

УДК 338.001.36: 636.5.033, 638.45, 638.2
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-26-33>
 обзорная статья/review

Юматов Е.Н.¹,
 Евлагина Е.Г.²

¹ Исследователь (индивидуальный предприниматель), 443122, Россия, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 294, кв. 32
 E-mail: trast1207@mail.ru

² Научно-исследовательская станция шелководства — филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 357432, Россия, Ставропольский край, г. Железноводск, ул. Пушкина, 13
 E-mail: kim307@bk.ru

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, мучной червь, тутовый шелкопряд (*B. mori*), оценка жизненного цикла, индекс производственной эффективности (PEI), стоимость кормления, выход продукции

Для цитирования: Юматов Е.Н., Евлагина Е.Г. Сравнительные производственно-экономические показатели традиционных и альтернативных производственных систем получения животного белка: цыплята-бройлеры, мучной червь и тутовый шелкопряд. Аграрная наука. 2022; 358 (4): 26–33.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-43-26-33>

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

Авторы объявили, что нет никаких конфликтов интересов.

Evgeniy N. Yumatov¹,
 Elena G. Evlagina²

¹ Researcher (sole proprietor), 443122, Russia, Samara, st. Moscow highway, 294, apt. 32
 E-mail: trast1207@mail.ru

² Research Station of Sericulture — branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «The North Caucasus federal agricultural research centre», 357432, Russia, Zheleznovodsk, pos. Inozemtsevo, st. Pushkin, 13
 E-mail: kim307@bk.ru

Key words: broiler chickens, mealworm, silkworm (*B. mori*), life cycle assessment (LCA), production efficiency index (PEI), feed price, yield products

For citation: Yumatov E.N., Evlagina E.G. Comparative production and economic indicators of traditional and alternative animal protein production systems: broiler chickens, mealworm and silkworm. Agrarian Science. 2022; 358 (4): 26–33. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-26-33>

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

The authors declare no conflict of interest.

Сравнительные производственно-экономические показатели традиционных и альтернативных производственных систем получения животного белка: цыплята-бройлеры, мучной червь и тутовый шелкопряд

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В сегменте альтернативных традиционным источников белка, используемых в качестве ингредиентов кормов или пищевых продуктов, в последнее десятилетие реализуется значительное количество новых проектов. Новые предприятия получают значительные инвестиции от крупнейших глобальных компаний и фондов, которые считают, что белок насекомых в частности обладает наивысшим потенциалом. Помимо основных причин — изменения демографической ситуации и климата, другими причинами для использования альтернативных белков в целом называются: более высокая пищевая ценность и устойчивость, меньший экологический след, более рентабельное промышленное производство, чем животноводство и аквакультура. Цель данного исследования заключается в сравнительном анализе производственно-экономических показателей традиционной и наиболее эффективной производственной системы получения животного белка — птицеводства (в частности, производство мясных пород птицы — бройлеров), желтого мучного червя (*Tenebrio molitor*), выращиваемого в ЕС прежде всего с целью получения высокобелкового ингредиента, используемого в качестве альтернативы рыбной муке в кормах для животных и аквакультуры, и тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) — широко используемого в странах Юго-Восточной Азии, Индии, Бразилии, но практически не рассматриваемого в РФ, США и ЕС в качестве альтернативного источника белка животного происхождения.

Методы. Сбор и анализ публичных данных: информации, представленной в исследовательских работах, рекомендациях научных организаций, доступной коммерческой информации и новостных публикаций, способствующих выявлению данных для проведения сравнительного анализа производственных систем. Методология исследования основана на теоретическом подходе с применением методов анализа, индукции, дедукции, сравнения, обобщения, синтеза.

Результаты. В качестве предпочтительной альтернативы традиционным источникам белка на основании сочетания производственно-экономических показателей, таких как: продуктивная эффективность, выход продукции с 1 м² площади откорма, количество производственных циклов за год, возможно рассматривать *Bombyx mori*. По данным показателям он сопоставим или превосходит Broiler.

Comparative production and economic indicators of traditional and alternative animal protein production systems: broiler chickens, mealworm and silkworm

ABSTRACT

Relevance. A significant number of new projects have been implemented in the last decade in the segment of alternative protein sources used as feed or food ingredients. New ventures receive significant investments from the largest global companies and foundations, that believe insect protein has the highest potential of all other sources of protein. In addition to the main reasons for the usage of alternative proteins, which are demographics and climate changes, other reasons include higher nutritional value and sustainability, smaller ecological footprint, more profitable industrial production in comparison to animal husbandry and aquaculture. The purpose of this study is to compare the performance and economic indicators of the most efficient traditional production system for obtaining animal protein, which is poultry farming (in particular, the production of poultry meat breeds of broilers) with yellow mealworm (*Tenebrio molitor*), that is cultivated in the EU mainly to obtain a high-protein ingredient used as an alternative to fishmeal in animal feed and aquaculture, and silkworm (*Bombyx mori*) which is widely cultivated in Southeast Asia, India, Brazil, but hardly considered in the Russian Federation, US, and EU as an alternative source of animal protein.

Methods. Collection and analysis of public data: information presented in research papers, recommendations from scientific organizations, available commercial information and news publications that help identify data for comparative analysis of production systems. The research methodology is based on a theoretical approach using methods of analysis, induction, deduction, comparison, generalization, and synthesis.

Results. *Bombyx mori* can be viewed as a preferred alternative to traditional protein sources based on a combination of performance and economic indicators such as productive efficiency, production yield per 1 m² of feeding area, number of production cycles per year. According to these indicators, it is comparable or superior to Broiler chicken.

Поступила: 6 марта 2022
 Принята к публикации: 28 марта 2022

Received: 6 March 2022
 Accepted: 28 March 2022

Введение

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Европейская комиссия и другие международные организации обычно рекомендуют метод оценки жизненного цикла (Life Cycle Assessment, далее LCA) как современный инструмент повышения энергоэффективности, ресурсосбережения и снижения негативного воздействия на окружающую среду. Стандартными этапами LCA являются: определение цели и области применения, инвентаризационный анализ, оценка воздействия и интерпретация [1].

Производственно-экономические показатели (основная часть инвентаризационного анализа) первичны по отношению к экологическим показателям, которые являются, по сути, их производными. Они являются ключевыми для оценки и принятия решения при планировании и реализации крупномасштабных производственных проектов. Эффективное производство, в свою очередь, должно способствовать снижению воздействия на окружающую среду.

