



Эконометрический анализ влияния микробиологических препаратов на урожайность сухой массы кормосмеси

Применение методов статистики и эконометрического моделирования имеет свою специфику при анализе данных, полученных по результатам агробиологических исследований. Исследуя такой показатель как урожайность культур, осуществляя отбор факторов, влияющих на нее, аналитик сталкивается с проблемой необходимости включения в регрессионную модель объясняющих переменных, имеющих неколичественную форму выражения, связанных с применением для обработки семян различных микробиологических препаратов. Подобная проблема решается путем использования в моделях фиктивных переменных.

Цель исследования – разработка методологических подходов к построению регрессионной многофакторной модели, включающей как количественные, так и качественные объясняющие переменные, описывающей количественно зависимость урожайности кормосмеси для коров от этих факторов.

Материалы и методы. В основе методологии решения данной исследовательской задачи были положены фундаментальные подходы, опубликованные в научных работах ученых, освещающих проблемы использования эконометрических моделей с фиктивными переменными. Основой исследования является комплексный подход к применению математико-статистических методов анализа зависимостей между переменными, моделирования и прогнозирования, а также экспериментальные результаты изучения уровня урожайности сухой массы кормосмеси в зависимости от содержания в почве азота и использования микробиологических препаратов «Бисолби-Т» и «Экстрасол», полученные за четыре осуществленных укоса летнего периода 2023 года.

Результаты. Исследование и количественное описание влияния микробиологических препаратов «Бисолби-Т» и «Экстрасол» при различных концентрациях в почве азота на урожайность сухой

массы кормовой смеси, позволили получить эконометрические двухфакторные модели, в которых фактор – применение препарата для предварительной обработки семенного материала, был включен как фиктивная переменная. На основе полученных в ходе исследования статистически значимых регрессионных моделей, учитывающих периоды и циклы скашивания кормосмеси, были вычислены ожидаемые значения ее урожайности при нормативной концентрации азота в почве, выполнена сравнительная оценка эффективности исследуемых препаратов.

Заключение. Применение методов статистического анализа данных с построением регрессионных моделей при проведении агробиологических исследований имеет определенную специфику. Возможность включения в регрессионную модель фиктивных объясняющих переменных позволяет исследовать и количественно оценить влияние неколичественных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур. Получение статистически значимых моделей является основой прогнозирования уровня урожайности и принятия решений при выборе оптимальных вариантов внесения концентраций удобрений, определение предпочтений в отношении используемых для повышения продуктивности культур микробиологических добавок, расчет перспективных значений урожайности кормосмеси в зависимости от периода ее скашивания. Все это имеет стратегическое значение при планировании объемов производства кормов для сельскохозяйственных животных и величины затрат предприятий на осуществление своей деятельности, в частности для составления бюджета затрат на корма.

Ключевые слова: эконометрический анализ, фиктивная переменная, модель регрессии, прогнозирование, урожайность, азот, микробиологический препарат.

Oksana A. Shikhova

Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia

Econometric Analysis of the Influence of Microbiological Preparations on the Crop Yield of Dry Mass of Feed Mix

The use of statistical methods and econometric modeling has its own specifics when analyzing data obtained from agrobiological studies. When studying such an index as crop yield and selecting factors that influence it, the analyst faces the problem of the need to include explanatory variables in the regression model that have a non-quantitative form of expression, associated with the use of various microbiological preparations for seed treatment. Such a problem can be solved by using dummy variables in the models.

The purpose of the research – development of methodological approaches to constructing a regression multifactorial model, including both quantitative and qualitative explanatory variables, describing quantitatively the dependence of the feed mix yield for cows on these factors.

Materials and methods. The methodology for solving this research problem is based on fundamental approaches published in scientific papers by scientists covering the problems of using econometric models

with dummy variables. The basis of the study is an integrated approach to the use of mathematical and statistical methods for analyzing dependencies between variables, modeling and forecasting, as well as experimental results of studying the level of dry mass yield of the feed mix depending on the nitrogen content in the soil and the use of microbiological preparations “Bisolbi-T” and “Extrasol”, obtained for four mowings carried out in the summer period of 2023.

