



КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Н. ПОЛЕЦКОВА

СЕТЕВОЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В АПК

INNOVATIVE  
SOLUTIONS  
IN THE AGRO-INDUSTRI-

ISSN 3034-4174

**2025 № 4 (8)**



Инновационные  
решения  
в АПК

Innovative  
Solutions  
in the Agro-Industrial  
Complex

2025 № 4 (8)

eISSN 3034-4174

## Учредитель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкова»

## Главный редактор

**Григорьев Михаил Федосеевич**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по научно-инновационной работе, Кузбасский ГАУ (Кемерово, Россия)

ISSNе 3034-4174

### Редакционный совет

Свидетельство  
регистрации:  
Эл № ФС77-88036

Журнал включен в базу  
данных eLibrary и Crossref

Адрес учредителя, издателя  
и редакции:

650056, Российская  
Федерация, Кемеровская  
область — Кузбасс,  
г. Кемерово, ул.  
Марковцева, 5, Кузбасский  
государственный аграрный  
университет имени  
В. Н. Полецкова

**Перечень групп  
специальностей, по  
которым принимаются  
статьи к публикации  
в научном журнале:**

- 4.1 Агрономия, лесное и  
водное хозяйство
- 4.2 Зоотехния и  
ветеринария
- 4.3 Агроинженерия и  
пищевые технологии
- 5.2 Экономика

Контакты:

[agroinnovatics@internet.ru](mailto:agroinnovatics@internet.ru)

Телефон:

+7(3842)73-51-41

**Альт В.В.**, доктор технических наук, профессор, академик РАН (Новосибирск, Россия)  
**Амерханов Х.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН (Москва, Россия);  
**Лубкова Э.М.**, доктор экономических наук, профессор (Кемерово, Россия);  
**Маилян Ф.Н.**, доктор экономических наук, доцент, Армянский государственный экономический университет (Ереван, Республика Армения);  
**Маринкович Б.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ООО «Агровелес» (Нови Сад, Республика Сербия);  
**Маринкович Э.**, Нови Садский университет (Нови Сад, Республика Сербия)

### Редакционная коллегия

**Бережнов Н.Н.**, кандидат технических наук, доцент кафедры агроинженерии, Кузбасский ГАУ (Кемерово, Россия);  
**Бондарева Г.С.**, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и агробизнеса, Кузбасский ГАУ (Кемерово, Россия);  
**Галиева Г.Ф.**, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры финансов, анализа и учетных технологий, Башкирский ГМУ (Уфа, Россия);  
**Гриценко С.А.**, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Южно-Уральский ГАУ (Троицк, Россия);  
**Ермолаев В.А.**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры биотехнологий и производства продуктов питания, Кузбасский ГАУ (Кемерово, Россия);  
**Исламгулов Д.Р.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и точного земледелия, Башкирский ГАУ (Уфа, Россия);  
**Колосова М.М.**, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры ландшафтной архитектуры, Кузбасский ГАУ (Кемерово, Россия);  
**Коновалов В.Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, Башкирский ГАУ (Уфа, Россия);  
**Попова Л.В.**, начальник научно-инновационного управления, Кузбасский ГАУ (Кемерово, Россия);  
**Ротарь Л.Н.**, кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики, разведения и биотехнологии животных, СПбГАУ (Санкт-Петербург, Пушкин, Россия);  
**Солошенко В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН (Краснообск, Россия);  
**Ульрих Е. В.**, доктор технических наук, доцент, Калининградский ГТУ (Калининград, Россия);  
**Чалова Н.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии, Кузбасский ГАУ (Кемерово, Россия);  
**Шереметова С.А.**, доктор биологических наук, заведующий лабораторией «Гербарий», ФИЦ УУХ СО РАН (Кемерово, Россия)

© Кузбасский ГАУ, 2025

## Содержание

<b>УСТОЙЧИВАЯ АГРОЭКОСИСТЕМА.....</b>	<b>4</b>
<b>Пазин М. А., Глотко А. В. ВЛИЯНИЕ КАС-32 НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МАСЛОСЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО КАНАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>4</b>
<b>Колосова М. М., Витязь С. Н. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ.....</b>	<b>14</b>
<b>Соболева О. М. ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ГРИБОВ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ.....</b>	<b>27</b>
<b>Витязь С. Н., Ракина М. С., Роткина Е. Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ГРУНТОВ ОТВАЛА ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ .....</b>	<b>35</b>
<b>ПРОДУКТИВНОЕ ЖИВОТНОВОДСТВО .....</b>	<b>53</b>
<b>Беспоместных К. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОБЕЛКОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ.....</b>	<b>53</b>
<b>Грачёв С. Ю., Зубова Т. В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРАПИИ ПАРВОВИРУСНОГО ЭНТЕРИТА у СОБАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕПАРАТОВ «ИММУНОФАН» И «ГАМАВИТ».....</b>	<b>66</b>
<b>Дядичкина Т.В., Ткачева Н. Н., Бизюкова Ю. А. ПОЛОВЫЕ ДИСФУНКЦИИ У КОБЕЛЕЙ .....</b>	<b>76</b>
<b>Присакарь Е. А., Пужайкина К. А. ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЗООТЕХНИИ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ЖИВОТНОВОДСТВОМ .....</b>	<b>86</b>

УДК 633.854.54  
EDN LXAPPS  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-4



**ВЛИЯНИЕ КАС-32 НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МАСЛОСЕМЯН  
ЛЬНА МАСЛИЧНОГО КАНАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ  
В УСЛОВИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Пазин Максим Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
кафедры агрономии и агроэкологии<sup>1</sup>

**Глотко Андрей Владимирович**, доктор экономических наук<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет им. В. Н. Полецкого,  
г. Кемерово, Россия

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследований влияния жидкого удобрения КАС-32 на лен масличный в процессе выращивания на базе ООО «Чебулинское» Кемеровской области. Применение КАС-32 оказывает положительное влияние на показатели урожайности и продуктивности растений, что позволило значительно увеличить количество коробочек, вес семян и повысить продуктивность растения. Наиболее оптимальной дозой является 100 л/га, так как именно эта доза обеспечивает максимальную урожайность 15,8 ц/га. Наибольшее содержание жира (45,73%) у маслосемян льна наблюдается при дозе КАС-32 80 л/га. При увеличении дозы КАС-32 до 140 л/га возрастает содержание белка в семенах до 18,32 %.

**Ключевые слова:** лен масличный, КАС-32, урожайность, масличность, содержание белка.

## EVALUATION OF THE IMPACT OF USING KAS-32 ON THE YIELD AND QUALITY OF CANADIAN-BREED OILSEEDS OF FLAX IN THE KEMEROVO REGION

**Pazin Maksim A.**, Candidate of Agricultural Sciences<sup>1</sup>

**Glotko Andrej V.**, Doctor of Economics<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

**Abstract.** This article presents the results of a study examining the effects of liquid fertilizer KAS-32 on oil flax cultivation at Chebulinskoye LLC in the Kemerovo Region. The use of KAS-32 has a positive effect on crop yield and productivity, significantly increasing the number of capsules, seed weight, and plant productivity. The optimal dose is 100 l/ha, as it ensures a maximum yield of 15.8 c/ha. The highest fat content (45.73%) is observed at a KAS-32 dose of 80 l/ha. Increasing the KAS-32 dose to 140 l/ha increases the protein content in seeds to 18.32%.

**Keyword:** *Oil flax, urea-ammonia mixture-32, yield, oil content, protein content.*

### Введение

Лен масличный является культурой, урожайность которого в значительной степени зависит от природно-климатических условий, почвенного плодородия и минеральных удобрений. Если вести сравнение со злаковыми культурами, лён получает из почвы меньше питательных веществ, так как имеет плохо развитую корневую систему. Слабая усваивающая способность культуры уменьшает получение труднодоступных форм питательных веществ. Несмотря на то, что сорта льна масличного имеют высокие показатели потенциальной урожайности, он будет давать плохие урожаи в условиях засушливого лета, когда лён проходит стадию елочки – быстрого роста.

Для расчета дозы удобрений под лён масличный необходимо знать вынос элементов питания данной культуры. Разные источники литературы трактуют этот вопрос по-своему. Так, 1 ц льняного семени требует: N – 4,2–6,5 кг, P – 0,9–2,5 кг, K – 4,0–9,4 кг [1–3]. Исследования Н.И. Бакуленко показали следующее содержание элементов в семенах льна: N – 3,24%, P – 0,95%. При внесении минеральных удобрений увеличивается содержание N до 3,3–3,59%, P – до 1–1,08% по варианту N<sub>40</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> [4].

По исследованиям П. Ю. Латарцева и О. И. Антоновой [7], если почва подо льном масличным содержит высокий процент подвижного фосфора и обменного калия, но недостаточно нитратного азота, то для формирования корневой системы и наземной массы необходима подкормка растений азотом. Данные авторы рекомендуют до посева внесение жидких азотных удобрений КАС-32 и КА-23S из расчёта 150 л/га, по азоту – 64,5 и 43 кг/га соответственно. При посеве ими рекомендовано внесение 0,7 ц/га аммиачной селитры, 0,7 ц/га аммиачной селитры и 1 ц/га сульфата аммония и 1 ц/га сульфата аммония. Из твердых удобрений рекомендуется селитра и селитра с сульфатом аммония.

Было установлено, что более благоприятным является использование жидких удобрений, так как наблюдался благоприятный азотный режим, семена были более сформированными и содержали больше белка. По показателям урожайности прирост составил 21,4–35,7% по сравнению с ростом 15,2–17,8% при применении селитры и селитры с сульфатом аммония [5]. По данным А.А. Шумской, Ю.И. Ермохина, урожайность на уровне 8,9 ц/га характерна для Омской области [6]. По данным А.С. Кочкина и А.П. Есаулко, в условиях Ставропольского края наблюдалась зависимость урожайности от природно-климатических условий: в лучшем периоде 2008 г. – 24,5 ц/га, а в неблагоприятном 2009 г. – всего 9,2 ц/га (когда в первую половину вегетации температурный режим был ниже среднего на 1,2–2,5°C и отмечались заморозки до -7...-9°C, а во вторую – была засуха). Д.В. Виноградов, В.И. Перегудов и другие исследователи на примере условий Рязанской области при урожайности 14,7 ц/га заметили, что обилие осадков и теплая погода, приходящаяся на период созревания, способствуют дополнительному ветвлению с появлением дополнительных бутонов, что вызывает дополнительные проблемы при уборке и послеуборочной обработке семян [7]. Ученые отмечают, что лен становится более восприимчив к азотным и фосфорным удобрениям. Положительное влияние наблюдалось в Омской области при внесении  $N_{60}P_{30}$  и  $P_{60}$  (урожайность увеличилась в 1,7–2 раза).

Среди жидких удобрений отметим КАС – карбонидо-аммиачную смесь – как наиболее часто применяемую. Но если в РФ применяется КАС-32, то в европейских странах распространение получил КАС-28. Они отличаются содержанием азота (соответственно 32 и 28%). Применение КАС-32 в дозах 70 и 100 л/га с усилением 80 кг/га диаммофоской, 3 л/га «Реликта Р», 3 л/га «Чудозема Сера» даже при неравномерных осадках и сухом мае способствует

урожайности семян – 14,8–15,4 ц/га, а с применением дополнительно адьюванта «Синерджи» по 0,2 и 0,3 л/га – до 15,2–14,6 ц/га. Отмечено, что совместное применение 70 л/га КАС-32 и 0,2 л/га «Синерджи» способствует урожайности на уровне 100 л/га КАС-32. Отмечено повышение выхода белка, густоты и количества коробочек на растении [8].

Применение КАС-32 в дозах 100 и 150 л/га до посева плюс припосевное внесение диаммофоски по 1 ц/га способствовало лучшему потреблению азота. С КАС-32 густота растений была 331–341 шт/м<sup>2</sup> (272 – контроль), а количество коробочек – 13,8–13,9 шт. на растении (9 шт. – контроль). При этом урожайность семян выросла от 1,28 до 1,76–1,85 т/га. По белку наблюдалось повышение от 18,5% до 20,3–21,9%, а масличности – от 46,7% до 46,2–47,8%. По окупаемости 1 кг д.в. фигурировало 2,09 кг при использовании диаммофоски и по 4,52–4,57 кг с применением КАС-32 [9].

При испытаниях льна масличного сортов Лирина и Уральский на примере Московской области внесение аммиачной селитры и КАС-32 в дозах N<sub>30</sub> урожайность возрастала на 49,0–65,0 и 49,5–52,1% соответственно. Посевы осуществлялись на дерново-подзолистых почвах в 2022–2023 гг. При этом наибольшей урожайности (16,4–16,7 ц/га) удалось добиться в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (сложные удобрения) + N<sub>30</sub> (аммиачная селитра) + N<sub>30</sub> (КАС-32) [10].