Оценка жизненного цикла системы производства и переработки *B. mori*, используемого в качестве альтернативы традиционным источникам животного белка, в настоящее время не рассматривалась и не проводилась. Существуют единичные исследования, касающиеся LCA *B. mori* только в традиционном варианте его использования — получение сырья для производства шелковых тканей и изделий из них [2, 3].

В данной статье представлен сравнительный анализ следующих производственных систем: птицеводство, традиционное шелководство, производство мучного червя, которые являются отраслями животноводства. Современные способы выращивания *T. molitor* и *B. mori* имеют значительное сходство с технологиями, используемыми в птицеводстве, а именно:

- возможность интенсивного круглогодичного производства с использованием комбикорма для *Broiler*, искусственного корма (аналоги комбикорма) для *B. mori* и для *T. molitor*;

- возможность использования многоярусного разведения: многоярусные клеточные батареи для бройлеров и многоярусное размещение лотков (коробок или клеток) с личинками *T. molitor* или *B. mori* с целью наиболее эффективного использования площади производственных помещений.

Производственные и экономические показатели эффективности, используемые в птицеводстве, такие как индекс продуктивной эффективности (PEI или EPEF) [4], «цена кормления» (стоимость корма/1 кг прироста), показатели эффективности использования производственных площадей (выход продукции кг/1 м² за один оборот и за год) и другие, возможно и необходимо использовать для сравнительного анализа в отношении альтернативных источников белка: *T. molitor* и *B. mori*.

Основные виды насекомых и общее количество компаний — производителей белка насекомых, которые в настоящее время выращиваются в ЕС и продукты из которых доступны на европейском рынке: сверчок домовый, или сверчок домашний (лат. *Acheta domestica*), — 35, большой мучной

хрущак, или мучной жук (лат. *Tenebrio molitor*), — 20, малый мучной червь, или жук-мусорщик (лат. *Alphitobius diaperinus*), — 16, перелетная саранча, или азиатская саранча (лат. *Locusta migratoria*), — 10 [5]. Самая финансируемая компания сегмента — Ynsect — рассматривает производные мучного червя не только в качестве премиальной альтернативы рыбной муке (ŸnMeal™), но и как ингредиент спортивного питания [6].

Накопленный в Японии в предыдущие годы опыт позволил реализовать, возобновив на новом технологическом уровне, в 2018 году проект «Silk on valley Yamaga» корпорации Atsumaru Holdings Inc. [7] круглогодичного воспроизводства тутового шелкопряда с использованием искусственного корма до 24 раз в год. В Китае Babe Group Co., Ltd. в 2019 году была реализована первая очередь крупномасштабного проекта по производству 10 000 тонн шелковых коконов в год, также с использованием искусственного корма [8].

В последнее время все более актуальными направлениями использования продукции шелководства становятся фундаментальные исследования, в которых тутовый шелкопряд выступает в качестве экспериментального (лабораторного) животного, тест-системы, исходного сырья для фармакологической промышленности, биомедицины, биотехнологий, а также производства косметических средств. В Японии, Китае и Южной Корее существуют предприятия, которые перерабатывают оболочку кокона и куколку тутового шелкопряда, в том числе и для получения многофункциональных пищевых продуктов.

Методика

Сбор и анализ публичных данных: информации, представленной в исследовательских работах, рекомендациях научных организаций, доступной коммерческой информации и новостных публикаций, в том числе материалы собственных экспериментальных исследований по химическому составу биомассы тутового шелкопряда и технологии его культивирования, способствующих выявлению данных для проведения сравнительного анализа производственных систем. Методология исследования основана на теоретическом подходе с применением методов анализа.

Результаты

Жизненный цикл и особенности развития *T. molitor* и *B. mori* представлены в таблице 1.

Таблица 1. Общие данные жизненного цикла: *T. molitor* и *B. mori*

Table 1. General life cycle data: *T. molitor* and *B. mori*

Показатели	<i>T. molitor</i> [9, 10]	<i>B. mori</i> [11, 13]
Количество яиц, откладываемых одной самкой, шт.	От 250 до 500	От 400 до 600
Стадия яйца (период инкубации), дней	От 7 до 15	От 10 до 14
Стадия личинки, дней	От 112 до 241,9	20–25 — для 3-линочных; 24–39 — для 4-линочных
Стадия куколки, дней	От 5 до 9	От 10 до 15
Взрослая стадия (имаго), дней	От 31,8 до 62,5	7
Общее среднее количество возрастов (личинки)	От 11 до 19	4–5
Срок жизни (полный цикл), дней	От 80 до 294	От 50 до 60

Особенностью *T. molitor* является изменчивость развития на стадии личинки, которая проявляется в периодах линек и количестве возрастов, окукливание может происходить в разном возрасте, что приводит к каннибализму [12].

Факторы внешней среды, такие как температура, влажность, режим освещения, аэрация, а наряду с ними и пищевой фактор играют важную роль в росте и развитии тутового шелкопряда, оказывают влияние на его жизнеспособность и продуктивность. Перечисленные факторы непостоянны и должны соответствовать периоду и стадии развития тутового шелкопряда. Среднее время, необходимое для развития шелкопряда с 1-го по 5-й возраст составляет от 17 дней и 19 часов до 24 дней 10 часов при температуре внешней среды 28°C и 24°C соответственно [11]. Данные по количеству съеденных и переваренных листьев шелковицы с 4-го по 5-й возраст — 97%, в 5-м возрасте — около 88% [14].