Results. The study and quantitative description of the effect of microbiological preparations “Bisolbi-T” and “Extrasol” at different concentrations of nitrogen in the soil on the yield of dry mass of the feed mix allowed us to obtain econometric two-factor models, in which the factor – the use of the preparation for preliminary treatment of seed material, was included as a dummy variable. Based on the statistically significant regression models obtained during the study, taking into account the periods and cycles of mowing the feed mix, the expected values of its yield at the standard concentration of

nitrogen in the soil were calculated, a comparative assessment of the effectiveness of the studied preparations was performed.

Conclusion. The use of statistical data analysis methods with the construction of regression models in agrobiological research has certain specifics. The possibility of including dummy explanatory variables in the regression model allows us to study and quantify the impact of non-quantitative factors on crop yields. Obtaining statistically significant models is the basis for forecasting the yield level and making decisions when choosing optimal options for applying fertilizer concentrations,

determining preferences for microbiological additives used to increase crop productivity, calculating prospective values of the yield of the feed mix depending on the period of its mowing. All this is of strategic importance when planning the volumes of feed production for farm animals and the amount of expenses of enterprises for their activities, in particular for drawing up a budget for feed costs.

Keywords: econometric analysis, dummy variable, regression model, forecasting, yield, nitrogen, microbiological preparation.

Введение

Применение методов статистики и эконометрического моделирования имеет свою специфику при анализе данных, полученных по результатам агробиологических исследований [1–9]. Исследуя такой показатель как урожайность культур, осуществляя отбор факторов, влияющих на нее, аналитик сталкивается с проблемой необходимости включения в регрессионную модель объясняющих переменных, имеющих неколичественную форму выражения. Подобная проблема решается путем использования в моделях фиктивных переменных.

Цель исследования состояла в разработке методологических подходов к построению регрессионной многофакторной модели, включающей как количественные, так и качественные объясняющие переменные, описывающей количественно зависимость урожайности кормосмеси для коров от этих факторов. В основе методологии решения данной исследовательской задачи были положены фундаментальные подходы, опубликованные в научных работах ученых, освещающих проблемы использования эконометрических моделей с фиктивными переменными. Основой исследования является комплексный подход к применению математико-статистических методов анализа зависимостей между переменными, моделирования и прогнозирования, а также экспериментальные результаты изучения уровня урожайности сухой массы кормосмеси,

полученные за четыре осуществленных укоса летнего периода 2023 года.

Основная часть

Решение задачи исследования и количественного описания влияния микробиологических препаратов «Бисолби-Т» (сухой инокулянт для обработки семян не допускающих смачивания) [10] и «Экстрасол» (микробиологическое удобрение, улучшающее поступление элементов питания в растения, увеличивает всхожесть семян, ускоряет развитие растений, снижает, поражаемость растений фитопатогенными микроорганизмами, что существенным образом повышает продуктивность растений) [11] на урожайность сухой массы кормовой смеси на основе метода корреляционно-регрессионного анализа с построением регрессионной модели возможно только путем включения данных факторных переменных в уравнение регрессии как фиктивных (соответственно X_2 и X_3) совместно с количественной переменной — доза внесенного азота (X_1).

При исследовании влияния качественных признаков в модель можно вводить фиктивные переменные, принимающие, как правило, два значения: единица, если данный признак присутствует в наблюдении, и ноль — при его отсутствии. При назначении фиктивных переменных исследуемая совокупность по числу значений качественного признака разбивается на группы. Одну из групп выбирают как эталонную (группа 0) и опре-

деляют значения фиктивной переменной для остальных наблюдений [12–17].