В соседнем с Кузбассом Алтайском крае, в его Центральной природно-экономической зоне, пашня представлена выщелоченными черноземами, которые меняются по содержанию N от низкой до повышенной обеспеченности, по P – высокой и по K – от низкой до высокой. Для данной зоны характерны перепады температур и высокая влажность. В фазе елочки льну необходимо в первую очередь азотное питание. Для чего рекомендовано применение стартовых доз азотных удобрений сульфата аммония и диаммофоски. Это позволяет избежать негативных последствий для льна в фазе роста. Для данной природной зоны применение минеральных удобрений в соотношении N<sub>42</sub>S<sub>48</sub>, N<sub>55</sub>P<sub>26</sub>K<sub>26</sub>S<sub>48</sub> и N<sub>57</sub>P<sub>39</sub>K<sub>36</sub>S<sub>48</sub> способствует увеличению урожайности семян до 1,56–1,78 т/га (1,44 т/га – контроль). При этом увеличивается содержание белка и масла в семенах до 17,7–20,7 и 49,4–50,1% (20,0 и 48,0% – контроль соответственно) [11].

## Материалы и методы

Исследования проводились в ООО «Чебулинское» Верх-Чебулинского муниципального округа Кемеровской области в 2025 г. Посев льна масличного проводился по предшественнику – овсу яровому. Весенняя обработка заключалась в дисковании (RSM 2400 + Lemken Rubin 10) на глубину 8 см. Предпосевная культивация – универсальным культиватором *KÖCKERLING Allrounder 900/1200*, который обеспечивает создание мелкокомковой структуры почвы с размером комков 10–25 мм и выравнивание семенного ложа. Посев осуществлялся рядовым способом комплексом *HORSCH Pronto 12 NT*. Опыт проводился по типу производственных посевов. Удобрение КАС-32 вносили при посеве. Норма высева 7 млн всхожих зерен на 1 га (50 кг семян), глубина 2–3 см. Срок посева – с 25 мая, когда почва прогревается до 7-8°C, ориентировочная влажность верхнего слоя почвы 50–60% от полной влагоёмкости.

В процессе ухода за растениями во время вегетации применяли средства защиты растений: *Гербитокс-л, ВРК; Миура, КЭ; Секатор Турбо, КЭ; Хакер, ВРГ*.

Схема опыта включала 5 вариантов:

1. Контроль.
2. Доза внесения КАС-32 80 л/га.
3. Доза внесения КАС-32 100 л/га.
4. Доза внесения КАС-32 120 л/га.
5. Доза внесения КАС-32 140 л/га.

## Результаты

Данные таблицы 1 показывают, что применение КАС-32 в различных дозировках оказывает положительное влияние на показатели урожайности и продуктивности растений.

Все варианты обработки льна демонстрируют увеличение числа коробочек на одном растении по сравнению с контролем. Наибольшее число коробочек наблюдается в 3-ем варианте (14,4 шт.). Внесение азотных удобрений, как правило, увеличивает число коробочек на одном растении по сравнению с контролем.

Количество коробочек на 1 м<sup>2</sup> варьируется от 6 до 14,4. Максимальное число коробочек на квадратный метр достигается при дозах 120 л/га (3564 шт.) и 100 л/га (3427 шт.).

Все варианты обработки значительно увеличивают вес семян на квадратный метр по сравнению с контролем. Наибольший вес получен в 3-ем варианте (158,03 г/м<sup>2</sup>), за ним следует 4-й вариант, с дозировкой 120 л/га, (144,50 г/м<sup>2</sup>).

Таблица 1

Структура урожая и урожайность льна масличного

Вариант	Число коробочек на 1 растении	Коробочек на 1м <sup>2</sup>	Вес семян, г/м <sup>2</sup>	Продуктивность растения, г	МТС, г	Урожайность, ц/га
1-й	6	2028	58,69	0,174	3,32	5,86
2-й	9	2205	120,09	0,490	3,86	12,0
3-й	14,4	3427	158,03	0,663	3,25	15,8
4-й	13,2	3564	144,50	0,535	3,60	14,45
5-й	10	2520	93,81	0,372	3,36	9,38
<b>НСР<sub>05</sub></b>	<b>1,16</b>	–	–	–	<b>0,22</b>	<b>2,70</b>

Продуктивность растения значительно выше во всех вариантах обработки по сравнению с контролем. Наибольшая продуктивность наблюдается в 3-ем варианте (0,663 г/м<sup>2</sup>).

Наибольшая масса 1000 семян отмечается при дозе 80 л/га (3,86 г), а наименьшая – при дозе 100 л/га (3,25 г). Важно отметить, что разница между вариантами с дозами 80, 120, 140 л/га, контроль и 100 л/га статистически значима, так как превышает НСР<sub>05</sub> (0,22 г). Снижение массы 1000 семян (МТС) при дозе 100 л/га может указывать на то, что растения испытывали стресс в период налива семян. Возможно, это происходит из-за недостатка других питательных веществ. При дозе 80 л/га МТС самая высокая, что может указывать на хорошее обеспечение питательными веществами в период формирования семян у выживших растений.

Все варианты обработки значительно увеличивают урожайность по сравнению с контролем. Наибольшая урожайность наблюдается в 3-ем варианте (15,8 ц/га). Важно отметить, что увеличение урожайности

происходит на фоне снижения плотности растений, как было установлено выше. То есть каждое оставшееся растение дает больше продукции, но общее их количество меньше.

Можно сделать следующие выводы по урожайности льна и его структуре в зависимости от дозы применения КАС-32.

*Контроль* (без применения КАС-32) имеет низкую урожайность. Количество коробочек, вес семян и продуктивность растения самые низкие.

*Доза 80.* Число коробочек на 1 м<sup>2</sup> увеличивается, по сравнению с контролем. Вес семян и продуктивность растения значительно выше, чем в контроле. Масса 1000 семян самая высокая.

*Доза 100* обеспечивает максимальное количество коробочек как на одном растении, так и на квадратном метре. Дает максимальную урожайность (вес семян) и продуктивность растения. Масса 1000 семян минимальная.

*Доза 120* показывает высокое количество коробочек и обеспечивает высокую урожайность и продуктивность растения чуть ниже, чем при дозе 100 л/га. Имеет неплохую МТС. Дозировка 120 л/га дает чуть больше коробочек на м<sup>2</sup>, но при этом с более низким весом семян, что может указывать на неполноценное формирование семян при такой дозировке.

*Доза 140.* Количество коробочек, вес семян на квадратный метр и продуктивность растения также выше, чем у контроля, но ниже, чем при дозах 80, 100 и 120 л/га. МТС, примерно, как у контроля.

По результатам данного анализа видно, что азотные удобрения значительно увеличивают количество коробочек, вес семян и продуктивность растения. Это говорит о том, что растения, которые выжили при внесении удобрений, оказались более продуктивными, чем растения в контроле. Наиболее оптимальной дозой, как показывают результаты, является 100 л/га, так как она обеспечивает максимальную урожайность. Доза 120 л/га также показывает хорошие результаты и может рассматриваться как альтернатива дозировке 100 л/га. Дозы 80 и 140 л/га оказываются менее эффективными.

На рисунке 1 показаны результаты по содержанию жира в семенах, которые варьировались от 43,90% (контроль) до 45,73% (вариант 1-й).

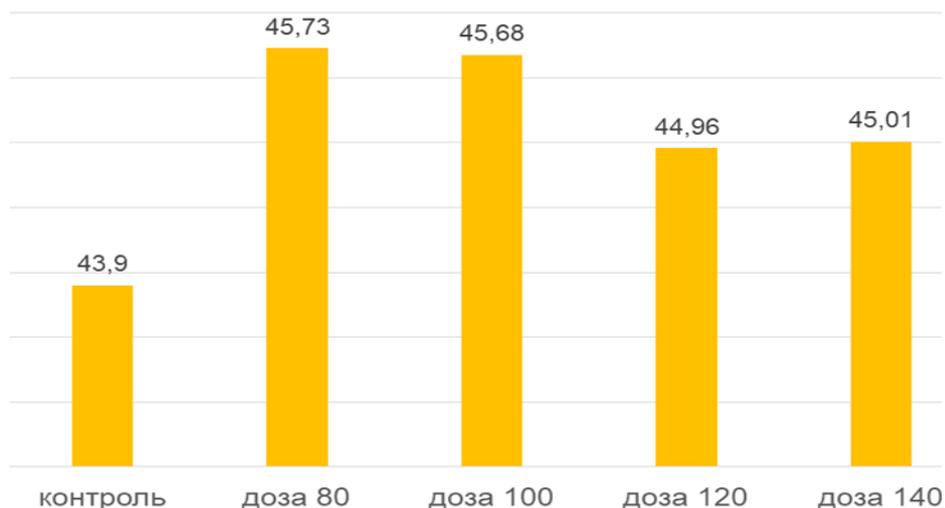


Рис. 1. Содержание жира в семенах льна в зависимости от дозы КАС-32, %

Наибольшее содержание жира (45,73%) наблюдается в варианте при дозе КАС-32 80 л/га. Это может указывать на то, что эта доза является наиболее оптимальной для увеличения масличности в данных условиях. При увеличении дозы до 100 и 120 л/га констатируется некоторое снижение содержания жира (45,68 и 44,96% соответственно). Хотя эти значения все еще выше, чем в контроле. При 140 л/га содержание жира незначительно выше контроля (45,01%), но ниже, чем при дозах 80 и 100 л/га.

В целом можно утверждать, что внесение КАС-32 в дозе 80 л/га привело к увеличению масличности семян льна по сравнению с контролем.

Таблица 2

Качество семян льна в зависимости от дозы КАС-32

№ п/п	Вариант	Влажность, %	Массовая доля сырого жира, %	Массовая доля белка, %
1	Контроль	6,24	43,90	18,07
2	80	6,16	45,73	17,66
3	100	6,22	45,68	16,42
4	120	6,18	44,96	16,82
5	140	6,26	45,01	18,32
CV	–	0,67	1,64	4,66
НСР <sub>05</sub>		–	<b>0,56</b>	–

Дальнейшее увеличение дозы КАС-32 может привести к снижению масличности. Дозы 100, 120, 140 л/га показывают результаты хуже, чем 1-й вариант при дозировке 80 л/га. Результаты исследования по качеству семян отражены в таблице 2.

В ходе проведенных исследований установлено, что применение КАС 32 оказывает достоверное влияние на биохимический состав семян, в частности на содержание белка. Диапазон варьирования показателя составил от 16,42% (при дозе 100 л/га) до 18,32% (при дозе 140 л/га). Содержание белка колеблется от 16,42% (доза 100 л/га) до 18,32% (доза 140 л/га). Дозы 80, 100, 120 л/га показывают примерно одинаковые результаты. Увеличение дозы КАС-32 в наших исследованиях до 140 л/га способствует увеличению содержания белка в семенах. Вместе с этим стоит отметить, что повышение урожая влечёт, как правило, снижение белковости семян.

### **Заключение**

1. Доза внесения КАС-32 100 л/га обеспечивает максимальную продуктивность льна масличного – 15,8 ц/га, что составляет 269 % от контроля главным образом за счёт числа коробочек на 1 растении.
2. Доза внесения КАС-32 в объёме 80–100 л/га формирует семена с наибольшей масличностью: соответственно 45,7 и 45,6%.
3. Содержание белка в семенах льна достигает максимума при внесении КАС-32 из расчёта 140 л/га, но при этом урожайность одна из низких.

### **Список источников**

1. Акулинин, Н. В. Влияние диаммофоски на фоне сульфата аммония на урожайность и качество семян льна масличного // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. № 4(246). С. 28–33.
2. Антонова, О.И. Оптимизация питания льна масличного припосевным внесением КАС-32 с диаммофоской // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. мат-лов XVIII Международ. науч.-практич. конф., Барнаул, 09–10 февраля 2023 года. В 2 кн. Кн. 1. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2023. С. 185–188.
3. Антонова, О. И., Чавкунькин, С.М. Влияние биологически активных веществ на вынос элементов питания в зависимости от дозы и способа применения на

- льне масличном // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2006. № 1. С. 8–11.
4. Бакуленко, Н. И. Влияние минеральных удобрений на посевные и урожайные качества семян льна масличного // Научные труды. Полевые культуры. 1972. Т. 100. С. 91–95.
  5. Кочкин, А.С., Есаулко, А. П. Оптимизация минерального питания льна масличного на черноземах выщелоченных // Плодородие. 2010. № 2. С. 34–36.
  6. Кузнецова, Г.Н. Оптимизация минерального питания льна масличного в Южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2005. 19 с.
  7. Латарцев, П. Ю., Антонова, О. И. Особенности потребления основных элементов питания льном масличным в связи с внесением удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 10(204). С. 32–37.
  8. Латарцев, П.Ю. Эффективность действия КАС-32 и диаммофоски при возделывании льна масличного по минимальной обработке почв в Присалаирской зоне // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. № 4(246). С. 34–38.
  9. Особенности формирования продуктивности льна масличного при разном уровне питания / Д. В. Виноградов, В. И. Перегудов, Н. А. Артемова, А. В. Поляков // Агрехимический вестник. 2010. № 3. С. 23–24.
  10. Подлипная, А.А. Комплексное использование удобрений в технологии льна масличного в условиях Центрального Нечерноземья // АгроЭкоИнфо. 2024. № 1(61).
  11. Шумская, А.А., Ермохин, Ю. И. Влияние азотных удобрений на урожайность льна масличного на обыкновенном черноземе степной зоны Полтавского района Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. 3(19). С. 7–12.