T. Molitor. Данные для определения производственно-экономических параметров

S. van Broekhoven et al. (2015) исследовали рост и эффективность преобразования корма трех видов *T. molitor* при использовании различных экспериментальных диет для установления сроков выращивания, выживаемости, морфометрических показателей [15]. J.A. Morales-Ramos et al. (2015) провели морфометрический анализ *T. molitor* и выявили основные характеристики во взаимосвязи между размером и стадией развития [10]. В другой работе J. A. Morales-Ramos et al. (2015) исследовали влияние плотности размещения при выращивании личинок на эффективность использования пищи *T. molitor* [16]. Kim S.Y. et al. (2016) были исследованы рост и выживаемость *T. molitor* при использовании различных диет [17]. N.T.G.M. Ribeiro (2017) исследовал взаимосвязь относительной влажности воздуха и выживаемости личинок [9]. J.L. Andersen et al. (2017) приводят «Рекомендации по выращиванию и содержанию обычного мучного червя» [18]. A. Thévenot et al. (2018) осуществили экологическую оценку характеристик *T. molitor* на основании данных, полученных от компании-производителя Ynsect [19]. C. Coudron и D. Deruytтер (2019) провели оценку коммерческого корма и корма, содержащего в основном пшеничные отруби, с учетом коэффициента конверсии корма (feed conversion rate, далее FCR) и времени выращивания *T. molitor* [20]. A. Bordiean et al. (2020) исследовали сравнительное воздействие 13 различных рационов питания на *T. molitor* [21]. A. Hubert, Ynsect CEO, приводит данные о сроках выращивания *T. molitor* [22].

Приведенные выше данные обобщены в таблицах 2 и 3. Данные в таблице 3 сформированы на основании показателей из первоисточников, влияющих на откорм, переведены в м².

B. mori. Данные для определения производственно-экономических параметров

Первые искусственные корма для выращивания *B. mori* были изготовлены в северо-восточном районе Китая еще до начала Второй мировой войны. Позднее, в 1960 году, было получено первое научное доказательство возможности разведения шелкопряда с использованием искусственной диеты, что послужило быстрому прогрессу в исследованиях и разработке различных вариантов искусственных диет и их дальнейшей оптимизации [23].

S. Kamioka et al. (1971) исследовали эффективность переваривания и использования искусственной диеты с различным содержанием соевого шрота [24]. T. Yamamoto и T. Fujimaki (1982) была исследована эффективность выращивания 16 пород тутового шелкопряда на искусственном рационе, определено различие в количестве искусственной диеты, поглощенной и переваренной одной личинкой [25]. H. Sumioka et al. (1982), исследуя количество искусственного корма и переваривание личинок 5-го возраста *B. mori*, применяли индексно-ограниченный метод кормления. Кормовой индекс по живой массе был установлен на 6 уровнях от 0.1 до 0.8. Было установлено, что эффективность преобразования была улучшена за счет ограничения количества задаваемого корма [26]. F. Matsubara et al. (1988) исследовали эффективность использования искусственной диеты для *B. mori* методом 2-кратного кормления для всех возрастов [27]. R.Y. Chen et al. (1992) описали практику выращивания *B. mori* с использованием искусственных кормов в течение всего года: 36 раз в год при инкубации грены 3 раза в месяц с 10-дневным интерва-

Таблица 2. Сводные данные для определения продуктивной эффективности *T. Molitor* и *B. mori*

Table 2. Summary of productive efficacy of *T. molitor* and *B. mori*

Показатели				Источники
масса личинки (<i>T. molitor</i> – мг, <i>B. mori</i> – г)	жизнеспособность (%)	возраст (дней)	FCR	
<i>T. molitor</i>				
112–131	85–93	8,3	-	[9]
-	-	11–13	1,98	[19]
104,9	82,0	-	-	[18]
170–180	-	7–9	-	[17]
100–140	71,0–92,0	11,3–16,7	2,62–6,05	[15]
127,3–139,0	93,3–98,9	13–14	-	[17]
132	-	9–12	1,63–2,14	[20]
114,2–134,4	96,5	9	1,57–2,08	[21]
-	-	8,6–12,9	-	[22]
<i>B. mori</i>				
0,72–0,78*	-	-	1,67–2,0	[24]
2,62–2,76*	-	-	2,47–2,86	[24]
4,60–4,98	91,4–94,7	24	1,71–1,85	[31]

Примечание:

1. 0,72–0,78* — конец 4-го возраста, 2,62–2,76* — конец 5-го возраста.

2. FCR рассчитывался, исходя из живого веса зрелой личинки 5-го возраста и потребленного за весь период откорма (с 1-го по 5-й возраст) искусственной диеты (FCR: 1,71–1,85 — 1793 особей/м²).

Таблица 3. Плотность посадки, выход продукции с 1 м² и количество циклов откорма в год *T. molitor* и *B. mori*

Table 3. Stocking density, yield per m² and number of fattening cycles per year for *T. molitor* and *B. mori*

Показатели	Источники			
	[18]	[16]	[20]	[30, 31]
	<i>T. molitor</i>			<i>B. mori</i>
Плотность посадки, особей/м ²	41 666	до 35 100	62 500	1793
Выживаемость, %	96,5		96,5	91,4–97,4
Вес зрелой личинки, мг	170,0–180,0	96,4–136,2*	132,0	4,6–4,98
Выход продукции, кг/м ²	7,5	~3,86	8,25	7,5–8,5
Длительность откорма, недель	7–9	16	9	3,43
Количество годовых циклов	5,8–7,5	3,25	5,8	15
Выход продукции с 1 м ² , кг/год	43,5–56,25	12,54	47,85	113,1–127,5

Примечание:

* — прирост живой массы (LWG).

Таблица 4. Диапазон рекомендуемых показателей внешней среды при выращивании *Broiler*, *T. molitor* и *B. mori* за весь период откорма

Table 4. Range of recommended environmental parameters for growing *Broiler*, *T. molitor* and *B. mori* for the entire fattening period

Объекты	Относительная влажность (RH), %	Температура, °C	Программа освещения, часы	Источники
<i>Broiler</i>	50–70	22–32	23 С и 1 Т или 19 С и 5 Т	[35, 36, 37]
<i>T. molitor</i>	50–70	25–28	12 С и 12 Т или 14 С и 10 Т	[10, 15, 17]
<i>B. mori</i>	65–85	24–30	6 С и 18 Т или 9 С и 15 Т	[29, 38]

Примечание:

Программа освещения: С — свет, Т — темнота.