Суть опыта состояла в следующем: в лабораторных условиях определялась урожайность сухой массы кормосмеси, выращенной на различных по концентрации и присутствию удобрений участках опытного поля. Кормосмесь включала в себя следующие сорта однолетних культур: фестулолиум, овсяница луговая, тимopheевка луговая, мятлик луговой, с сохранением пропорций во всех циклах эксперимента и на всех участках. Исследовалось 4 варианта выращивания кормосмеси с разной концентрацией азота в мг на 1 кг почвы (N_0 — без удобрения; N_{90} — контроль 90 мг/кг; N_{120} — норма 120 мг/кг; N_{150} — 150 мг/кг), 4 варианта с теми же концентрациями азота, но с предварительной обработкой смеси семян культур микробиологическим препаратом «Бисолби-Т», а также 4 варианта при таких же концентрациях азота с предварительной обработкой семенного материала микробиологическим препаратом «Экстрасол». В каждом из этих вариантов было взято три пробы выращенной сухой массы кормосмеси для измерения уровня ее урожайности (трехкратная повторность). Забор и анализ проб кормосмеси осуществлялся в течение летнего периода соответственно 4 циклам выращивания: после каждого укоса (выращенная кормосмесь скашивалась, высушивалась и оценивалась ее урожайность). Таким образом для построения регрессионной модели по результатам

Таблица 1 (Table 1)

Исходные данные для моделирования зависимости урожайности сухой массы кормосмеси в зависимости от концентрации азота и использования «Бисолби-Т» для проб первого укоса
Input data for modeling the dependence of the dry mass yield of feed mix depending on nitrogen concentration and the use of "Bisolbi-T" for the first mowing

Азот, кг/га	Бисолби (0 – нет, 1 – есть)	Урожайность сухой массы, т/га
0	0	0,99
0	0	0,92
0	0	1,19
90	0	2,98
90	0	2,81
90	0	2,64
120	0	3,23
120	0	3,05
120	0	2,79
150	0	3,21
150	0	2,82
150	0	3,06
0	1	1,22
0	1	1,00
0	1	1,22
90	1	3,43
90	1	3,28
90	1	3,10
120	1	3,53
120	1	3,41
120	1	3,13
150	1	3,59
150	1	3,07
150	1	3,43

Таблица 2 (Table 2)

Регрессионная статистика (1 укос, «Бисолби-Т»)
Regression statistics (one mowing, "Bisolbi-T")

Показатель	Значение
Множественный R	0,933
R-квадрат	0,870
Нормированный R-квадрат	0,857
Стандартная ошибка	0,355
Наблюдения	24

Таблица 3 (Table 3)

Дисперсионный анализ (1 укос, «Бисолби-Т»)
Analysis of variance (one mowing, "Bisolbi-T")

Источник вариации	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	17,659	8,829	70,151	0,000000001
Остаток	21	2,643	0,126		
Итого	23	20,302			

Таблица 4 (Table 4)

Регрессионная модель (1 укос, «Бисолби-Т»)
Regression model (one mowing, "Bisolbi-T")

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%
Y-пересечение	1,1213	0,1548	7,2420	0,0000003910	0,7993	1,4433
Азот	0,0150	0,0013	11,6499	0,0000000001	0,0123	0,0177
Бисолби-Т (0-нет,1-есть)	0,3100	0,1448	2,1404	0,0442	0,0088	0,6112

каждого цикла (укоса) имелась выборка из 24 наблюдений с разной концентрацией азота и присутствием/отсутствием в почве одного из исследуемых микробиологических препаратов. Вариант исходных данных для моделирования зависимости урожайности сухой массы кормосмеси в зависимости от концентрации азота и использования «Бисолби-Т» для проб первого укоса представлен в таблице 1.

В нашем случае значения фиктивных переменных X_2 и X_3 были определены следующим образом:

«0» - нет (препарат «Бисолби-Т» («Экстрасол») не был внесен в почву);

«1» - да (препарат «Бисолби-Т» («Экстрасол») был внесен в почву).

Далее в соответствии с общей методикой осуществления корреляционно-регрессионного анализа с построением двухфакторной модели связи были получены результаты моделирования по опытным данным каждого укоса. Анализ данных проводился с помощью инструмента «Регрессия» в пакете «Анализ данных» в MS Excel. Результаты статистической обработки данных для выборки проб первого укоса при исследовании препарата «Бисолби-Т» представлены в таблицах 2, 3 и 4.

Аналогичные результаты были получены для остальных выборок (вариантов укоса). Все полученные в ходе анализа данных модели являются статистически значимыми по результатам их тестирования на основе критериев Фишера и Стьюдента.