УДК 628.38  
EDN TEMRSE  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-14



## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ

**Колосова Марина Михайловна**, кандидат химических наук, доцент<sup>1</sup>

**Витязь Светлана Николаевна**, кандидат биологических наук, доцент,  
заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого,  
Кемерово, Россия

### **Аннотация**

Кемеровская область – Кузбасс занимает ведущее место в России по накоплению неутилизованных отходов. В то же время, являясь лидером по добыче полезных ископаемых открытым способом, регион остро нуждается в проведении эффективной рекультивации нарушенных территорий. Использование крупнотоннажных вторичных материальных ресурсов в качестве рекультиванта будет способствовать решению сразу двух острых для области экологических проблем.

Строительство и запуск собственных очистных сооружений крупнейшим переработчиком макулатуры в Кемеровской области – Кузбассе ООО «Кузбасский Скарабей» означают появление многотоннажного отхода – избыточного активного ила, образующегося на этапе биологической очистки сточных вод. Поэтому уже на этапе строительства и запуска очистных сооружений необходима разработка эффективной технологии утилизации данного вида отхода.

В статье представлен анализ информационных источников по проблеме утилизации избыточного активного ила и возможности его применения в качестве вторичного материального ресурса для рекультивации нарушенных земель.

Целью нашего исследования явился поиск наилучшей доступной технологии для ООО «Кузбасский Скарабей» по утилизации избыточного активного ила (ИАИ) с очистных сооружений путем использования его для проведения технического этапа рекультивации отработанных карьеров. Одна

из задач первого этапа (модельного опыта), решаемая в данной статье, – подбор посредством анализа научных публикаций и с учетом нормативных документов компонентного состава субстратов на основе ИАИ для технического этапа рекультивации земель, нарушенных вследствие добычи полезных ископаемых.

Материалом исследования, результаты которого представлены в данной статье, стал ИАИ с очистных сооружений предприятия целлюлозно-бумажной промышленности в составе субстратов с инертными материалами (грунт котлованный (глина) и строительный мусор (лом кирпича и бетона)). Определение оптимального состава субстратов на основе ИАИ и инертных материалов для проведения технического этапа рекультивации нарушенных земель в перспективе позволит достигнуть поставленной общей цели исследования.

Лабораторные исследования образцов избыточного активного ила с очистных сооружений предприятия целлюлозно-бумажной промышленности показали, что образец, отобранный с иловых карт (массовая доля сухого вещества – 44%, рН солевой вытяжки – 5,8) соответствует нормативным показателям, установленным для подобных материалов при использовании на техническом этапе рекультивации, а образец ИАИ после декантерной центрифуги (массовая доля сухого вещества – 14%, рН солевой вытяжки – 6,8) может быть пригоден для поставленной цели только после дополнительной обработки.

**Ключевые слова:** целлюлозно-бумажная промышленность, сточные воды, биологическая очистка, избыточный активный ил, утилизация, вторичный материальный ресурс, оработанный карьер, рекультивация.

## PROSPECTS FOR THE USE OF EXCESS ACTIVATED SLUDGE FOR THE RECLAMATION OF SPENT QUARRIES

**Kolosova Marina M.**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor<sup>1</sup>

**Vityaz Svetlana N.**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

### **Abstract**

Kemerovo region – Kuzbass occupies a leading place in Russia in the accumulation of non-recycled waste. At the same time, being a leader in open-pit mining, the region is in dire need of effective reclamation of disturbed areas. The use of large-tonnage secondary material resources as a recultivant will contribute to solving two acute environmental problems at once.

The construction and launch of its own sewage treatment plants by Kuzbass, the largest waste paper processor in the Kemerovo Region, will lead to the formation of a multi-tonnage waste – excess activated sludge generated at the stage of biological wastewater treatment. Therefore, already at the stage of construction and start-up of sewage treatment plants, it is necessary to develop an effective technology for the disposal of this type of waste.

The article presents an analysis of information sources on the problem of disposal of excess activated sludge, ways to bring it to standard indicators and the possibility of using it as a secondary material resource for the reclamation of disturbed lands.

The purpose of our research was to find the best available technology for Kuzbass Scarab LLC for the disposal of excess activated sludge from wastewater treatment plants by using it for the technical stage of reclamation of spent quarries. The object of the study, the results of which are presented in this article, was IAI from the sewage treatment plants of the CBP enterprise (an analog facility) as part of substrates with inert materials (excavation soil (clay) and construction debris (scrap bricks and concrete)). The selection of the optimal composition of substrates based on IAI and inert materials for the technical stage of reclamation of disturbed lands was the subject of research. The result of the analysis of scientific publications and regulatory documents was the selected component composition of substrates based on IAI for the technical stage of land reclamation disturbed by mining.

Laboratory studies of samples of excess activated sludge from the sewage treatment plants of the CBP enterprise (analog facilities) have shown that the

sample taken from sludge maps (mass fraction of dry matter 44%, pH of salt extract 5.8) according to these indicators meets the regulatory indicators established for such materials when used at the technical stage of reclamation, and the IAI sample after decanter centrifuge (mass fraction of dry matter 14%, pH of salt extract 6.8) – may be suitable for the intended purpose only after additional treatment.

**Keywords:** pulp and paper industry, waste water, biological treatment, excess activated sludge, recycling, secondary material resource, spent quarry, reclamation.

### **Введение**

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) является важной составляющей экономики нашей страны, но ее производственные процессы на современном уровне технологического развития порождают ряд серьезных экологических проблем, наиболее значимые из которых высокий уровень водопотребления и, как следствие, образование соответствующих объемов сточных вод, содержащих широкий спектр загрязняющих веществ, а также образование крупнотоннажных твердых отходов [1–3]. Поиск эффективных способов утилизации отходов данной и других отраслей, где образуются отходы после биологической очистки сточных вод, ведется десятилетиями, но универсального способа пока не найдено [4–8].

ООО «Кузбасский Скарабей» с 2006 г. производит бумагу и картон, используя в качестве сырья макулатуру. Предприятие планомерно увеличивает объемы производимой продукции, вследствие чего возрастают объемы жидких и твердых отходов, повышается актуальность поиска эффективных решений нарастающих экологических проблем. Запуск собственных очистных сооружений в 2026 г. позволит решить одну из важнейших проблем – очистку своих производственных сточных вод, которые до настоящего времени предприятие передает (не безвозмездно) сторонней организации. При этом уже прогнозируется образование нового вида отходов – избыточного активного ила – на этапе биологической очистки и ведется поиск возможностей его применения для рекультивации нарушенных земель [9].

Целью нашего исследования явился поиск наилучшей доступной технологии для ООО «Кузбасский Скарабей» по утилизации избыточного активного ила (ИАИ) с очистных сооружений путем использования его для проведения технического этапа рекультивации отработанных карьеров.

Основными задачами, которые необходимо решить на первом этапе исследования, стали: 1) определение технологии использования ИАИ на техническом этапе рекультивации, основанной на принципах наилучших доступных технологий (НДТ) и на результатах анализа информационных источников; 2) проведение лабораторных исследований ИАИ с очистных сооружений предприятия ЦБП (объект-аналог) для установления его соответствия нормативным показателями для подобных материалов при использовании на техническом этапе рекультивации.

Для Кемеровской области – Кузбасса, который является регионом-лидером по добыче полезных ископаемых (рудных и нерудных, каменного и бурого угля), проблемы эффективной рекультивации нарушенных территорий с использованием крупнотоннажных вторичных материальных ресурсов (ВМР) – вскрышные породы, грунт котлованный, строительный мусор – являются особенно актуальными.

Согласно ГОСТу Р 57446-2017, рекультивация нарушенных земель и земельных участков – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление утраченного качественного состояния земель, для их использования в соответствии с целевым назначением и требованиями к таким землям [10].

Технический этап рекультивации нарушенных земель и земельных участков (техническая рекультивация земель и земельных участков) – этап, включающий мероприятия по подготовке поверхности для проведения биологического этапа с учетом выбранного направления рекультивации земель и для последующего целевого использования. Современные нормативные документы, в отличие от ранее действующих, расширяют перечень материалов для проведения рекультивации. При соблюдении определенных требований некоторые виды отходов могут быть переведены в категорию вторичных материальных ресурсов и использоваться в рекультивации карьерных выработок (технический и биологический этапы).

С 2011 года вступил в силу ГОСТ Р 54534, действие которого распространяется на осадки сточных вод (ОСВ), обработанные с применением различных методов, обеспечивающих их глубокое обезвоживание, стабилизацию, минерализацию и обеззараживание, соответствующих по своему составу и свойствам отходам IV и V классов опасности для окружающей среды, в том числе осадки первичных отстойников, избыточный активный ил, осадки от водоподготовки и продукты их переработки

(компосты, почвогрунты, зола от сжигания осадков и т. п.), которые могут быть использованы в качестве материала для технической рекультивации нарушенных земель и в качестве почвогрунтов для биологической рекультивации [11].

Утвержденный в 2017-м ГОСТ Р 57446 допускает «использование для технической рекультивации нарушенных земель осадков сточных вод и продуктов их утилизации...», ссылаясь на требования ГОСТа Р 54534–2011» [10].

В последнее время возрастает интерес к ОСВ, прошедшим стадию биологической очистки (промышленные предприятия, коммунальное хозяйство). Их количество ежегодно возрастает, а хранение требует значительных земельных ресурсов и, как правило, приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, почв, растительности. В то же время, согласно ГОСТу Р 59748-2021, при соответствующей подготовке и определенных показателях осадки сточных вод, в том числе и избыточный активный ил (ИАИ), могут быть переведены в категорию побочной продукции, или вторичных материальных ресурсов [12].

Способов утилизации ИАИ, в том числе подготовленного для рекультивации нарушенных земель, в литературе описано немало: от простого депонирования на иловых картах [13], вермикомпостирования [14] и анаэробной ферментации в аэротенках [15] до обширной группы термических методов [15–17]. Представляют интерес методы микроволновой сушки и обеззараживания материалов, хотя опубликованных результатов исследований по применению этого способа к ИАИ нами не выявлено [18; 19].

На техническом этапе рекультивации для придания ИАИ стабильности в качестве наполнителя отработанных выемок исследователи предлагают использование инертных материалов, которые являются отходами различных видов производственной деятельности. Так, в литературе описан опыт использования строительного боя, шлаков металлургии, золы уноса для проведения технического этапа рекультивации отработанного месторождения камня «Каратас», расположенного в Северо-Западном Казахстане [20].

Для основных слоев тела карьера К.Л. Чертес (2019) предлагает использовать следующие виды строительного мусора: отходы демонтажа капитальных конструкций, отходы керамзита керамики, строительного щебня, кирпича, песка и другие [21].

В своих работах В. Н. Земский (2013) отмечает, что возможно смешивание осадков сточных вод, основу которых составляют ИАИ с породой, строительным мусором, путем послойного нанесения инертных материалов с последующим прикатыванием. При этом нормы внесения рассчитываются индивидуально с учетом состава ила и состава пород в карьере, а также планируемого типа рекультивации (сельскохозяйственная, лесная, рекреационная и т.д.). Обычно нормы составляют от 50 до 200 тонн на гектар (в пересчете на сухое вещество). Превышение норм может привести к эвтрофикации водоемов, загрязнению грунтовых вод и фитотоксичности [22].

Согласно ГОСТу Р 54098-2024, к вторичным материальным ресурсам (ВМР) относятся:

- отходы производства и потребления, которые в перспективе (потенциально) или сразу (актуально) пригодны для использования в промышленном производстве для получения сырья, изделий и/или энергии;
- отходы производства и потребления, специально собранные и подготовленные к использованию в хозяйственных целях или к переработке во вторичное сырье [23].

Таким образом, анализ опубликованных научных трудов показал, что для проведения технического этапа рекультивации отработанных карьеров целесообразно использовать приведенный к нормативным показателям ИАИ в сочетании с такими инертными материалами как котлованный грунт и строительный мусор, объемы которых в Кемеровской области – Кузбассе ежегодно увеличиваются.