Таблица 5. Примерное содержание основных питательных веществ: *Broiler*, *T. Molitor*, *B. mori*

Table 5. Estimated key nutrient content: *Broiler*, *T. molitor*, *B. mori*

Объекты	Вода (%)	Белок (%)	Жир (%)	Зола (%)	Источники
<i>Broiler</i> (живая птица)	56,1–71,8	15,7–23,3	2,6–23,5	1,9–3,9	[39]
<i>Broiler</i> (после убоя)	59,2–70,9	16,3–18,4	9,5–23,3	2,0–2,5	[40]
<i>T. molitor</i> (свежие личинки)	66,6–72,7	45,1–48,6*	18,9–27,6*	–	[15]
<i>B. mori</i>					
Личинки:					
4-й возраст		54,9–57,6	10,5–11,4	5,5–5,9	[41]
5-й возраст	75,83	66,7–70,1*	13,8–20,6*	1,32–10,6*	[42, 43]
Оболочка кокона	1,48	96,7–98,2	0,8–1,0	1,0–1,4	[44, 45]
Куколка тутового шелкопряда	73,0–76,8	13,8–16,8 61,9–62,7*	20,1–25,1*	1,1–1,33	[46, 47, 48]

Примечание:

* — в абсолютно сухом веществе

лом. Для выращивания использовалась искусственная диета, которая задавалась двукратно за весь период выкормки [28]. Н. Shinbo and H.A. Yanagawa (1994) описали технологию недорогих искусственных диет для *B. mori* с использованием метода линейного программирования, а также разведение линий-полифагов тутового шелко-

пряда, основными компонентами диеты для которых являются: обезжиренная соевая мука, кукурузная мука и рапсовые отруби, на долю которых приходится 88,6% от доли всех ингредиентов искусственной диеты [29]. J. Machida et al. (1996) определили оптимальное содержание влаги в искусственном корме [30]. О. Ninagi et al. (1997) исследовали и выявили эффект увеличения плотности размещения *B. mori* [31]. Y. Aso, K. Tanaka (2019) представили описание коммерциализированной технологии умного шелководства и данные о плотности разведения *B. mori* в 4–5-м возрастах [32]. R. Hirayama (2020) выявил, что введение второстепенных компонентов (минеральные вещества, липиды и стеролы, а также витамины группы В) в искусственную диету *B. mori* не влияет на развитие личинок и образование кокона, что свидетельствует о необязательном добавлении этих ингредиентов [33]. Приведенные выше данные обобщены в таблицах 2 и 3.

Следует отметить, что на практике используется раздельное выращивание *B. mori* с 1-го по 3-й возраст (младшие возраста) и 4–5-го возрастов. Необходимая площадь для выращивания младших возрастов шелкопряда в зависимости от вида корма и метода кормления в среднем в 3,5 раза меньше площади, которая необходима для выращивания шелкопряда в 4–5-м возрастах. Раздельное выращивание способствует более эффективному использованию площади и позволяет увеличить количество циклов откорма до 24 в год (длительность откорма шелкопряда с 4-го по 5-й возраст до завивки кокона — 15 дней) [32, 34]. Данные показатели представлены в таблице 7.

Параметры внешней среды

Диапазон рекомендуемых показателей внешней среды, влияющих самым существенным образом на эффективность откорма и производственную себестоимость, представлены в таблице 4.

Пищевая ценность

В таблице 5 представлен сравнительный состав основных питательных веществ, содержащихся в цыплятах-бройлерах, мучном черве и тутовом шелкопряде.

Продуктивная эффективность сравниваемых объектов исследования

Для оценки продуктивной эффективности бройлеров используется индекс производственной эффективно-

сти (production efficiency index, далее PEI). Индекс учитывает массу тела (Body weight, kg), жизнеспособность (Livability, %), возраст (Age, days) и коэффициент конверсии корма (FCR — feed conversion ratio) и рассчитывается по следующей формуле [4]

$$PEI (\%) = \frac{Body\ weight\ (kg) \times Livability\ (\%) \times 100}{Age\ (days) \times feed\ conversion\ ratio}$$

В других источниках он называется Европейским индексом производственной эффективности [49, 50]. Т. van Limbergen et al. (2020) сообщают, что Европейский производственный индекс бройлерных ферм 7 стран — членов ЕС находится в диапазоне от 183,93 до 432,17 (среднее значение — 338,41) [51].

Показатели для бройлеров (клеточная технология выращивания с роботизированной выгрузкой) основаны на исследованиях В.И. Фисинина, А.Ш. Кавтарашвили (2016) [52].

Показатели для *T. molitor* основаны на данных А. Bordiean et al. (2020) [21], представленных выше, а показатели для *B. mori* — показатели, основанные на данных О. Ninagi et al. (1997), при плотности разведения 1793 особей/м² [31].

Показатель PEI отражает прежде всего индивидуальные генетические особенности той или иной линии *Broiller*. Исходя из этого и силу того, что индивидуальный вес одной особи *B. mori* (г) и *T. molitor* (мг) на порядки меньше индивидуального веса *Broiller* (кг), использован коэффициент 1000 для *B. mori* и 10000 для *T. Molitor*. Обобщенные данные представлены в таблице 6.

Необходимо отметить, что FCR для птицы рассчитывается при откорме на комбикорме или сложных кормовых смесях. Содержание влаги в таких кормах находится в пределах 11,7–12,4% [53], при расчете FCR не учитывается это отдельное водопотребление. За цикл откорма затраты на каждую птицу составляют в среднем 7,63 литра, что при среднем весе в 2,4 кг требует для набора 1 кг живого веса 3,18 литра воды [54].

Производственные показатели эффективности

Для сравнительного анализа производственных показателей эффективности использовались данные производителя клеточного оборудования для бройлеров — компании ТЕХНА [55]. В модели «ROBOT» возможно 3- или 4-ярусное исполнение. При 4-ярусном исполнении общая высота конструкции составляет 3376 мм (высота яруса — 654 мм, высота проема выгрузки птицы — 190 мм). В данной высоте при вертикальном штабелировании возможно разместить 17 ярусов со стеллажами для выращивания тутового шелкопряда. Эти расчетные данные основаны на размерах клетки для разведения шелкопряда,

габаритные размеры которой составляют: 730 × 610 × 130 мм (длина × ширина × высота) [32], и данных, представленных в патентной документации на «Устройство для разведения тутового шелкопряда» [56], в котором высота полки для разведения составляет 199 мм. Для *B. mori* использованы расчетные показатели, основанные на данных J. Machida et al. (1996) [30] и О. Ninagi et al. (1997) [31] по коммерческому тутовому шелкопряду «Shin-Asagiri» (гибрид N 601 × C 601), выращиваемому на корме с содержанием влаги 65%. Сводные сравнительные показатели представлены в таблице 7.