Полученные модели и показатели силы влияния факторных переменных на урожайность сухой массы кормосмеси в каждом укосе представлены в таблице 5.

Наиболее существенное и заметное влияние дозы внесения азота и использование препарата «Бисолби-Т» на

Таблица 5 (Table 5)

Результаты корреляционно-регрессионного анализа и моделирования влияния дозы внесения азота (X1), микробиологических препаратов «Бисолби-Т» (X2) и «Экстрасол» (X3) на урожайность сухой массы кормосмеси (Y)

Results of correlation regression analysis and simulation of the effect of nitrogen application dose (X1), microbiological preparations "Bisolbi-T" (X2) and "Extrasol" (X3) on the yield of dry mass of feed mix (Y)

Укос	Модель регрессии	Коэффициенты		F-тест	Значимость F
		корреляции	детерминации		
		R	R ²		
Модели с переменной X₂ – препарат «Бисолби-Т»					
1	$y = 0,015x_1 + 0,310x_2 + 1,121$	0,933	0,870	70,15	0,000000010
2	$y = 0,022x_1 + 0,223x_2 + 0,999$	0,929	0,863	66,39	0,000000008
3	$y = 0,014x_1 - 0,057x_2 + 0,522$	0,986	0,971	356,66	0,000000000
4	$y = 0,005x_1 + 0,209x_2 + 0,384$	0,964	0,929	136,46	0,000000000
Модели с переменной X₃ – препарат «Экстрасол»					
1	$y = 0,013x_1 + 0,388x_3 + 1,333$	0,910	0,829	43,57	0,00000126
2	$y = 0,018x_1 + 0,261x_3 + 1,357$	0,845	0,714	22,50	0,00012685
3	$y = 0,013x_1 - 0,016x_3 + 0,567$	0,959	0,922	105,67	0,000000001
4	$y = 0,004x_1 + 0,256x_3 + 0,384$	0,966	0,934	127,13	0,000000000

уровень урожайности сухой массы кормосмеси наблюдалось по результатам первого и второго укосов. Полученные результаты анализа (таблица 5) позволяют сделать следующие выводы о совокупном влиянии исследуемых факторов на урожайность с учетом времени проведения укоса.

По результатам первого укоса наблюдается весьма тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 87,0% объясняют вариацию значений урожайности. Полученная регрессионная модель указывает на то, что при увеличении дозы внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,451 т/га без внесения «Бисолби-Т» и на 0,761 т/га при внесении «Бисолби-Т». Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается критериями Стьюдента и Фишера.

По результатам второго укоса наблюдается также весьма тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 86,3% объясняют вариацию значений урожайности. Полученная регрессионная модель указывает на то, что при увели-

чении дозы внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,647 т/га без внесения «Бисолби-Т» и на 0,870 т/га при внесении «Бисолби-Т». Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается критериями Стьюдента и Фишера.

По результатам третьего укоса наблюдается также весьма тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 97,1% объясняют вариацию значений урожайности. Однако, следует отметить, что по данным этого укоса, в отличие от остальных случаев, направление влияния добавления «Бисолби-Т» оказало отрицательное влияние на уровень урожайности. Данный факт возможно связан с неблагоприятными погодными условиями, повлекшими снижение эффективности использования удобрений. Полученная регрессионная модель указывает на то, что при увеличении концентрации внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,410 т/га без внесения «Бисолби-Т» и на 0,353 т/га при внесении

«Бисолби-Т». Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается критериями Стьюдента и Фишера.

По результатам четвертого укоса наблюдается также весьма тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 92,9% объясняют вариацию значений урожайности. Полученная регрессионная модель указывает на то, что при увеличении дозы внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,146 т/га без внесения «Бисолби-Т» и на 0,355 т/га при внесении «Бисолби-Т». Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается критериями Стьюдента и Фишера.

Как следствие, наибольшая эффективность и обоснованность увеличения дозы внесения азота прослеживается именно при внесении «Бисолби-Т», что в наибольшей степени проявилось по результатам первого и второго укоса, к четвертому укосу эффективность совместного влияния факторов на урожайность снижается вследствие отрицательного влияния внесения «Бисолби-Т» в почву перед третьим укосом.