### **Материалы и методы**

В качестве материала исследования, результаты которого представлены в данной статье, был определен избыточный активный ил (ИАИ) с очистных сооружений предприятия ЦБП (объект-аналог) как основа субстратов с инертными материалами (грунт котлованный (глина) и строительный мусор (лом кирпича и бетона)). Подбор оптимального состава субстратов на основе ИАИ и инертных материалов для проведения технического этапа рекультивации нарушенных земель является конечной целью исследования. Для достижения поставленной цели использовали такие общетеоретические методы, как сопоставление и обобщение, абстрагирование и моделирование, анализ и синтез. Определение химических и физико-химических показателей

ИАИ было выполнено в научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) «Агроэкология» Кузбасского ГАУ с использованием методов гравиметрии, спектрометрии и потенциометрии.

В ходе исследования была разработана схема модельного опыта для определения оптимального состава субстратов на основе ИАИ и инертных материалов. Определены этапы подготовки и проведения модельного опыта:

- отбор образцов всех подобранных материалов для определения исходных физических и химических показателей перед закладкой модельного опыта;
- закладка вариантов опыта (послойное размещение компонентов в субстрате) с разным соотношением ИАИ, глины и строительного мусора в слоях;
- мониторинг динамики трансформации физических и химических показателей составленных субстратов.

### **Результаты**

Результат анализа научных публикаций показал, что для проведения технического этапа рекультивации отработанных карьеров целесообразно использовать приведенный к нормативным показателям ИАИ, образующийся на этапе биологической очистки сточных вод, в сочетании с такими инертными материалами как котлованный грунт и строительный мусор.

В ходе лабораторного опыта нами были определены общие характеристики следующих компонентов, подобранных для формирования субстратов в модельном опыте.

– Избыточный активный ил (ИАИ) с иловых карт очистных сооружений предприятия по переработке макулатуры, г. Новосибирск. Код ФККО 3 06 821 11 39 5 – осадки механической и биологической очистки сточных вод целлюлозно-бумажного производства и хозяйственно-бытовых сточных вод в смеси обезвоженные. Класс опасности V.

– Грунт котлованный (далее – глина) из котлована строительства комплекса биологической очистки сточных вод производства «Кузбасский Скарабей», г. Кемерово. Код ФККО 8 11 100 01 49 5 – грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами. Класс опасности V.

– Строительный мусор (далее – мусор) – лом кирпичной кладки от сноса и разборки зданий, предоставленный ООО «Кузбасский Скарабей». Код ФККО

8 12 201 01 20 5. Класс опасности V (см. портал «Класс-Информ» : Справочник кодов общероссийских классификаторов).

В рамках эмпирической части исследования в лаборатории был определен ряд показателей двух образцов ИАИ, полученных с предприятия ЦБП соседнего региона, которое по профилю аналогично предприятию «Кузбасский Скарабей». Один из образцов был отобран после трех лет выдержки с иловых карт предприятия, другой – после обезвоживания на декантерной центрифуге (далее – декантер). Внешний вид образцов-аналогов, дающий представление о структуре ИАИ, представлен на рисунке 1.



А

Б

Рис. 1. Избыточный активный ил:

А) с иловых карт (объект-аналог-1); Б) после декантера (объект-аналог-2)

ИАИ с иловых карт визуально представляет собой рассыпчатый материал бурого цвета со слабым землистым запахом (рис. 1А), тогда как ИАИ после декантера – пастообразная масса темно-бурого цвета с сильным характерным запахом (рис. 1Б).

В таблице 1 представлены показатели образцов-аналогов ИАИ и нормативные показатели для применения его при рекультивации или в качестве органического удобрения.

Сравнение данных, представленных в таблице, объективно подтвердило различие свойств ИАИ с иловых карт (объект-аналог-1) и после декантера (объект-аналог-2). Массовая доля влаги объекта-аналога-2 выше, а сухого вещества ниже на 29,69%, чем у объекта-аналога-1. По этим

показателям объект-аналог-1 практически соответствует требованиям ГОСТа Р 54534-2011, в то время как значения показателей объекта-аналога-2 отличаются от нормативных – максимальная разница значений достигает 30,8%.

Лабораторные исследования образцов ИАИ с очистных сооружений предприятия ЦБП (объекты-аналоги) показали, что образец, отобранный с иловых карт (массовая доля сухого вещества – 44%, рН солевой вытяжки – 5,8), соответствует нормативным показателям, установленным для подобных материалов при использовании на техническом этапе рекультивации, а образец ИАИ после декантера (массовая доля сухого вещества – 14%, рН солевой вытяжки – 6,8) может быть использован на техническом этапе рекультивации только после дополнительной обработки.

Таблица 1

Соответствие показателей ИАИ требованиям ГОСТов к материалам при использовании их для рекультивации и как органическое удобрение

Определяемый показатель	Значение показателя ИАИ		Требуемое значение		
			ГОСТ Р 54534-2011		ГОСТ Р 54651-2011
	с иловых карт	после декантера	техническая рекультивация	биологическая рекультивация	удобрение органическое
Массовая доля влаги, %	56,11	85,80	55	65	70
Массовая доля сухого вещества, %	43,89	14,20	45	35	30
Массовая доля органического вещества, %	7,73	26,80	– <*>	– <*>	30
рН солевой вытяжки	5,8	6,8	5,0–8,5	5,0–8,5	6,0–8,0
<*> показатель не регламентируется					

При использовании ИАИ для технического и биологического этапов рекультивации ГОСТ Р 54534 не регламентирует показатель содержания органического вещества, в отличие от ГОСТа Р 54651, регламентирующего свойства ИАИ для применения в качестве органического удобрения.

Требования к применению ОСВ в качестве органических удобрений в целом гораздо более жесткие и включают больший перечень показателей, чем требования к ВМР для рекультивации.

### **Заключение**

По результатам анализа информационных источников, посвященных применению ИАИ в качестве ВМР для проведения технического этапа рекультивации отработанных карьеров, и проведенных лабораторных исследований было установлено, что применение ИАИ в качестве рекультиванта возможно, во-первых, при его соответствии нормативным показателям (ГОСТ Р 54534-2011) и, во-вторых, как основа субстратов с инертными материалами: котлованными грунтами (глина) и строительным мусором (лом кирпича и бетона). При этом немаловажным является подбор оптимального соотношения компонентов субстрата для придания большей стабильности наполнения карьерной выемки.

Лабораторные исследования образцов ИАИ с очистных сооружений предприятия ЦБП (объекты-аналоги) показали, что образец, отобранный с иловых карт (массовая доля сухого вещества – 44%, рН солевой вытяжки – 5,8), соответствует нормативам, установленным для подобных материалов при использовании их на техническом этапе рекультивации. Образец ИАИ после декантера (массовая доля сухого вещества – 14%, рН солевой вытяжки – 6,8) может применяться с этой целью только после дополнительной обработки.

Следующие этапы научного исследования позволят определить эффективный способ приведения ИАИ к нормативному показателю по содержанию влаги и определить оптимальный состав субстратов на основе ИАИ и инертных материалов, что необходимо для разработки наилучшей доступной технологии при проведении технического этапа рекультивации нарушенных земель. При этом использование многотоннажных отходов в качестве ВМР для рекультивации будет способствовать решению актуальной для Кемеровской области – Кузбасса проблемы – накопления неутилизованных отходов.

### **Список источников**

1. Балакшин, П.Н. Экологические проблемы в целлюлозно-бумажной промышленности РФ // Лесной журнал. 2004. № 1. С. 100–102.

2. Воронов, Ю. В., Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод. Москва: АСВ, 2006. 704 с.
3. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений / И. С. Гуляева, М. С. Дьяков, Я. Н. Савинова, В. А. Русакова // Вестник ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2012. № 2. С. 18–32.
4. Способ обезвреживания и утилизации отработанного активного ила / Е. Ю. Брызгина, Р. Р. Насыров, З. А. Латыпова, Л. Р. Хазимова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. № 3. С. 124–133.
5. Горелова, О. М., Титова, К. Ю. Исследования по утилизации избыточного активного ила // Ползуновский вестник. 2015. № 4, т. 1. С. 114–118.
6. Кодосюк, Т.В. Методы утилизации избыточного активного ила // Проблемы современной науки в исследованиях молодых ученых / Уфим. гос. нефт. техн. ун-т. Уфа, 2017. С. 220–222.
7. Зайнуллина, З. З., Зайнуллин, Р. Х., Кутлин, Н. Г. Методы утилизации избыточного активного ила // Инновационная наука. 2023. № 11-1. С. 24-26. EDN CPQFNU.
8. Утилизация активного ила очистных сооружений / Э. К. Мухамеджанов, О. В. Есырев, Н. В. Леонова [и др.] // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. 5-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Саратов. гос. техн. ун-т им. Гагарина Ю.А. Саратов, 2011. Ч. 2. С. 86–89.
9. Кузбасский Скарабей получит собственные очистные сооружения // Кузбасский скарабей : сайт. URL: <https://skarabey42.ru/tpost/ug4k18tk81-kuzbasskii-skarabei-poluchit-sobstvennie> (дата обращения 15.10.2025).
10. ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. Москва: Росстандарт. 2017. 18 с.
11. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требование при использовании для рекультивации нарушенных земель. Москва: Росстандарт. 2011. 16 с.
12. ГОСТ Р 59748-2021. Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования. Москва: Росстандарт. 2021. 18 с.
13. Зайнуллина, З. З., Зайнуллин, Р. Х., Кутлин, Н. Г. Методы утилизации избыточного активного ила // Инновационная наука. 2023. № 11-1.

14. Полетаева, Т. Н. Утилизация осадков сточных вод малых очистных сооружений // Коммунальное хозяйство городов. 2006. №. 72. С. 151-155.
15. Буренков, С.В., Грачев, А.Н., Забелкин, С.А. Термическая утилизация иловых осадков сточных вод методом быстрого пиролиза в сеточном реакторе // Вестник Технологического университета. 2016. Т. 19, № 22. С. 40–43.
16. Исхакова, Р.Я., Нургалиев, А.И. Обезвоживание и экологически безопасная термическая переработка избыточного активного ила // Безопасность техногенных и природных систем. 2024. № 2. С. 64–67.
17. Моран, Э., Плеханов, А. В., Лобанов Ф. И. Термическая обработка – перспективное направление утилизации осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2017. № 6. С. 47–51.
18. Патент № 2220123 С2 Российская Федерация, МПК C05F3/00. Способ производства сухого органического удобрения из бесподстилочного помета кур: №2002100222/13: заявл. 10.01.2002: опубл. 27.12.2003 / В.А. Монолаков, В.В. Юдин; заявитель В.А. Монолаков, В.В. Юдин.
19. Патент № 160802 U1 Российская Федерация, МПК C10B 57/10, F26B 3/347. Устройство для микроволновой сушки кека: №2015136161/06: заявл. 21.08.2015: опубл. 10.04.2016 / С.Ф. Щербаков, В.А. Аксенов, А.Н. Филиппов; заявитель С.Ф. Щербаков, В.А. Аксенов, А.Н. Филиппов.
20. Жанайдар, А. Б. Рекультивация отработанных карьеров с использованием промышленных отходов: на примере месторождения строительного камня Каратас // Вестник науки. 2025. Т. 1, № 4(85). С. 613–619.
21. Чертес, К. Л., Быкова, Е. О. Рекультивация отработанных карьеров с использованием коммунальных и промышленных отходов // Химия. Экология. Урбанистика. 2019. Т. 1. С. 51–55. EDN HNIDZL.
22. Земсков, В. Н. Обоснование применения осадка сточных вод в качестве рекультиванта при восстановлении территорий, нарушенных карьерными разработками: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02. Москва, 2013. 26 с.
23. ГОСТ Р 54098–2024. Ресурсосбережение. Вторичные ресурсы и вторичное сырье. Термины и определения. Москва: Росстандарт. 2024. 16 с.

УДК 635.89  
EDN ZTKAAE  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-27



## ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ГРИБОВ ВЕШЕНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

**Соболева Ольга Михайловна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии и вирусологии<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого, г. Кемерово, Россия

<sup>2</sup>Кемеровский государственный медицинский университет, г. Кемерово, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты сравнительного анализа биохимического состава плодовых тел вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) штамма 121 КР, культивируемых в лабораторных условиях и промышленного образца, реализуемого в торговой сети. Исследование показало, что лабораторный образец характеризовался достоверно более высоким содержанием белка (41,0% против 27,6%), сырого жира (2,2% против 1,7%) и растворимых углеводов (5,3% против 4,3%) в пересчете на сухое вещество. Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии агротехнических условий и штаммовой принадлежности на нутриентный профиль вешенки, что открывает потенциал для целенаправленного выращивания грибов с заданными пищевыми качествами.

**Ключевые слова:** *Pleurotus ostreatus*, вешенка обыкновенная, биохимический состав, пищевая ценность, культивирование грибов, белок грибов, нутриенты.