Экономические показатели эффективности

Расходы на питание представляют наиболее существенную статью затрат при откорме. Одним из параметров экономической оценки эффективности является показатель «цена кормления», определяемый как отношение стоимости корма к 1 кг прироста (стоимость корма / 1 кг прибавки, €/кг прибавки) [49]. Для сравнительной оценки использовались данные: P.L.M. van Horne (2018) — для *Broiller* [57], С. Coudron и D. Deruytter (2019) — для *T. molitor* [20]. Для сравнительного анализа цены кормления для *B. mori* использовались данные по составу диеты LPY-501 [29]. Расчет стоимости диеты LPY-501 проводился, исходя из рыночной стоимости ингредиентов. Кроме того, была учтена стоимость воды, необходимой для приготовления искусственной диеты тутового шелкопряда, окончательная цена на искус-

Таблица 6. Индекс продуктивной эффективности (PEI): *Broiller*, *T. molitor*, *B. mori*

Table 6. Productive Efficiency Index (PEI): *Broiller*, *T. molitor*, *B. mori*

Показатели	<i>Broiller</i> (живой вес)	<i>T. molitor</i> (личинка)	<i>B. mori</i> (зрелая личинка 5-го возраста)
Масса тела (кг)	2621,0	0,0001142–0,0001344	0,0046–0,004984
Жизнеспособность (%)	97,6	96,5	91,4–94,7
Возраст (дней)	38,5	63	24
FCR	1,64	1,57–1,63	1,71–1,85
PEI	406,1	107,3–131,1	946,9–1150,1

Таблица 7. Сравнительные характеристики клеточной технологии выращивания *Broiller* и *B. mori* при ярусном размещении на стеллажах

Table 7. Comparative characteristics of cell technology for growing *Broiller* and *B. mori* in tiered placement on racks

Показатели	<i>Broiller</i>	<i>B. mori</i>
Средний срок выращивания (дни)	38,5	15
Количество циклов откорма за 1 год	6,95	24,0
Живая масса 1 головы/особи в конце выращивания (г)	2621,0	4,984
Сохранность поголовья (%)	97,6	91,4–94,7
Плотность посадки (особей/м ²)	24	1389,9
Количество особей при расположении на ярусах (особей/м ²)	96	23 628
Выход в живом весе		
Вес (кг/м ²)	61,4	6,3–6,6
Вес с 1 м ² при ярусном размещении за один цикл откорма (кг/м ²)	245,6	107,6–111,5
Вес с 1 м ² площади кормления в год (кг/м ²)	1706,9	2582,4–2676,5
Содержание сырого протеина в живом весе, полученном с 1 м ² в год (кг)	262,9–319,2	416,1–433,2

Таблица 8. Сравнительные показатели цены кормления (стоимость корма / 1 кг прироста): *Broiller*, *T. molitor*, *B. mori*

Table 8. Feeding price comparisons (feed cost / kg weight gain): *Broiller*, *T. molitor*, *B. mori*

Корм	Цена корма	FCR	Цена кормления	Время 1-го цикла
Единица измерения	EUR / кг корма		EUR / кг живого веса	Неделя
Корм для <i>Broiller</i>	0,29–0,33	1,58–1,72	0,45–0,57	~5–6
Корм для <i>T. molitor</i>	0,53	1,63	0,86	9
Корм для <i>B. mori</i>	0,38–0,40	1,71–1,85	0,65–0,74	3,43

ственную диету составила 112,1% от стоимости сырья, использованного для приготовления [58]. С учетом использованных для сравнительного анализа данных для *Broiller* — P.L.M. van Horne (2018) [56] и *T. molitor* — C. Coudron and D. Deruytter (2019) [20], использовалась ретроспектива цен на ингредиенты. Сравнительные данные по цене кормления представлены в таблице 8.

Выводы

Предпринятый в данной работе сравнительный анализ основан на сопоставлении основных производственно-экономических показателей, касающихся наиболее важных и затратных моментов производства, которые являются наиболее существенными при формировании производственной себестоимости, в данном случае, сырья и его последующей переработки.

T. molitor был исключен из сравнительного анализа производственных показателей после оценки его продуктивной эффективности. Особенности жизненного цикла, а именно его длительность, не позволяют рассматривать его в настоящий момент в качестве экономически выгодной альтернативы традиционным источникам белка. Аналогичные выводы содержатся в исследованиях по оценке экологических характеристик (LCA) A. Thévenot et al. (2018) и B. Arru et al. (2019), которые считают, воздействие на килограмм протеина у *T. molitor* выше, чем у соевой или рыбной муки, а введение в рацион муки из *T. molitor* приведет к увеличению затрат на кормление из-за высоких рыночных цен на эту муку и менее удобного коэффициента конверсии корма, чем у рыбной муки. Таким образом, ожидаемые экологические выгоды от использования этой многообещающей муки из насекомых в кормах не соответствуют текущим экономическим интересам отрасли птицеводства и аквакультуры [19, 59].

Запущенная компанией Ynsect вместе с другими производителями программа Ynfabre, направленная на реализацию программы геномной селекции для улучшения разведения насекомых (прежде всего для *T. molitor*),

предполагает разработку многокритериального подхода с отбором, ориентированным на четыре основные признака, представляющие дополнительный интерес, а именно: рост, фертильность, конверсия корма и сопротивляемость болезням. Ранее запущенные проекты Ynsect позволили идентифицировать породу червя *Buffalo* (лат. *Alphitobius diaperinus*), который обеспечивает рост на 25% быстрее, чем у исходного материала. Планируется к 2026 году добиться увеличения производственных показателей выращивания *T. molitor* более чем на 15% [60].

Возможно предположить, что достижение целевых показателей по увеличению производительности *T. molitor* будет недостаточным для достижения хотя бы паритета по показателям эффективности в сравнении с *Broiller* и *B. mori*.

B. mori, уступая *Broiller* по показателю «цена кормления», тем не менее за счет большего количества циклов откорма в год имеет более высокий показатель выхода продукции с 1 м².

Кроме того, при сопоставимых условиях внешней среды: относительной влажности воздуха, температуры, режима освещения, а также потребности в воде выращивание *B. mori* эффективней с экономической точки зрения, чем *Broiller* по аналогичным показателям, что, безусловно, отразится на формировании производственной себестоимости продукции.

Показатель FCR у *B. mori* в 4-м возрасте выше в среднем на 50% в сравнении с 5-м возрастом. Изменение программы выращивания с учетом данного фактора, по всей видимости, даст возможность увеличить количество оборотов за год, снизив при этом в целом производственную себестоимость продукции.