Наиболее существенное и заметное положительное влияние дозы внесения азота и использование препарата «Экстрасол» на уровень урожайности сухой массы кормосмеси наблюдалось по результатам первого и четвертого укоса. Результаты анализа данных, полученные в таблице 5, позволяют сделать следующие выводы о совокупном влиянии исследуемых факторов на урожайность кормосмеси с учетом времени проведения укоса.

По результатам первого укоса наблюдается весьма тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 82,9% объясняют изменчивость значений урожайности. Полученная регрессионная

Таблица 6. Прогноз уровня урожайности сухой массы кормосмеси при норме внесения азота равной 120 кг/га
Table 6. Forecast of the yield level of dry mass of feed mix at nitrogen application rate of 120 kg/ha

Показатель	1 цикл (укос)	2 цикл (укос)	3 цикл (укос)	4 цикл (укос)
Модели с переменной X_2 – препарат «Бисолби-Т»				
Хр (норма дозы азота), кг/га	120	120	120	120
Ур (прогноз урожайности по модели), т/га	2,9015	3,5601	2,1810	0,9790
Предельная ошибка прогноза, т/га	0,7042	1,3292	0,3048	0,1111
Нижняя граница интервала прогноза, т/га	2,197	2,231	1,876	0,868
Верхняя граница интервала прогноза, т/га	3,606	4,889	2,486	1,090
Модели с переменной X_3 – препарат «Экстрасол»				
Хр (норма дозы азота), кг/га	120	120	120	120
Ур (прогноз урожайности по модели), т/га	3,2422	3,7300	2,1300	1,2233
Предельная ошибка прогноза, т/га	0,7110	1,2752	0,4143	0,1794
Нижняя граница интервала прогноза, т/га	2,531	2,455	1,716	1,044
Верхняя граница интервала прогноза, т/га	3,953	5,005	2,544	1,403

модель указывает на то, что при увеличении дозы внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,380 т/га без внесения «Экстрасола» и на 0,768 т/га при внесении «Экстрасола». Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается критериями Стьюдента и Фишера.

По результатам второго укоса наблюдается тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 71,4% объясняют вариацию значений урожайности. Полученная регрессионная модель указывает на то, что при увеличении дозы внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,528 т/га без внесения «Экстрасола» и на 0,789 т/га при внесении данного препарата. Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается только критерием Фишера.

По результатам третьего укоса наблюдается также весьма тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 92,2% объясняют вариацию значений урожайности. Однако, следует отметить, что по данным этого укоса, в отличие от остальных случаев, направление влияния добавления «Экстрасола» (как и исследованного ранее биологического препарата «Бисолби-Т») оказало отрицательное влияние на уровень урожайности. Данный факт, как и в случае с препаратом «Бисолби-Т», связан с неблагоприятными погодными условиями. Полученная регрессионная модель указывает на то, что при увеличении дозы внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,395 т/га без внесения «Экстрасола» и на 0,378 т/га при внесении этого препарата. Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается толь-

ко критерием Фишера. Таким образом, использование препарата для повышения урожайности кормосмеси в период между вторым и третьим укосами не является целесообразным в виду неэффективности действия этих удобрений.

По результатам четвертого укоса наблюдается также весьма тесная корреляционная зависимость, исследуемые факторы на 93,4% объясняют вариацию значений урожайности. Полученная регрессионная модель указывает на то, что при увеличении дозы внесения азота на 30 кг/га можно ожидать прирост урожайности сухой массы кормосмеси в среднем на 0,146 т/га без внесения «Экстрасола» и на 0,402 т/га при внесении исследуемого препарата. Статистическая значимость модели и влияния фактора подтверждается критериями Стьюдента и Фишера.

Наибольшая эффективность и обоснованность увеличения дозы внесения азота прослеживается при внесении «Экстрасола» в периоды перед первым, вторым и четвертым укосами, исключение составил период перед третьим укосом. При этом к четвертому укосу эффективность совместного влияния факторов на урожайность снижается.