## STUDY OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF CULTIVATED FUNGUS OYSTER MUSHROOM

**Soboleva Olga M.**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Microbiology and Virology<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

<sup>2</sup>Kemerovskiy State Medical University, Kemerovo, Russia

**Abstract.** The article presents the results of a comparative analysis of the biochemical composition of the fruiting bodies of the common oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) strain 121 KR, cultivated in laboratory conditions, and an industrial sample sold in a retail chain. The study showed that the laboratory sample had a significantly higher protein content (41.0% vs. 27.6%), crude fat content (2.2% vs. 1.7%), and soluble carbohydrate content (5.3% vs. 4.3%) based on dry matter. The data obtained indicate a significant influence of agrotechnical conditions and strain affiliation on the nutritional profile of oyster mushrooms, which opens up the potential for purposeful cultivation of mushrooms with specified nutritional qualities.

**Keywords:** *Pleurotus ostreatus*, common oyster mushroom, biochemical composition, nutritional value, mushroom cultivation, mushroom protein, and nutrients.

### Введение

Грибы являются ценным компонентом рациона человека, выступая источником белка, пищевых волокон, витаминов группы B, микроэлементов и биологически активных соединений [1]. Однако потребление дикорастущих съедобных грибов сопряжено с рисками аккумуляции ими токсинов и тяжелых металлов из окружающей среды [2]. В этой связи культивируемые грибы, такие как вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*), представляют собой безопасную и управляемую альтернативу.

*P. ostreatus* занимает одно из лидирующих мест в мировом грибоводстве благодаря своей неприхотливости, способности расти на различных лигноцеллюлозных субстратах и высокой питательной ценности [3]. Современные тенденции в грибоводстве направлены не только на повышение урожайности, но и на улучшение качества продукции, в том числе ее биохимического состава, который может варьировать в зависимости от штамма, состава субстрата и условий культивирования [4; 5]. Кроме того,

отработанные грибные блоки после культивирования вешенки находят применение в сельском хозяйстве [6].

**Целью** работы явилось сравнительное изучение биохимического состава плодовых тел вешенки обыкновенной штамма 121 КР, выращенных в контролируемых условиях, с образцом промышленного производства для оценки их пищевой ценности и соответствия требованиям действующего ГОСТ.

### Материалы и методы

Объектом исследования служил штамм вешенки обыкновенной 121 КР (рис. 1), характеризующийся высокой агрессивностью роста, устойчивостью к конкурирующей микрофлоре и образованием крупных плодовых тел с утолщенной ножкой.

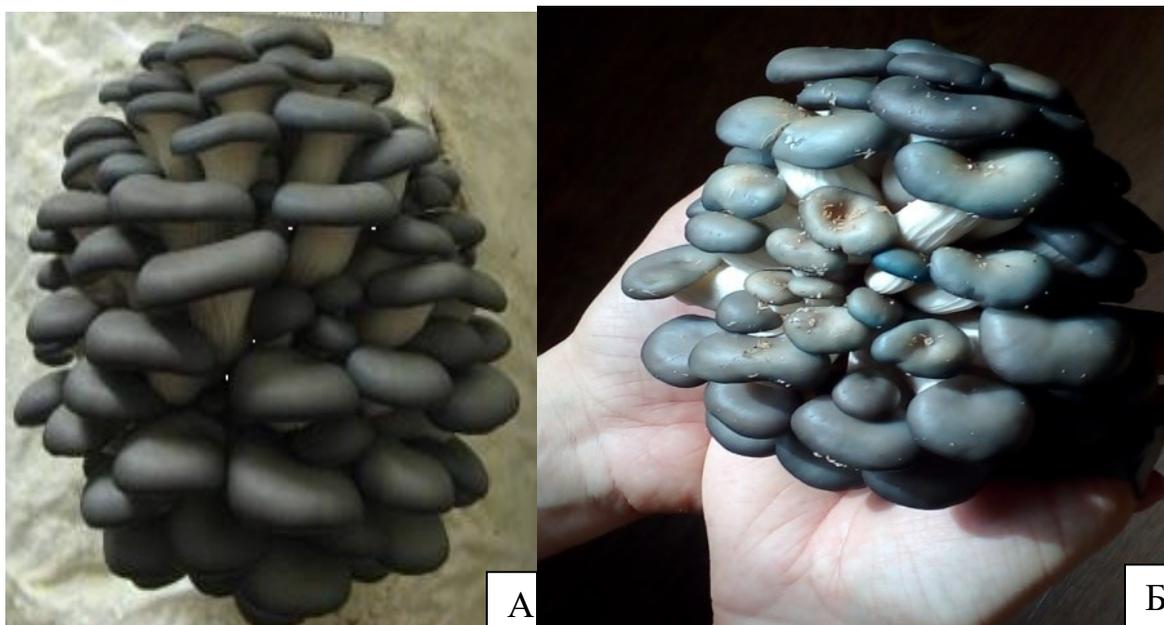


Рис. 1. Внешний вид вешенки обыкновенной штамма 121-КР (А – фото предоставлено производителем штамма – грибководческим хозяйством г. Новосибирска; Б – фото выращенных в ходе исследования грибов (фото автора))

Культивирование проводили в лабораторных условиях на пастеризованном субстрате. Температура в культивационной камере поддерживалась в диапазоне +23... +26°C, влажность воздуха – 60–80%. Полученные товарные грибы были направлены на анализ в лабораторию агроэкологии Кузбасского ГАУ. В качестве контрольного образца были взяты грибы вешенки промышленного производства (г. Новосибирск), приобретенные в торговой сети г. Кемерово.

Биохимический анализ включал определение таких показателей, как:

- массовая доля влаги по ГОСТ Р 54951-2012;
- массовая доля сухого вещества по ГОСТ 31640-2012;
- гигроскопическая влажность по ГОСТ Р 54951-2012;
- массовая доля общего азота по ГОСТ 13496.4-93;
- массовая доля белка по ГОСТ 13496.15-97;
- массовая доля сырого жира по ГОСТ 13496.15-97;
- массовая доля сырой золы по ГОСТ 26226-95;
- массовая доля сырой клетчатки по ГОСТ 31675-2012;
- массовая доля общих углеводов по AOAC method, 1990;
- массовая доля растворимых углеводов по AOAC method, 1990.

Исследование проводили в лаборатории агроэкологии ФГБОУ ВО Кузбасского ГАУ.

### Результаты

Оба исследуемых образца соответствовали требованиям ГОСТа 34959-2023 «Грибы вешенки обыкновенные свежие культивируемые. Технические условия» по органолептическим показателям (внешний вид, запах, вкус) и физическим параметрам (табл. 1).

Таблица 1

Требования к показателям вешенки обыкновенной по ГОСТу 34959-2023

Наименование показателя	Характеристика и норма	Показатели грибов	
		из торговой сети	собственного производства
Запах и вкус	Характерный для свежих вешенок, без посторонних запаха и привкуса	Соответствует	Соответствует
Окраска	Поверхность шляпки белая, кремовая, коричневая, серая различных оттенков, желтая, розовая, свойственная вешенкам. Ножка и пластинки белые. Мякоть вешенок белая, на срезе светло-серая	Соответствует	Соответствует
Размер вешенок, мм: – диаметр шляпки; – длина ножки от места скрепления со шляпкой, мм, не более	30,0–130,0	77,5±5,4	41,5±1,3
	100,0	94,3±8,1	51,1±3,2

Продолжение таблицы 1

Наименование показателя	Характеристика и норма	Показатели грибов	
		из торговой сети	собственного производства
Внешний вид	Плодовые тела вешенок свежие, мясистые, целые, чистые, упругие, без грубой волокнистой мякоти, сухие или естественно влажные, без излишней внешней влажности, не мытые, здоровые, с аккуратно подрезанной ножкой (друзой), не подмороженные, не пораженные болезнями и сельскохозяйственными вредителями, без наличия гнили, не подпаренные. Друза подрезана без остатков субстрата и земли. Число ножек не должно превышать числа шляпок. Допускаются небольшие отклонения формы, цвета, небольшие пятнышки на поверхности, единичные трещинки и разрывы на шляпке. Не допускается наличие: пятен зеленого, черного, желтого и других цветов, повреждений личинками, деградации	Соответствует	Соответствует
Наличие грязных, заплесневевших, поврежденных вредителями, затхлых, с признаками заболеваний, гниения, вялых, водянистых, осклизлых, с темными пятнами, с серьезными механическими повреждениями	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено

Наименование показателя	Характеристика и норма	Показатели грибов	
		из торговой сети	собственного производства
Наличие примеси других видов вешенок, примеси органического происхождения, крошки вешенок	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено
Наличие сельскохозяйственных вредителей, личинок и продуктов их жизнедеятельности	Не допускается	Не обнаружено	Не обнаружено

Данные по биохимическому составу представлены в таблице 2. Лабораторный образец имел более высокую влажность (93,8% против 89,5%), что, вероятно, связано с минимальным временем между сбором и анализом и щадящими условиями транспортировки. Однако в пересчете на сухое вещество его пищевая ценность оказалась существенно выше.

Ключевым отличительным показателем стало содержание белка: в грибах собственного производства его массовая доля составила 41,0%, что на 48,6% превышает показатель промышленного образца (27,6%). Полученное значение согласуется с данными современных исследований, в которых подчеркивается, что содержание белка в вешенке может достигать 25–40% от сухого вещества и сильно зависит от штамма и условий выращивания [4; 5]. Высокое содержание белка делает вешенку ценным продуктом для обогащения рациона.

Также отмечалось статистически значимое увеличение содержания сырого жира (на 29,4%) и, что особенно важно, растворимых углеводов (на 23,3%). Последние являются легкоусвояемым источником энергии и влияют на вкусовые качества продукта.

В то же время в лабораторном образце зафиксировано снижение содержания сырой клетчатки (с 27,8% до 21,9%) и общих углеводов. Это может быть связано с более молодым возрастом плодовых тел или особенностями метаболизма конкретного штамма [6].

Таблица 2

Основные показатели биологической ценности грибов  
вешенки обыкновенной, %

Показатель грибов	Из торговой сети	Собственного производства
Массовая доля влаги	89,5±0,5	93,8±0,3
Массовая доля сухого вещества	10,5±0,4	6,2±0,2
Гигроскопическая влажность	9,4±0,3	9,9±0,3
Массовая доля общего азота	4,4±0,2	6,6±0,2
Массовая доля белка	27,6±0,8	41,0±1,2
Массовая доля сырого жира	1,7±0,5	2,2± 0,5
Массовая доля сырой золы	8,5±0,5	7,7±0,4
Массовая доля сырой клетчатки	27,8	21,9
Массовая доля общих углеводов	32,1	27,2
Массовая доля растворимых углеводов	4,3	5,3

Содержание сырой золы в обоих образцах было высоким (7,7–8,5%), что подтверждает ценность вешенки как источника таких макро- и микроэлементов, как калий, фосфор, селен и цинк [7]. Незначительное различие по этому показателю может быть обусловлено минеральным составом исходного субстрата.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют, что контролируемое культивирование штамма 121 КР позволяет получать грибы с улучшенным нутриентным профилем – с рекордным содержанием белка и повышенным уровнем биодоступных углеводов и липидов.

### Заключение

Проведенное исследование выявило существенные различия в биохимическом составе изученных образцов вешенки обыкновенной. Грибы, выращенные в лабораторных условиях из штамма 121 КР, превзошли промышленный аналог по ключевым показателям пищевой ценности: содержанию белка (41,0%), сырого жира (2,2%) и растворимых углеводов (5,3%). Дальнейшие исследования целесообразно направить на влияние различных субстратов на накопление целевых нутриентов в плодовых телах штамма 121 КР.

### Список источников

1. Песцов Г. В., Третьякова А. В. Экологически безопасная утилизация органических отходов и технология производства гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенки обыкновенной) // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2021. Т. 13, № 5. С. 26–40.
2. Optimizing *Pleurotus ostreatus* Mushroom Cultivation on Various Agro-Industrial By-Products – Development of a Process Analytical Technology Tool for Predicting Biological Efficiency / G. Bekiaris et al. // *Fermentation*. 2025. Т. 11, № 10. P. 555.
3. Анализ пищевой и биологической ценности культивируемых грибов / Ю. А. Петрушов и др. // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2025. Т. 87, № 1. С. 190–196.
4. *Agaricus bisporus* and its by-products as a source of valuable extracts and bioactive compounds / M. Ramos, N. Burgos, A. Barnard [et al.] // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 292. P. 176–187. DOI 10.1016/j.foodchem.2019.04.035.
5. Факторы повышения эффективности технологии выращивания и переработки грибов рода вешенка *Pleurotus* (fr.) P. Kumm/ I. I. Bandura et al. // *Vegetable and Melon Growing*. 2021. № 69. P. 63–78.
6. Соболева, О. М. Возможности вторичного использования отработанных лигноцеллюлозных грибных блоков // *Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы : мат-лы II Национ. науч.-практич. конф., Кемерово, 05.07.2019 г. Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 83–88.*

УДК 633.2 : 631.43  
EDN JYRFSD  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-35



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ГРУНТОВ ОТВАЛА ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

**Витязь Светлана Николаевна**, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры<sup>1</sup>

**Ракина Мария Сергеевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры<sup>1</sup>

**Ротькина Екатерина Борисовна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкова, г. Кемерово, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты определения пригодности грунтов, входящих в состав вскрышных пород отвалов, расположенных на территории Кемеровской области – Кузбасса, для выращивания многолетних злаковых и бобовых культур. В качестве объектов исследования в лабораторном опыте были использованы образцы грунта, взятые в местах нарушенного ландшафта внешнего отвала вскрышных пород угольного предприятия. Использовались следующие бобовые и злаковые культуры: *Melilotus albus* Medik., *Festuca rubra* L., *Phleum pratense* L., *Poa pratensis* L. Оценка пригодности грунтов и почвообразующих пород для дальнейшего использования в процессе рекультивации закрытой части отработанного карьера производилась на основании исследований их физико-механических и химических свойств.