Представленные производственно-экономические показатели дают основание с большой долей уверенности предполагать, что и с точки зрения оценки LCA воздействие на экологию системы производства *B. mori* будет наименьшим в сравнении с *T. molitor* и *Broiller*.

Авторами представлен и обоснован комплексный взгляд на способ получения альтернативного источника животного белка с использованием *B. mori*. Концепция «Новое шелководство», по мнению авторов, — перспективная производственная система, в которой соотношение «корм — животное» обладает наилучшими производственно-экономическими показателями и меньшим экологическим воздействием, которая является наиболее эффективной и устойчивой альтернативой традиционным производственным системам получения животного белка.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- 1 Cucurachi S., Scherer L., Guinée J., Tukker A. Life Cycle Assessment of Food Systems // One Earth. 2019. 1. № 3. С. 292–297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.014>
- 2 Mancuso A. C. B., Werner L. Review of combining forecasts approaches // Independent journal of management & production. – 2013. – Т. 4. – №. 1. – С. 248–277. C.DOI: 10.14807/ijmp.v4i1
- 3 Astudillo M. F., Thalwitz G., Vollrath F. Life cycle assessment of Indian silk // Journal of Cleaner Production. 2014. 81. С. 158–167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.007>
- 4 Martins J. M.S., Carvalho C. M.C., Litz F. H., Silveira M.

- M., Moraes C. A., Silva M. C.A., Fagundes N. S., Fernandes E. A. Productive and Economic Performance of Broiler Chickens Subjected to Different Nutritional Plans // Brazilian Journal of Poultry Science. 2016. 18. С. 209–216. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0037>
- 5 Pippinato L., Gasco L., Di Vita G., Mancuso T. Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study // Journal of Insects as Food and Feed. 2020. 6. № 4. С. 371–381. DOI: 10.3920/JIFF2020.0008
- 6 Drumm S. Macho mealworms: Ynsect is muscling into sports

nutrition // Sifted. – 2021. – 18.02.2021. Available from: <https://sifted.eu/articles/ynsect-sports-nutrition/>

7 SILK on VALLEY. SILK on VALLEY – The new silk sericulture plan by Yamaga-shi, Kumamoto [Электронный ресурс]. URL: <https://silk-on-valley.atsumaru.jp/en/news/> (дата обращения: 13.03.2022.895Z).

8 Zhao Y. Babe Group realizes factory-based silkworm breeding with full-age artificial feed_Oriental Fortune Network [Электронный ресурс]. URL: <http://finance.eastmoney.com/a/201901211030371441.html> (дата обращения: 13.03.2022.978Z)

9 Ribeiro N. T. G. M. *Tenebrio molitor* for food or feed: rearing conditions and the effects of pesticides on its performance: дис. – 2017. Available from: <http://hdl.handle.net/10400.26/18083>

10 Morales-Ramos J. A., Kay S., Rojas M. G., Shapiro-Ilan D. I., Tedders W. L. Morphometric Analysis of Instar Variation in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) // *Annals of the Entomological Society of America*. 2015. 108. № 2. С. 146–159. DOI: <https://doi.org/10.1093/aesa/sau049>

11 Banno Y., Shimada T., Kajiura Z., Sezutsu H. The Silkworm—An Attractive BioResource Supplied by Japan // *Experimental Animals*. 2010. 59. № 2. С. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.1538/expanim.59.139>

12 Morales-Ramos J. A., Rojas M. G., Shapiro-Ilan D. I., Tedders W. L. Developmental Plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of Instar Variation in Number and Development Time under Different Diets // *Journal of Entomological Science*. 2010. 45. № 2. С. 75–90. DOI: <https://doi.org/10.18474/0749-8004-45.2.75>

13 Милев А.П. Справочник по шелководству. М.: Сельхозгиз. 1960. 347 с [Milyaev A.P. Handbook of sericulture. Moscow: Selkhozgiz. 1960. 347 p. (In Russ.)]

14 Silkworm Technology Research Institute [Электронный ресурс]. URL: http://www.silk.or.jp/silk_gijyutu/yousan.html (дата обращения: 12.03.2022.851Z). http://www.silk.or.jp/silk_gijyutu/yousan.html

15 van Broekhoven S., Oonincx D. G.A.B., van Huis A., van Loon J. J.A. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products // *Journal of Insect Physiology*. 2015. 73. С. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2014.12.005>

16 Morales-Ramos J. A., Rojas M. G. Effect of Larval Density on Food Utilization Efficiency of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) // *Journal of Economic Entomology*. 2015. 108. № 5. С. 2259–2267. DOI: <https://doi.org/10.1093/jeet/1093/1093/208>

17 Kim S. Y., Kim H. G., Lee K. Y., Yoon H. J., Kim N. J. Effects of Brewer's spent grain (BSG) on larval growth of mealworms, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) // *International Journal of Industrial Entomology*. 2016. 32. № 1. С. 41–48. DOI: <https://doi.org/10.7852/ijie.2016.32.1.41>

18 Andersen J. L., Berggreen I. E., Heckmann L. H. L. Recommendations for Breeding and Holding of Regular Mealworm // *Tenebrio Molitor*. – 2017. Available from: <https://www.bugburger.se/wp-content/uploads/2018/11/mealwormguide.pdf>

19 Thévenot A., Rivera J. L., Wilfert A., Maillard F., Hassouna M., Senga-Kiesse T., Le Féon S., Aubin J. Mealworm meal for animal feed: Environmental assessment and sensitivity analysis to guide future prospects // *Journal of Cleaner Production*. 2018. 170. С. 1260–1267. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.054>

20 Coudron C., Deruyter D. Alternative (commercial) feeds for *Tenebrio molitor*, 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.17273.42082

21 Bordiean A., Krzyżaniak M., Stolarski M. J., Peni D. Growth Potential of Yellow Mealworm Reared on Industrial Residues // *Agriculture*. 2020. 10. № 12. С. 599. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10120599>

22 Palmer M. Ynsect CEO Antoine Hubert on entrepreneurship & edible insects // Sifted. – 2019. – 21.05.2019. Available from: <https://sifted.eu/articles/ynsect-antoine-hubert-mealworm-entrepreneur/>