По полученным моделям для каждого рассмотренного случая укоса вычислены ожидаемые с вероятностью 0,95 границы доверительного интервала прогноза среднего уровня урожайности сухой массы кормосмеси при норме внесения азота, равной 120 кг/га с учетом использования исследуемых микробиологических препаратов – значения факторных переменных X_2 и X_3 при расчете прогнозов были взяты равными «1» (таблица 6).

При норме внесения азота, равной 120 кг/га, с вероятностью 0,95 можно ожидать, что уровень урожайности сухой массы кормосмеси:

– при условии внесения в почву препарата «Бисолби-Т» составит: по итогам первого укоса от 2,197 до 3,606 т/га, по итогам второго укоса от 2,231 до 4,889 т/га, по итогам третьего укоса от 1,876 до 2,486 т/га, по итогам четвертого укоса от 0,868 до 1,090 т/га;

– при условии внесения в почву препарата «Экстрасол» составит: по итогам первого укоса от 2,531 до 3,953 т/га, по итогам второго укоса от 2,455 до 5,005 т/га, по итогам третьего укоса от 1,716 до 2,544 т/га, по итогам четвертого укоса от 1,044 до 1,403 т/га.

Таким образом, получен-

ные результаты доказывают наличие положительной корреляции между дозой внесения азота и урожайностью сухой массы кормосмеси, эффективностью примененных микробиологических препаратов, степень которой зависит в том числе и от периода внесения удобрения и цикла скашивания – по результатам второго укоса корреляция между признаками наиболее высокая, ожидаемые прогнозные значения урожайности выше. Также можно отметить, что полученные прогнозные значения отражают большую эффективность именно препарата «Экстрасол».

Заключение

Применение методов статистического анализа данных с построением регрессионных моделей при проведении агробиологических исследований имеет определенную специфику. Возможность включения в регрессионную модель фиктивных объясняющих переменных позволяет исследовать и количественно оценить влияние неколичественных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур. Получение статистически значимых моделей является основой прогнозирования уровня урожайности и приня-

тия решений при выборе оптимальных вариантов внесения концентраций удобрений, определение предпочтений в отношении используемых для повышения продуктивности культур микробиологических добавок, расчет перспективных значений урожайности кормосмеси в зависимости от периода ее скашивания. Все это имеет стратегическое значение при планировании объемов производства кормов для сельскохозяйственных животных и величины затрат предприятий на осуществление своей деятельности, в частности для составления бюджета затрат на корма.

Литература

1. Асланова Г.Н., Сеферова З.А. Построение моделей парной и множественной регрессии для прогнозирования урожайности овощей [Электрон. ресурс] // Киберленинка. УЭПС: управление, экономика, политика, социология. 2019. С. 48–53. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-modeley-parnoy-i-mnozhestvennoy-regressii-dlya-prognozirovaniya-urozhaynosti-ovoschey/viewer>.

2. Баянова О.В. Анализ производства кормовых культур [Электрон. ресурс] // Modern Economy Success. 2020. № 1. С. 87–90. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_42626111_82966744.pdf.

3. Гоибов М.А., Зайниддинзода С.Д. Влияние внесения удобрений на урожайность зерновых культур в сельскохозяйственном секторе республики Таджикистан // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. 2023. Т. 20. № 5 (131). С. 33–37.

4. Гоибов М.А., Пиризода Д.С. Эконометрическая оценка факторов, влияющих на сельскохозяйственное производство пшеницы в согдийской области республики Таджикистан // Экономика Центральной Азии. 2024. Т. 8. № 1. С. 53–60.

5. Конончук В.В., Иовик Л.Н. Эконометрический анализ использования различных видов органических удобрений в формировании урожайности сельскохозяйственных культур [Электрон. ресурс] // Экологический вестник. 2016. № 2. С. 104–109. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_44546362_55717904.pdf.

6. Овчаров А.О., Терехов А.М. Эконометрический анализ использования биологических активов в сельскохозяйственных организаци-

ях // Статистика и Экономика. 2020. № 17(1). С. 79–87. DOI: 10.21686/2500-3925-2020-1-79-87.

7. Фейзуллаева Р.Э. Эконометрический анализ зависимости урожайности зерновых культур от количества применяемых инсектицидов // Хроноэкономика. 2019. № 1(14). С. 98–102. https://elibrary.ru/download/elibrary_36952034_36618173.pdf.