Установлено, что по физико-химическим свойствам и гранулометрическому составу исследуемые грунты пригодны для использования их в качестве потенциально-плодородного слоя почвы при проведении работ по рекультивации нарушенных территорий (рекреационного, санитарно-гигиенического и реставрационно-ландшафтного направлений) и выращиванию многолетних травянистых растений после проведения соответствующих агротехнических мероприятий

(внесение стартовых минеральных удобрений). Лабораторный опыт показал, что внесение минеральных и органических удобрений положительно отразилось на росте и развитии растений. Лучшие результаты в лабораторном опыте были получены на варианте с использованием в качестве стартового удобрения аммиачной селитры на травосмеси из овсяницы, мятлика, тимофеевки и донника в процентном соотношении 20 : 20 : 20 : 40 %. В перспективах авторы для дальнейшего изучения возможности использования грунтов породного отвала в качестве рекультивационного слоя ставят задачу продолжить исследования в полевых условиях.

**Ключевые слова:** грунты, многолетние травы, рекультивация, всхожесть, энергия прорастания семян, физико-химические свойства почв, агрегатное состояние грунтов.

#### DETERMINING THE SUITABILITY OF OVERBURDEN ROCK DUMPS SOILS FOR CULTIVATING PERENNIAL GRASSES

**Vityaz Svetlana N.**, candidate of biological sciences, associate professor, head of the department of landscape architecture<sup>1</sup>

**Rakina Maria S.**, candidate of biological sciences, Associate Professor of the Landscape Architecture Department<sup>1</sup>

**Rotkina Ekaterina B.**, candidate of biological sciences, Associate Professor of the Landscape Architecture Department<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

**Abstract.** This article presents the results of a study evaluating the suitability of soils comprising waste rock from waste dumps located in the Kemerovo Region-Kuzbass region for growing perennial cereals and legumes. Soil samples collected from the disturbed landscape of a coal mine's external waste rock dump were used in a laboratory experiment. The following legumes and cereals were used: *Melilotus albus* Medik., *Festuca rubra* L., *Phleum pratense* L., and *Poa pratensis* L. The suitability of the soils and parent materials for further use in the reclamation of the closed section of the abandoned quarry was assessed based on studies of their physical, mechanical, and chemical properties.

It was established that the physicochemical properties and particle size distribution of the studied soils make them suitable for use as a potentially fertile

soil layer during reclamation of disturbed areas (recreational, sanitary and hygienic, and restoration-landscape projects) and for growing perennial herbaceous plants after appropriate agricultural practices (application of starter mineral fertilizers). Laboratory testing showed that the application of mineral and organic fertilizers had a positive effect on plant growth and development. The best results in the laboratory experiment were obtained with the use of ammonium nitrate as a starter fertilizer on a grass mixture of fescue, bluegrass, timothy, and sweet clover in a ratio of 20%:20%:20%:40%. Further field research is necessary to further explore the feasibility of using waste rock waste soils as a reclamation layer.

**Keywords:** soils, perennial grasses, reclamation, germination, seed germination energy, physical and chemical properties of soils, aggregate state of soils.

### **Введение**

Современная экономика Кемеровской области – Кузбасса ориентирована на использование природных ресурсов, что влечет за собой ряд проблем экологической направленности [10]. Значительная часть территории региона находится в межгорной Кузнецкой котловине, имеющей неоднородный и сложный рельеф [1]. Исторически сложилось, что большинство населения области проживает именно в этой части региона, здесь же сосредоточено основное количество угледобывающих предприятий. В совокупности все эти факторы приводят к тому, что в большом количестве формируются земли, нарушенные горными разработками, площади отвалов вскрышных пород. Негативному влиянию подвергаются не только земли, имеющие хозяйственное значение, но разрушаются экосистемные связи компонентов и процессы внутри экосистем [13].

Согласно многочисленным исследованиям, сложность восстановления техногенно-нарушенных земель и экосистем объектов горнодобывающей промышленности обусловлена главным образом нарушением и полным снятием почвенно-растительного слоя, который является источником органического вещества, необходимого для почвообразования и самовосстановления среды. Оголенные горизонты почв и пород мало пригодны для формирования растительных сообществ и плодородных слоев почвы [3; 6; 10; 16–19]. Вмешательство человека может ускорить процесс восстановления среды путем создания техноземов при внесении требуемых органических удобрений и других жизненно необходимых добавок.

Недостаток органического вещества в таких грунтах восполняется органическими удобрениями, мелиорантами или почвенными добавками [4; 7; 9; 11; 14; 15].

Почвообразование на рекультивируемых территориях начинается под воздействием микробиоты и растительности в мелкоземе отвальных пород и является начальным процессом образования эмбриозема, подготавливающего субстрат для последующего поселения пионерных видов растений. Этот процесс возможно усилить внесением органических и минеральных удобрений, способствующих увеличению роста фитомассы многолетних трав [12], а также формированием оптимального техногенного рельефа отвалов, способного создать благоприятные условия для устойчивости фитоценоза.

В соответствии с требованиями нормативно-правовых документов (СП 11-102-97), применяемых при проведении инженерно-экологических изысканий на объектах с формирующимися нарушенными землями, необходимо исследовать и проводить оценку потенциального плодородного слоя грунтов, которая в последующем станет основой для проведения биологического этапа рекультивации [28]. Также следует вести поиск новых региональных инновационных решений восстановления нарушенных земель [6].

### **Материалы и методы**

Целью нашего исследования на данном этапе являлось изучение пригодности грунтов отвалов вскрышных пород для выращивания многолетних трав в условиях лабораторного опыта.

В качестве материалов исследования в данной работе были определены образцы грунта, взятые в местах нарушенного ландшафта внешнего отвала вскрышных пород угольного предприятия.

Грунты техногенно-поверхностных образований (ТПО) – это грунты, сформированные в результате техногенных воздействий, которые не являются почвами в «докучаевском» смысле. ТПО – это целенаправленно сконструированные почвоподобные тела или продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природного или специфического новообразованного субстрата [2].

Грунты (субстраты) отвалов в своем большинстве малопригодны для роста и развития растений, т.е. грунты и субстраты отвалов не обладают

основным свойством почв – эффективным плодородием. Одним из наиболее распространенных способов улучшения грунтов (субстратов) является так называемое землевание – нанесение на поверхность отвалов гумусированного слоя почвы или пригодных для выращивания растений грунтов разной мощности. Этот процесс сопряжен с рядом трудностей: недостаточное количество плодородных почв, находящихся вблизи территории отвала; высокая стоимость транспортировки таких почв к месту рекультивации и т.д.

Оценка пригодности грунтов и почвообразующих пород для дальнейшего использования в процессе рекультивации закрытой части отработанного карьера проводилась по результатам выполненных инженерных изысканий в соответствии с требованиями градостроительного, санитарного и природоохранного законодательства при проектировании, строительстве, реконструкции, эксплуатации объектов. Оценивались физико-механические и химические свойства грунтов и почвообразующих пород [8].

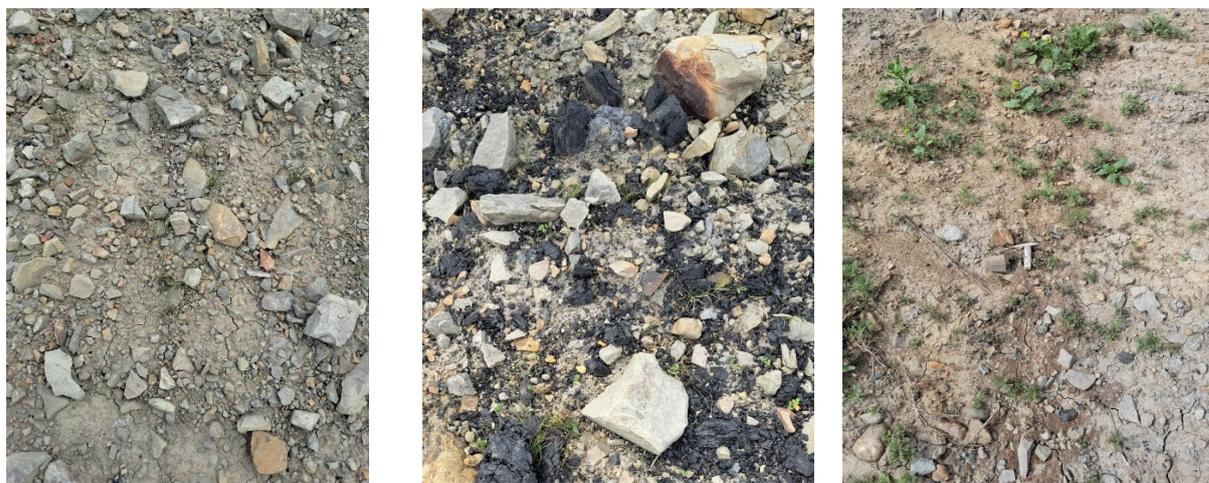


Рис. 1. Грунты породного отвала территории

Определение качественного состава грунтов отвала вскрышных пород и их пригодность для произрастания высших растений осуществлялось по результатам анализа агрохимических, агрофизических и гидрологических показателей: массовая доля гигроскопической влаги, % (ГОСТ 5180-2015) [25]; рН солевой вытяжки, ед. рН (ГОСТ 26483-85) [21]; гидролитическая кислотность, ммоль/100 г (ГОСТ 26212-2021) [27]; массовая доля органического вещества, % (ГОСТ 26213-2021) [28]; массовая доля общего азота, % (ГОСТ 58596-2019) [26]; массовая доля подвижного калия, мг  $K_2O_5$  / кг

(ГОСТ 26204-91) [23]; массовая доля подвижного фосфора, мг  $P_2O_5$  / кг (ГОСТ 26204-91) [23]; гранулометрический состав грунта (ГОСТ 12536-2014) [24].

С целью проверки пригодности грунтов породного отвала был поставлен лабораторный опыт с использованием растений злаковых и бобовых культур. Исследуемые грунты с нарушенных территорий были помещены в емкости по 0,5 л.

Для лабораторного опыта использовались следующие бобовые и злаковые культуры: донник белый (*Melilotus albus Medik.*), овсяница красная (*Festuca rubra L.*), тимофеевка луговая (*Phleum pratense L.*), мятлик луговой (*Poa pratensis L.*). Растения использовались в виде травосмесей: 1) овсяница – донник – 60 : 40 %; 2) мятлик – донник – 60 : 40 %; 3) тимофеевка – донник – 60 : 40 %; овсяница – мятлик – тимофеевка – донник – 20 : 20 : 20 : 40 %. Перед посевом у всех семян определялся биоэнергетический потенциал, включающий оценку энергии прорастания и лабораторной всхожести в соответствии с ГОСТ 12038-84 [20].

Лабораторный опыт проводился с 12.02.2024 по 12.04.2025 года. Повторность опыта трехкратная. В ходе лабораторного опыта осуществлялся полив емкостей с высевными культурами по мере просыхания грунта. За посевами осуществлялось наблюдение. Ниже представлена схема лабораторного опыта (табл. 1).

Таблица 1

Схема лабораторного опыта по исследованию почвогрунтов нарушенных территорий на предмет пригодности для выращивания многолетних травянистых растений

Состав травосмеси	Вносимые препараты (удобрения)			
	1. Контроль	2. Мочевина	3. Аммиачная селитра	4. Биопрепарат
1. Овсяница – донник (60 : 40 %)	Вариант опыта 1.1	Вариант опыта 1.2	Вариант опыта 1.3	Вариант опыта 1.4
2. Мятлик – донник (60 : 40 %)	Вариант опыта 2.1	Вариант опыта 2.2	Вариант опыта 2.3	Вариант опыта 2.4
3. Тимофеевка – донник (60 : 40 %)	Вариант опыта 3.1	Вариант опыта 3.2	Вариант опыта 3.3	Вариант опыта 3.4
4. Овсяница – мятлик – тимофеевка – донник (20 : 20 : 20 : 40 %)	Вариант опыта 4.1	Вариант опыта 4.2	Вариант опыта 4.3	Вариант опыта 4.4

Для удобрения почвы использовались мочевины и селитры (производитель АО «Фертика»). Как альтернатива минеральным азотным удобрениям использовались «Биоторфин-Б» (Т) и «Гумариз-Т» (производитель ООО «Биофабрика», г. Кузнецк, Пензенская область).