23 Development of feeding habits and artificial feed for silk moth [Электронный ресурс]. URL: <https://web.tuat.ac.jp/~jokoukai/kindainihonnoisizue/archive/shiryu/shiryu.htm> (дата обращения: 07.04.2022.619Z)

24 Kamioka S., Mukaiyama F., Takei T., Ito T. Digestion and Utilization of Artificial Diet by the Silkworm, *Bombyx mori*, with Special References to the Efficiency of the Diet at Varying Levels of Dietary Soybean Meal // *The Journal of Sericultural Science of Japan*. 1971. 40. № 6. С. 473–483. DOI: <https://doi.org/10.11416/kontyushigen1930.40.473>

25 Yamamoto T., Fujimaki T. Interstrain differences in food efficiency of the silkworm, *Bombyx mori*, reared on artificial diet //

The Journal of Sericultural Science of Japan. 1982. 51. № 4. С. 312–315. DOI: <https://doi.org/10.11416/kontyushigen1930.51.312>

26 Sumioka H., Kuroda S., Yoshitake N. Relationships among food ingestion, food digestion and body weight gain in the silkworm larvae, *Bombyx mori*, under the restricted feeding by indexes // *The Journal of Sericultural Science of Japan*. – 1982. – Т. 51. – №. 1. – С. 52–57 DOI: <https://doi.org/10.11416/kontyushigen1930.51.52>

27 Matsubara F., Kuwamae, Sugimori H., Ishikawa M., Tsunoda M., Matsumoto T. Utilization efficiency of an artificial diet on the silkworms fed twice during their larval stages // *The Journal of Sericultural Science of Japan*. 1988. 57. № 1. С. 83–84. DOI: <https://doi.org/10.11416/kontyushigen1930.57.83>

28 Chen R. Y., Mori H., Sumida M., Yuan X. L., Kitamaru Y., Matsubara F. All the year round sericulture by using an aseptic rearing system of silkworms on an artificial diet Thirty six rearings per annum // *The Journal of Sericultural Science of Japan*. – 1992. – Т. 61. – №. 2. – С. 172–179. DOI: <https://doi.org/10.11416/kontyushigen1930.61.172>

29 Shinbo H., Yanagawa H. A. Low-cost artificial diets for polyphagous silkworms // *JAPAN AGRICULTURAL RESEARCH QUARTERLY*. – 1994. – Т. 28. – С. 262–262. ISSN: 0021-3551. Available from: https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/jarq/28-4-262-267_0.pdf

30 Machida J., Toyoda Y., Hirayama R., Konno K., Shinbo H. Effects of water content in the artificial diet on the larval growth, cocoon quality and food utilization in the silkworm, *Bombyx mori* // *The Journal of Sericultural Science of Japan*. 1996. 65. № 5. С. 359–364. DOI: <https://doi.org/10.11416/kontyushigen1930.65.359>

31 Ninagi O., Mikuni T., Nakamura K., Maruyama M. Effect of rearing density on the growth and survival in the 5th instar larvae of the silkworm, *Bombyx mori*, reared on low cost artificial diet // *The Journal of Sericultural Science of Japan*. 1997. 66. № 4. С. 290–293. DOI: <https://doi.org/10.11416/kontyushigen1930.66.290>

32 Aso Y., Tanaka K. Research and development of smart silkworm technology // *Silk thread / insect biotech*. – 2019. – Т. 88. – №. 3. – С. 181–185. DOI: https://doi.org/10.11416/konchubiotec.88.3_181

33 Hirayama R. Development of artificial feed for silk moths based on auxotrophy // *Silk moth / insect biotech*. – 2020. – Т. 89. – №. 2. – С. 91–96. DOI: https://doi.org/10.11416/konchubiotec.89.2_091

34 Artificial feed for young silkworms. Online verfügbar unter <https://www.naro.affrc.go.jp/archive/nias/silkwave/hiroba/Library/ChisanAD/chisan.htm>, zuletzt aktualisiert am 08.11.2007.000Z, zuletzt geprüft am 14.03.2021.518Z. Available from: <https://www.naro.affrc.go.jp/archive/nias/silkwave/hiroba/Library/ChisanAD/chisan.htm>

35 Cassuce D. C., Tinôco, Ilda de F. F., Baêta F. C., Zolnier S., Cecon P. R., Vieira, Maria de F. A. Thermal comfort temperature update for broiler chickens up to 21 days of age // *Engenharia Agrícola*. 2013. 33. С. 28–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162013000100004>

36 Fairchild B. D. Environmental factors to control when brooding chicks. – University of Georgia, 2009. Available from: <https://hdl.handle.net/10724/12476>

37 Asensio X. Broiler Management it Hot Weather. Available from: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Tech_Articles/RossNote-BroilerMgtHotWeather-EN-16.pdf

38 Hirasaka T., Ida T., Koyama N. Effect of Photoperiodic Condition on the Larval Growth of the Silkworm, *Bombyx mori* L.(I) Different Day-lengths and the Larval Growth // *Environment Control in Biology*. – 1969. – Т. 7. – №. 1. – С. 30–33. DOI: <https://doi.org/10.2525/ecb1963.7.30>

39 Latshaw J. D., Bishop B. L. Estimating body weight and body composition of chickens by using noninvasive measurements // *Poultry science*. – 2001. – Т. 80. – №. 7. – С. 868–873. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/80.7.868>

40 Gous R. M., Emmans G. C., Fisher C. The performance of broilers on a feed depends on the feed protein content given previously // *South African Journal of Animal Science*. – 2012. – Т. 42. – №. 1. – С. 63–73. DOI: <https://doi.org/10.4314/sajas.v42i1.8>

41 Евлагин В. Г., Скорых Л. Н., Евлагина Е. Г. Перспективы использования биомассы тутового шелкопряда в кормлении овец // *Главный зоотехник*. – 2021. – №8. – С. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.33920/sel-03-2108-01> [Evlagin V.G., Skorykh L.N., Evlagina E.G. Prospects for the use of silkworm biomass in sheep feeding // *Chief livestock specialist*. – 2021. – No. 8. – P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.33920/sel-03-2108-01> (In Russ.)]

42 Tong L., Yu X., Liu H. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights // *Bulletin of entomological research*. – 2011. – Т. 101. – №. 5. – С.