8. Ширнаева С.Ю. Различные подходы к прогнозированию урожайности зерновых культур // Наука XXI века: актуальные направления развития. 2022. № 1–2. С. 129–132.

9. Яроменко Н.Н., Кулак А.А., Овсиенко А.А. Эконометрический анализ факторов, влияющих на урожайность зерновых (на примере сельскохозяйственных организаций центральной зоны Краснодарского края) // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. № 30(4). С. 269–274.

10. Бисолби-Т [Электрон. ресурс] // Агросевторг. Каталог. Пестициды, микроэлементы и микробиологические препараты. Режим доступа: https://agrosevtorg.ru/bisolbi_t?ysclid=m268d3fp91152556798.

11. Экстрасол [Электрон. ресурс] // Группа компаний Балтик Терра. Продукция. Минеральные удобрения. Режим доступа: <https://baltic-terra.ru/catalog/udobreniya/mikrobiologicheskie/tproduct/592871081-531182725651-ekstrasol>.

12. Елисеева И.И., Курышева С.В. Фиктивные переменные в анализе данных // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2010. № 30. С. 43–63.

13. Гриднева И.В., Гриднев А.С. Построение регрессионной модели с фиктивными переменными // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. материалы международной научно-практической конфе-

ренции молодых ученых и специалистов, посвященной 110-летию ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, 2022. С. 134–138.

14. Коликова Э.Е., Пынько Л.Е., Сергеева К.И. Фиктивные переменные в уравнении регрессии [Электрон. ресурс] // Научные исследования XXI века. 2023. № 4(24). С. 39–43. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_54384228_65451791.pdf.

15. Новиков А.И. Эконометрика [Электрон. ресурс]. М.: Издательско-торговая корпорация

«Дашков и К», 2019. С. 75–76. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1093036>.

16. Тагаев О.Н. Регрессионные модели с переменной структурой (фиктивные переменные) [Электрон. ресурс] // Достижения науки и образования. 2020. № 3(57). С. 28–33. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/regressionnye-modeli-s-peremennoy-strukturoy-fiktivnye-peremennye/viewer>.

17. Тупицына О.В. Исследование эффективности деятельности предприятий АПК методом регрессионного анализа с использованием фиктивных переменных наклона // Финансовая экономика. 2019. № 7. С. 334–336.

References

1. Aslanova G.N., Seferova Z.A. Construction of pair and multiple regression models for forecasting vegetable yields [Internet]. Kiberleninka. UEPS: upravleniye, ekonomika, politika, sotsiologiya = Cyberleninka. UEPS: management, economics, politics, sociology. 2019: 48-53. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-modeley-parnoy-i-mnozhestvennoy-regressii-dlya-prognozirovaniya-urozhaynosti-ovoschey/viewer>. (In Russ.)

2. Bayanova O.V. Analysis of forage crop production [Internet]. Modern Economy Success = Modern Economy Success. 2020; 1: 87-90. Available from: https://elibrary.ru/download/elibrary_42626111_82966744.pdf. (In Russ.)

3. Goibov M.A., Zayniddinzoda S.D. The Impact of Fertilizer Application on Grain Crops Yields in the Agricultural Sector of the Republic of Tajikistan. Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova = Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics. 2023; 20; 5(131): 33-37. (In Russ.)

4. Goibov M.A., Pirizoda D.S. Econometric Assessment of Factors Affecting Agricultural Wheat Production in the Sughd Region of the Republic of Tajikistan. Ekonomika Tsentral'noy Azii = Economy of Central Asia. 2024; 8; 1: 53-60.

5. Kononchuk V.V., Iovik L.N. Econometric Analysis of the Use of Various Types of Organic Fertilizers in Determining Crop Yields [Internet]. Ekologicheskii vestnik = Ecological Bulletin. 2016; 2: 104-109. Available from: https://elibrary.ru/download/elibrary_44546362_55717904.pdf. (In Russ.)

6. Ovcharov A.O., Terekhov A.M. Econometric analysis of the use of biological assets in agricultural organizations. Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics. 2020; 17(1): 79-87. DOI: 10.21686/2500-3925-2020-1-79-87. (In Russ.)