Мочевина (карбамид) – это гранулированное удобрение, в котором содержится 46% азота. Это самое концентрированное азотное удобрение, вносимое под садово-огородные культуры. Попадая в почву, мочевина вступает в реакцию с содержащимися в земле ферментами и бактериями. В течение первых двух-трех дней происходит химическая реакция, которая преобразует карбамид в углекислый аммоний. При контакте с воздухом последний трансформируется в газообразный аммиак. Если почва щелочная или с нейтральной реакцией, то потери могут быть значительными. Поэтому при применении мочевины в качестве удобрения необходима ее заделка в почву на глубину 7–8 см. Азот из мочевины растения усваивают медленно, что объясняет более долгий питательный эффект. При внесении мочевины общая кислотность почвы не меняется. В связи с чем на закисленных почвах, а также для культур, не терпящих кислую среду, подходит лишь мочевина.

Аммиачная селитра ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) – наиболее распространенное азотное удобрение. Оно содержит 34,4 % N (нитратный и аммонийный азот – 1 : 1) и предназначено для основного внесения, а также для корневых и листовых подкормок. Аммиачную селитру можно использовать в качестве основного и предпосевного удобрения, а также как подкормку. При внесении селитры повышает общую кислотность почвы. Эффективность обработки селитрой чем, чем при обработке мочевиной, потому что в селитре содержатся две разные формы азота: нитратная и аммиачная, о чем уже упоминалось. Норма внесения аммиачной селитры – 30 г на 1 м<sup>2</sup>.

«Биоторфин-Б» (Т) производителя ООО «Биофабрика», г. Кузнецк, Пензенская область – торфяная форма, инокулянт для бобовых культур на основе *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*, для обработки семян бобовых и зернобобовых культур. Улучшает азотное питание растений (бобово-ризобиальный симбиоз), стимулирует их рост и развитие. Может заменить от 30 до 150 кг минерального азота. Используется при выращивании чечевицы, донника, эспарцета, фасоли, люпина, нута, лядвенца, гороха, клевера, вики, люцерны. Норма расхода 0,4–0,6 кг (л)/га (на гектарную норму семян).

«Гумариз-Т» того же производителя – торфяная форма, инокулянт для бобовых и зернобобовых культур с добавлением гуматов и микроэлементов, улучшает азотное и минеральное питание бобовых и зернобобовых культур, способствует накоплению биологического азота в почве, применяется как альтернатива минеральным азотным удобрениям, повышает количество и качество урожая, используется для обработки семян и в период вегетации.

Препарат рекомендуется при выращивании чечевицы, донника, эспарцета, фасоли, люпина, нута, лядвенца, гороха, клевера, вики, люцерны. Норма расхода 0,4–0,5 кг(л)/га (на гектарную норму семян).

### Результаты

Согласно результатам агрохимического и агрофизического анализа, исследуемые грунты характеризуются слабощелочной средой, отличаются средним и повышенным уровнем обеспеченности органическим веществом, низким и средним уровнем обеспеченности подвижным калием и низким уровнем обеспеченности подвижным фосфором и общим азотом (табл. 2). Содержание органического вещества (углистые частицы) составляет 12–13%.

Таблица 2

Результаты исследований грунтов

Наименование показателя	Среднее значение	Характеристика
Массовая доля гигроскопической влаги, %	3,36±0,29	Низкая водоудерживающая способность
pH солевой вытяжки, ед. pH	7,52±0,10	Слабощелочная среда
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	0,26±0,03	Нейтральная среда
Массовая доля органического вещества, %	12,56±0,51	Высокое содержание
Массовая доля общего азота, %	0,07±0,02	Дефицит
Массовая доля подвижного калия, мг K <sub>2</sub> O /кг	114,36±10,58	Средний уровень обеспеченности
Массовая доля подвижного фосфора, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /кг	38,72±5,55	Дефицит

В.И. Уфимцев с соавторами (2017) определили, что глубинные горные породы, поднимаемые на поверхность при добыче угля, – песчаники, алевролиты и аргиллиты – несут в себе следы плодородия былых древних

экосистем, однако содержание доступных форм основных элементов питания растений – фосфора и калия – очень низкое, практически отсутствует азот [5]. Исследуемые грунты характеризуются также низкой водоудерживающей способностью.

Согласно данным анализа агрегатного состояния грунтов (табл. 3), исследуемые грунты отличаются высокой каменистостью и низким содержанием мелкозема (частиц размером менее 1 мм). Отсюда – низкая водоудерживающая способность. Сочетание олиготрофности и ксероморфности создает совершенно особые, по сравнению с естественными ландшафтами, условия произрастания растений, что необходимо учитывать при подборе состава травянистых растений, используемых для биологической рекультивации.

Таблица 3

Агрегатный состав грунтов исследуемых проб

Наименование образца	Агрегаты			Примечание
	более 300 мм, %	0,25–10 мм, %	менее 0,1 мм, %	
Проба 1	3,20	96,04	0,76	Необходимо проведение агротехнических мероприятий
Проба 2	3,87	95,89	0,24	
Проба 3	4,52	94,21	1,27	
Проба 4	5,45	94,00	0,55	
Проба 5	2,15	97,69	0,16	

Таким образом, изучение грунтов территории отвала для оценки их рекультивационного потенциала и дальнейшей разработки методов биологической рекультивации показало, что на исследуемой территории типы техногенного рельефа представлены собственно отвалами пустых пород и создаются жесткие (олиготрофные) экологические условия, а с учетом климатических характеристик это позволяет утверждать, что территория достаточно сложна для проведения работ по восстановлению растительности. С другой стороны, по химическому составу исследуемые грунты породного отвала, согласно классификации вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель, относятся к пригодным плодородным породам [22] и, следовательно, могут использоваться в качестве потенциально плодородного слоя почвы для проведения работ по рекреационному, санитарно-гигиеническому и реставрационно-ландшафтному направлениям биологической рекультивации. Однако для

корректировки жестких олиготрофных экологических условий необходимо внесение в данные грунты органических и азотно-калийно-фосфорных удобрений.

Для определения биоэнергетического потенциала качества посадочного материала необходима проверка на предмет всхожести и энергии прорастания семян. Данные показатели характеризуют способность семян давать в полевых условиях дружные и ровные всходы, а значит, хорошую выровненность и выживаемость растений. Результаты изучения биоэнергетического потенциала используемых в лабораторном опыте семян изучаемых культур представлены в таблице 4.

Таблица 4

## Биоэнергетический потенциал посевного материала

Посевной материал	Сроки определения показателя, сутки		Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
	энергии прорастания	лабораторной всхожести		
Тимофеевка луговая	4	8	67,2±1,2	84,4±3,1
Клевер луговой	3	7	65,6±8,1	83,7±2,2
Ежа сборная	7	14	58,8±3,2	76,5±1,9
Люцерна посевная (синяя)	4	7	61,3±2,5	86,6±2,4
Костер (кострец) безостый	4	10	62,3±2,7	82,5±2,5
Донник белый	4	10	66,8±3,2	85,2±2,1
Мятлик луговой	7	21	64,2±3,1	73,5±2,2
Овсяница красная	7	14	67,8±2,2	76,6±1,8

Результаты анализа по потенциалу показали, что энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян у изучаемых культур варьировалась в пределах 58,8–67,8% и 76,5–86,6% соответственно. Лучшая лабораторная всхожесть семян была отмечена у люцерны посевной, наименьшая – у ежи сборной. Полученные результаты свидетельствуют, что посевной материал характеризуется высоким биоэнергетическим потенциалом.

Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4
			
Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4
			
Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4
			
Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4
			

Рис. 2. Фотофиксация результатов лабораторного опыта

В ходе лабораторного опыта первые всходы были обнаружены на 3–4-е сутки. Первыми во всех вариантах опыта проклюнулись семена донника белого, в вариантах 3.1–3.4 – семена тимофеевки луговой. Однако по мере появления всходов и роста злаковых культур наблюдалось угнетение растений донника белого.

В результате к завершению опыта единичные экземпляры донника белого были зафиксированы в вариантах 2.2; 2.4 и 3.4. В остальных вариантах все растения донника белого погибли. Полученные результаты можно объяснить тем, что между растениями наблюдается высокая конкуренция за питательные вещества, поскольку площадь питания ограничена емкостью. В то же время злаки, в отличие от бобовых культур (к которым относится донник белый), образуют мочковатую корневую систему, что позволяет им увеличивать площадь всасывающей поверхности и тем самым получать конкурентные преимущества.

Растения были извлечены из емкостей 21.03.2024 года, после чего проведены замеры их наземной вегетативной части и изучено состояния корневой системы. В ходе изучения особенностей формирования корневой системы было установлено, что во всех вариантах опыта злаковые растения сформировали обильно ветвящуюся корневую систему, прочно связанную и пронизывающую весь объем грунта (рис. 2).

Таблица 5

Биометрические показатели наземной части растений, см

Состав травосмеси в процентном соотношении	Вносимые препараты			
	Контроль (без препарата)	Мочевина	Аммиачная селитра	Биопрепарат
Овсяница – донник 60 : 40 %	Вариант 1.1	Вариант 1.2	Вариант 1.3	Вариант 1.4
	16,67±2,25	19,23±3,55	18,95±4,95	20,72±3,6
Мятлик – донник 60 : 40%	Вариант 2.1	Вариант 2.2	Вариант 2.3	Вариант 2.4
	8,17±1,6	9,62±2,45	15,82±4,9	13,93±2,3
Тимофеевка – донник 60 : 40%	Вариант 3.1	Вариант 3.2	Вариант 3.3	Вариант 3.4
	15,50±5,6	15,42±4,25	12,82±2,1	14,68±4,85
Овсяница – мятлик – тимофеевка – донник 20 : 20 : 20 : 40%	Вариант 4.1	Вариант 4.2	Вариант 4.3	Вариант 4.4
	17,33±5,95	18,97±5,62	23,98±3,90	22,13±5,60

Изучение морфометрических данных наземной вегетативной части показало, что на контроле лучшие результаты были отмечены в варианте травосмеси «овсяница – мятлик – тимофеевка – донник» в соотношении 20 : 20 : 40%, где длина побегов (или надземной части) составила 17,33 см.

Травосмесь «овсяница – донник», соотношение – 60 : 40 %, также имела высокий показатель – 16,67 см. Наименьшими побегами отличались растения варианта травосмеси «мятлик – донник» в соотношении 60 : 40% – 8,17 см, также в данном варианте была отмечена гибель части растений (одна повторность) (табл. 5).

При внесении препаратов наблюдалась аналогичная тенденция: длина побегов у растений варианта с травосмесью «овсяница – мятлик – тимофеевка – донник» была самой большой, при этом с аммиачной селитрой опытные растения показали максимальный (с учетом всех вариантов опыта) прирост – 23,98 см. На 1,85 см ниже этот показатель был при внесении биопрепарата – 22,13 см.

При внесении мочевины вариант с травосмесью «овсяница – мятлик – тимофеевка – донник» имел схожий показатель с вариантом «овсяница – донник», соотношение – 60 : 40%, – 18,97 и 19,23 см соответственно. Самый низкий показатель наблюдался в варианте «мятлик – донник», соотношение – 60 : 40%, – 9,62 см.

При внесении аммиачной селитры лучшие результаты были получены на вариантах с травосмесью «овсяница – мятлик – тимофеевка – донник» и «овсяница – донник», где длина побегов составила 23,98 и 18,95 см соответственно. Минимальный прирост побегов был отмечен в варианте с травосмесью «тимофеевка – донник», соотношение – 60 : 40%», – 12,82 см.

При внесении биопрепарата лучшие результаты показали варианты «овсяница – мятлик – тимофеевка – донник» и «овсяница – донник», длина побегов – 22,13 см и 20,72 см соответственно. Вариант с травосмесью «мятлик – донник» в соотношении 60 : 40% показал минимальный прирост побегов – 13,93 см, также здесь была отмечена гибель части растений (одна повторность).

