F.C. et al. Climatic signatures in early modern European grain harvest yields. *Climate of the Past*. 2022; 19(12): 2463–2491.
<https://doi.org/10.5194/cp-19-2463-2023>

ОБ АВТОРАХ

Тимур Валикович Папаскири¹

доктор экономических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, врио ректора
t_papaskiri@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3780-9060>

Сергей Владимирович Митрофанов²

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
f-mitrofanoff2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>

Надежда Владимировна Орлова²

заведующая отделом экономики инноваций в сельском хозяйстве
Института аграрных исследований
nvorlova@hse.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-0252>

Андрей Юрьевич Сошников¹

кандидат экономических наук, врио проректора
по административно-хозяйственной деятельности,
строительству и развитию имущественного комплекса
SoshnikovAJ@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3019-5131>

Артем Александрович Шевчук¹

заместитель декана факультета землеустройства и управления
природопользованием ФГБОУ ВО ГУЗ, директор Центра
цифровой трансформации
shevchukaa@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4938-0193>

¹Государственный университет по землеустройству,
ул. Казакова, 15, Москва, 105064, Россия

²Высшая школа экономики,
Покровский бульвар, 11, Москва, 109028, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Timur Valikovich Papaskiri¹

Doctor of Economics, Candidate of Agricultural Sciences,
Professor, Acting Rector
t_papaskiri@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3780-9060>

Sergey Vladimirovich Mitrofanov²

Candidate of Agricultural Sciences, Research Officer
f-mitrofanoff2015@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0657-7148>

Nadezhda Vladimirovna Orlova²

Head of the Department of Economics of Innovation in Agriculture
at the Institute of Agricultural Research
nvorlova@hse.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8504-0252>

Andrey Yuryevich Soshnikov¹

Candidate of Economic Sciences, Acting Vice-Rector for
Administrative and Economic Activities, Construction
and Development of the property complex
SoshnikovAJ@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-3019-5131>

Artem Aleksandrovich Shevchuk¹

Deputy Dean of the Faculty of Land Management and Environmental
Management, Director of the Center for Digital Transformation
shevchukaa@guz.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4938-0193>

¹State University of Land Use Planning,
15 Kazakova Str., Moscow, 105064, Russia

²Higher School of Economics,
11 Pokrovsky Boulevard, Moscow, 109028, Russia