613-622. DOI: 10.1017/S0007485311000228

43 Anuduang A., Loo Y. Y., Jomduang S., Lim S. J., Wan Mustapha W. A. (2020). Effect of thermal processing on physico-chemical and antioxidant properties in mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) powder // *Foods*. – 2020. – Т. 9. – №. 7. – С. 871. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9070871>

44 Lee Y. W. Silk reeling and testing manual. – Food & Agriculture Org., 1999. – №. 136. Available from: http://ftpmirror.your.org/pub/misc/cd3wd/1005/_ag_silk_reeling_testing_unfao_en_lp_116630_.pdf

45 Mondal M., Trivedy K., Nirmal K. S. The silk proteins, sericin and fibroin in silkworm, *Bombyx mori* Linn.-a review. – 2007. Available from: <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=140809>

46 Lamberti C., Gai F., Cirrincione S., Giribaldi M., Purrotti M., Manfredi M., Cavallarin L. Investigation of the protein profile of silkworm (*Bombyx mori*) pupae reared on a well-calibrated artificial diet compared to mulberry leaf diet // *PeerJ*. 2019. 7. e6723. DOI: 10.7717/peerj.6723

47 Chieco C., Morrone L., Bertazza G., Cappellozza S., Saviane A., Gai F., Rossi F. The effect of strain and rearing medium on the chemical composition, fatty acid profile and carotenoid content in silkworm (*Bombyx mori*) pupae // *Animals*. – 2019. – Т. 9. – №. 3. – С. 103. DOI: 10.3390/ani9030103

48 Zhou J., Han D. Proximate, amino acid and mineral composition of pupae of the silkworm *Antheraea pernyi* in China // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006. 19. № 8. С. 850–853. DOI: 10.1016/j.jfca.2006.04.008

49 Marcu A., Vacaru-Oprîş I., Dumitrescu G., Ciochină L. P., Marcu A., Nicula M., Peş I., Dronca D., Kelciu B., Mariş C. The influence of genetics on economic efficiency of broiler chickens growth // *Animal Science and Biotechnologies*. – 2013. – Т. 46. – №. 2. – С. 339-346. Available from: https://www.academia.edu/23417516/The_Influence_of_Genetics_on_Economic_Efficiency_of_Broiler_Chickens_Growth

50 Kryeziu A. J., Mestani N., Berisha S., Kamberi M. A. The European performance indicators of broiler chickens as influenced by stocking density and sex. – 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/ar.18.040>

51 van Limbergen T., Sarrazin S., Chantziaras I., Dewulf J., Ducatelle R., Kyriazakis I., McMullin P., Méndez J., Niemi J. K., Papasolomontos S., Szeleszczuk P., van Erum J., Maes D. Risk factors for poor health and performance in European broiler production systems // *BMC Veterinary Research*. 2020. 16. № 1. С. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02484-3>

52 Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш. Биологические и экономические аспекты производства мяса бройлеров в клетках и на полу // *Птицеводство*. – 2016. – №. 5. – С. 25-31. [Fisinin, V. I., & Kavtarashvili, A. Sh. (2016). Biological and Economical Aspects

of Broiler Production: Cages vs. Floor Dilemma. *Poultry*, (5), 25-31. ISSN: 0033-3239 (In Russ.)]

53 Strakova E., Suchy P., Navratil P., Herzig I., Machacek M. Levels of nitrogenous substances and amino acids in bodies of Ross 308 hybrid cocks and hens over the course of rearing // *Veterinarni Medicina*. – 2015. – Т. 60. – №. 9. DOI: 10.17221/8441-VETMED

54 Плаксин И. Е., Трифанов А. В. Обоснование технико-экономических параметров технологического модуля для откорма цыплят бройлеров // *АгроЭкоИнженерия*. – 2018. – №. 2 (95). – С. 181-187. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10046 [Plaksin I. E., Trifanov A. V. Substantiation of the technical and economic parameters of the technological module for fattening broiler chickens // *AgroEcoEngineering*. – 2018. – No. 2 (95). – S. 181-187. DOI: 10.24411/0131-5226-2018-10046 (In Russ.)]

55 texha.com. Оборудование для птицеводства | TEXHA [Электронный ресурс]. URL: <https://texha.com/ru/> (дата обращения: 13.03.2022.725Z).. Режим доступа: <http://texha.ru/o-company/>

56 2017-135998 Устройство для выращивания шелкопряда-Patents.com. – URL: <https://astamuse.com/ja/published/JPN/No/2017135998> (дата обращения: 19.02.2020).

57 Van Horne P. L. M. Competitiveness of the EU poultry meat sector, base year 2017: international comparison of production costs. – Wageningen Economic Research, 2018. – №. 2017-005. – С. 1-44. DOI: <https://doi.org/10.18174/465696>

58 Афанасьев В. А., Джабаев Ю. А. Оценка эффективности производства и использования экспандированных комбикормов // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2016. – №. 3 (69). – С. 313-320. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-proizvodstva-i-ispolzovaniya-ekspandirovannyh-kombikormov> [Afanasyev V. A., Dzhabaev Yu. A. Evaluation of the efficiency of production and use of expanded compound feed // *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. – 2016. – №. 3 (69). – S. 313-320. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-proizvodstva-i-ispolzovaniya-ekspandirovannyh-kombikormov> (In Russ.)]

59 Arru B., Furesi R., Gasco L., Madau F. A., Pulina P. The introduction of insect meal into fish diet: The first economic analysis on European sea bass farming // *Sustainability*. – 2019. – Т. 11. – №. 6. – С. 1697. DOI: 10.3390/su1106169

60 Byrne J. Feednavigator.com. Insect looks to strengthen insect breeding as global competition intensifies [Электронный ресурс]. URL: https://www.feednavigator.com/Article/2022/02/01/Insect-looks-to-strengthen-insect-breeding-as-global-competition-intensifies?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright (дата обращения: 13.03.2022.984Z). (дата обращения: 13.03.2022.984Z).

ОБ АВТОРАХ:

Юматов Евгений Николаевич, исследователь (индивидуальный предприниматель)

Евлагина Елена Григорьевна, директор Научно-исследовательской станции шелководства — филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»

ABOUT THE AUTHORS:

Yumatov Evgeniy Nikolaevich, Researcher (sole proprietor)
Evlagina Elena Grigorievna, Director of the Research Station of Sericulture — branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «The North Caucasus Federal Agricultural Research Centre»