7. Feyzullayeva R.E. Econometric analysis of the dependence of grain crop yield on the amount of insecticides used. Khronoekonomika = Chronoeconomics. 2019; 1(14): 98-102. https://elibrary.ru/download/elibrary_36952034_36618173.pdf. (In Russ.)

8. Shirnayeveva S.YU. Various approaches to forecasting the yield of grain crops. Nauka XXI veka: aktual'nyye napravleniya razvitiya = Science of the XXI century: current directions of development. 2022; 1-2: 129-132. (In Russ.)

9. Yaromenko N.N., Kulak A.A., Ovsienko A.A. Econometric analysis of factors influencing grain yields (on the example of agricultural organizations in the central zone of the Krasnodar Territory). Yestestvenno-gumanitarnyye issledovaniya = Natural Sciences and Humanities Research. 2020; 30(4): 269-274. (In Russ.)

10. Bisolbi-T [Internet]. Agrosvetorg. Katalog. Pestitsidy, mikroelementy i mikrobiologicheskiye preparaty = Agrosvetorg. Catalog. Pesticides, microelements and microbiological preparations. Available from: https://agrosvetorg.ru/bisolbi_t?ysclid=m268d3fp91152556798. (In Russ.)

11. Ekstrasol [Internet]. Gruppa kompaniy Baltik Terra. Produktsiya. Mineral'nyye udobreniya = Baltic Terra Group of Companies. Products. Mineral fertilizers. Available from: <https://baltic-terra.ru/catalog/udobreniya/mikrobiologicheskie/tproduct/592871081-531182725651-ekstrasol>. (In Russ.)

12. Yeliseyeva I.I., Kurysheva S.V. Dummy variables in data analysis. Sotsiologiya: metodologiya, metody, matematicheskoye modelirovaniye = Sociology: methodology, methods, mathematical modeling. 2010; 30: 43-63. (In Russ.)

13. Gridneva I.V., Gridnev A.S. Construction of a regression model with dummy variables. V sbornike: Innovatsionnyye tekhnologii i tekhnicheskkiye sredstva dlya APK. materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 110-letiyu FGBOU VO «Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni imperatora Petra I» = In the collection: Innovative technologies and technical means for the agro-industrial complex. materials of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists dedicated to the 110th anniversary of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh: State Agrarian University named

after Emperor Peter I". Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I; 2022: 134-138. (In Russ.)

14. Kolikova E.Ye., Pyn'ko L.Ye., Sergeeva K.I. Dummy variables in the regression equation [Internet]. Nauchnyye issledovaniya XXI veka = Scientific research of the XXI century. 2023; 4(24): 39-43. Available from: https://elibrary.ru/download/elibrary_54384228_65451791.pdf. (In Russ.)

15. Novikov A.I. Ekonometrika = Econometrics [Internet]. Moscow: Publishing and trading corporation "Dashkov i K"; 2019: 75-76. Available from: <https://znanium.com/catalog/product/1093036>. (In Russ.)

16. Tagayev O.N. Regression models with variable structure (dummy variables) [Internet]. Dostizheniya nauki i obrazovaniya = Achievements of science and education. 2020; 3(57): 28-33. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/regressionnye-modeli-s-peremennoy-strukturoy-fiktivnye-peremennye/viewer>. (In Russ.)

17. Tupitsyna O.V. Study of the efficiency of agricultural enterprises by the method of regression analysis using dummy slope variables. Finansovaya ekonomika = Financial Economics. 2019; 7: 334-336. (In Russ.)

Сведения об авторе

Оксана Анатольевна Шихова

К.э.н., доцент кафедры экономики и управления в АПК

*Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия
им. Н.В. Верещагина, Вологда, Россия
Эл. почта: oksana-shikhova@yandex.ru*

Information about the author

Oksana Anatolievna Shikhova

*Cand. Sci. (Economics), Associate professor of the department of economics and management in AIC Vologda state dairy farming academy named after N.V. Vereshchagin,
Vologda, Russia*

E-mail: oksana-shikhova@yandex.ru