### **Заключение**

По результатам исследования и полученным данным по физико-химическим свойствам грунтов территории угольного отвала на предмет пригодности для выращивания многолетних травянистых растений можно

утверждать, что данные грунты потенциально пригодны после проведения соответствующих агротехнических мероприятий (вспашка, внесение стартовых минеральных удобрений) для произрастания растений. Химический состав грунтов, согласно ГОСТам, вполне позволяет проводить рекреационное, санитарно-гигиеническое и реставрационно-ландшафтное направления биологической рекультивации. Однако следует учитывать, что наряду с низким потенциальным плодородием низкая водоудерживающая способность исследуемых грунтов в условиях резко-континентального климата со значительной амплитудой температур и инсоляционной и циркуляционной асимметрией склонов разной экспозиции может создавать дополнительно жесткие экологические условия (недостаток продуктивной влаги, провальная водопроницаемость, контрастный температурный режим на разных элементах рельефа, неравномерность распределения суточного, сезонного, годового тепла и влаги на склонах разной экспозиции) для произрастания растений. В результате чего растительный покров после проведенного биологического этапа рекультивации может длительное время носить островной характер, иметь низкие показатели площади проективного покрытия и заселяться рудеральными видами растений. Процессы эмбриогенеза почв и формирования фитоценоза будут проходить медленнее и в большей степени зависеть от погодных условий.

В ходе лабораторного опыта по пригодности изучаемых грунтов для выращивания многолетних трав лучшие результаты были отмечены на варианте 4 с травосмесью «овсяница – мятлик – тимофеевка – донник» в соотношении 20 : 20 : 20 : 40%. Исследование морфометрических показателей растений показало, что наибольшая длина побегов была сформирована при внесении аммиачной селитры.

Таким образом, далее возможности использования грунтов породного отвала в качестве рекультивационного слоя необходимо исследовать в полевых условиях. В ассортимент высеваемых растений рекомендуется включить все используемые в данном опыте культуры, а в качестве удобрения вносить аммиачную селитру.

#### **Список источников**

1. Алябьева, Г. Н., Фахрина, М. В. Природный потенциал Кемеровской области // Фундаментальные исследования. 2007. № 11. С. 41–43.

URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=3675> (дата обращения: 12.12.2025).

2. Артамонова, В. С. Научные подходы к выбору терминов и определений техногенных поверхностных образований // Антропогенная трансформация природной среды. 2016. № 2. С. 31–38.
3. Брагина, П. С., Герасимова, М. И. Техногенные поверхностные образования на отвалах и хвостохранилищах в Кемеровской области: опыт классификации // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 89. С. 90–103. DOI 10.19047/0136-1694-2017-89-90-103. EDN ZCMHSP.
4. Коваленко, В.С., Артемьев, В.Б., Опанасенко, П.И. Землесберегающие и землевоспроизводящие технологии на угольных разрезах. Москва : Горное дело ООО «Киммерийский центр», 2013. 440 с.
5. Уфимцев, В. И., Манаков, Ю. А., Куприянов А. Н. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Фед. иссл. центр угля и углехимии СО РАН ; [под общ. ред. Ю.А. Манакова]. Кемерово : КРЭОО «Ирбис», 2017. 44 с.
6. Остапова, Н. А., Евсеева, И. Н. Биологическая рекультивация верхнего вскрышного уступа на отвалах разреза «Черногорский» // Уголь. 2019. № 6 (1119).
7. Патент № 2478165 С2 Российская Федерация, МПК E21C 41/32. Способ формирования корнеобитаемого слоя поверхности отвалов, образованных открытой разработкой полезных ископаемых для биологической рекультивации : № 2011127273/03 : заявл. 01.07.2011 : опубл. 27.03.2013 / А. Т. Лавриненко, В. А. Андроханов // Бюл. 2013. № 9. 4 с. EDN EOAVNI.
8. Оценка пригодности техногенных грунтов для рекультивации нарушенных территорий / Е. А. Пендюрин, Л. М. Смоленская, В. Г. Рыбин, С. Ю. Рыбина // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2013. № 3. URL: <http://dspace.bstu.ru/jspui/handle/123456789/1038> (дата обращения: 23.11.2025).
9. Петрова, Т. А., Рудзиш, Э. Рекультивация техногенно-нарушенных земель с применением осадков сточных вод в качестве мелиорантов // Записки Горного института. 2021. Т. 251. С. 767–776. DOI: 10.31897/PMI.2021.5.16.
10. Попов, А. А., Хорошилова, Л. С. Влияние негативных факторов на экосистему Кузбасса // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2011. № 1. С. 162–169. EDN NTZZDJ.

11. Роткина, Е.Б., Ракина, М. С. Растительный покров отвально-карьерного ландшафта Караканского хребта // Инновационные технологии в машиностроении : Сборник трудов XV Международной научно-практической конференции, Юрга, 23–25 мая 2024 года. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2024. С. 143–145. EDN YCAQNK.
12. Первичное почвообразование на естественно зарастающих техногенных ландшафтах отсыпанных горными породами михайловского горно-обогатительного комбината КМА / А. И. Стифеев, О. В. Никитина, В. Н. Недбаев, Н. Н. Трутаева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 48–56.
13. Тимофеева, С. С., Луговцова, Н. Ю. Анализ экологического состояния горнодобывающей отрасли Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень (Научно-технический журнал). 2017. № 6. С. 350–361. EDN YTSRGZ.
14. Исследование грунтов породного отвала после проведения биологической рекультивации / М. А. Яковченко, О. Б. Константинова, Л. А. Филипович, А. А. Косолапова // Вестник Курганской ГСХА. 2014. № 3(11). С. 145–147. EDN TEJBLP.
15. Vityaz, S. N., Rakina, M. S., Yakovchenko M. A. Monitoring the state of the man-made landscape after reclamation // Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования : Мат-лы XV Международ. науч.-практич. конф. на ин. яз. Кемерово, 2024. С. 178–183.
16. Gendler, S. G., Rudakov, M. L., Kuznetsov, V. S. Evaluation Principles of the Dust Influence of Mining Enterprises on the Environment // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. 2019. Vol. 56, Is. 3. P. 62–69. DOI 10.2478/lpts-2019-0020. EDN UJJYIK.
17. Lytaeva, T. A., Isakov A. E. Environmental impact of the stored dust-like zinc and iron containing wastes // Journal of Ecological Engineering. 2017. Vol. 18, Is. 3. P. 37–42. DOI 10.12911/22998993/69355. EDN XMXFOY.
18. Pashkevich, M. A., Petrova, T. A. Technogenic Impact of Sulphide-Containing Wastes Produced by Ore Mining and Processing at the Ozernoe Deposit: Investigation and Forecast // Journal of Ecological Engineering. 2017. Vol. 18, Is. 6. P. 127–133. DOI 10.12911/22998993/76700.
19. Strizhenok, A., Tsvetkov, P. Ecology-Economical Assessment of new Reclamation Method for Currently Working Technogenic Massifs // Journal of Ecological

- Engineering. 2017. Vol. 18, Is. 1. P. 58–64. DOI: 10.12911/22998993/66251.
20. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: межгосударственный стандарт // СПС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023365> (дата обращения 23.09.2025).
  21. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО : государственный стандарт РФ / Министерство сельского хозяйства СССР // СПС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023490> (дата обращения 23.09.2025).
  22. ГОСТ 17.5.1.03-86. Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации : межгосударственный стандарт : изд. официальное : дата введения 10.11.1986 / Государственный агропромышленный комитет СССР. Москва : Издательство стандартов, 2002. 28 с.
  23. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО : государственный стандарт СССР: изд. официальное / Всесоюзное производственно-научное объединение «Союзсельхозхимия». Москва : Издательство стандартов, 1992. 8 с.
  24. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное / Открытое акционерное общество «Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве» (ОАО «ПНИИС»). Москва : Стандартиформ, 2019. 23 с.
  25. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик : межгосударственный стандарт / Технический комитет по стандартизации ТК 465 «Строительство» : дата введения 1.04.2016 / СПС «Кодекс». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200126371> (дата обращения 23.09.2025).
  26. ГОСТ 58596-2019. Почвы. Методы определения общего азота : национальный стандарт Российской Федерации: изд. офиц. / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»). Москва : Стандартиформ, 2019. 8 с.
  27. ГОСТ 26212-2021. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО : межгосударственный стандарт : издание официальное / Федеральное государственное бюджетное научное

- учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»). Москва : Российский институт стандартизации, 2021. 10 с.
28. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества: межгосударственный стандарт : изд. официальное / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»). Москва : Российский институт стандартизации, 2021. 10 с.
29. СП 11-102-97. Система нормативных документов в строительстве. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства / Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС), ГО «Росстройизыскания», Научно-производственный центр «Ингеодин», НИИ строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, НПГП «ВНИИЯГГ» Министерства природных ресурсов Российской Федерации, ТОО «ЛентИСИЗ» // СПС «КонтурНорматив». URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId> (дата обращения 23.09.2025).

УДК 636.084.4  
EDN HXSYWN  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-53



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОБЕЛКОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

**Беспоместных Константин Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры зоотехнии<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, Россия, г. Кемерово

**Аннотация.** В данном аналитическом обзоре обобщены современные знания о метанокисляющих бактериях в качестве кормовых ингредиентов для сельскохозяйственных животных. Представлены результаты исследований и научные достижения, касающиеся бактериальных белков, включая процесс их производства, химический состав, влияние на усвояемость питательных веществ, качества и безопасности, показатели роста у некоторых видов моногастричных животных, включая свиней, цыплят-бройлеров. Сделан вывод, что высокобелковая кормовая добавка (ВБКД), полученная в результате ферментации природного газа с использованием бактериальной культуры, содержащей преимущественно метанотрофный микроорганизм *Methylococcus capsulatus*, является перспективным источником белка на основе таких критериев, как аминокислотный состав, усвояемость, а также продуктивность и здоровье животных. Будущие исследовательские задачи включают модификацию последующих этапов обработки для получения продуктов с добавленной стоимостью, а также улучшение понимания факторов, влияющих на доступность питательных веществ и продуктивность животных.

*Целью* данной работы является изучение качества и безопасности высокобелковой кормовой добавки на основе метанокисляющих бактерий и оценка её использования в кормлении моногастричных сельскохозяйственных животных. *Предметом исследования* является высокобелковая кормовая добавка, полученная на основе метанокисляющих

бактерий, и её комплексная оценка безопасности использования как источника белка и аминокислот в кормлении сельскохозяйственных животных.

**Ключевые слова:** метанотрофные бактерии, высокобелковая кормовая добавка, биомасса, микробный белок, кормление, сельскохозяйственные животные, качество, безопасность.

## **USE OF A HIGH-PROTEIN FEED ADDITIVE BASED ON METHANE-OXIDIZING BACTERIA IN FARM ANIMALS FEEDING**

**Bespomestnykh Konstantin V.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Science<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Agrarian University, Russia, Kemerovo

**Abstract.** This analytical review summarizes current knowledge about methane-oxidizing bacteria as feed ingredients for farm animals. It presents research results and scientific achievements related to bacterial proteins, including their production process, chemical composition, impact on nutrient digestibility, quality, and safety, as well as growth performance in certain monogastric animals, such as pigs and broiler chickens. It was concluded that a high-protein feed additive (HPFA) obtained by fermenting natural gas using a bacterial culture containing the predominantly methanotrophic microorganism *Methylococcus capsulatus* is a promising source of protein based on criteria such as amino acid composition, digestibility, and animal productivity and health. Future research challenges include modifying subsequent processing steps to produce value-added products, as well as improving understanding of the factors that influence nutrient availability and animal productivity.

The aim of this work is to study the quality and safety of a high-protein feed additive based on methane-oxidizing bacteria and to evaluate its use in the feeding of monogastric farm animals. The subject of the study is a high-protein feed additive based on methane-oxidizing bacteria and its comprehensive safety assessment as a source of protein and amino acids in the feeding of farm animals.

**Keywords:** methanotrophic bacteria, high-protein feed additive, biomass, microbial protein, feeding, farm animals, quality, safety.

## Введение

В настоящее время растёт потребность в высококачественном белке в кормлении сельскохозяйственных животных. Высокий спрос на высококачественные источники белка в ближайшем будущем может оказаться недостаточным для удовлетворения традиционных источников, таких как мясокостная мука, рыбная мука и соевая мука. Поэтому крайне необходимы корма, способные частично заменить традиционные источники высококачественного белка [8].

В животноводстве ключевым фактором повышения продуктивности животных является сбалансированное питание с оптимальным содержанием белка, обеспечивающего рост, восполнение потерь и улучшение продуктивных качеств. В последние годы все большее внимание уделяется использованию биотехнологических методов для создания кормовых добавок, которые не только увеличивают концентрацию белка, но и улучшают усвояемость кормов. Одним из перспективных направлений является применение метаноксиляющих бактерий для производства высокобелковых кормовых продуктов [11].

## Материалы и методы

Для достижения поставленной цели были изучены и проанализированы научные источники (отечественные и зарубежные статьи) с последующим обобщением полученной информации. В качестве источников были использованы следующие интернет-ресурсы: *e-Library*, *Cyberleninka*, *ResearchGate*.

## Результаты

Быстрый рост и высокое содержание белка – хорошо известные свойства бактерий, используемых для производства белка. В 1960-х и 1970-х годах значительные исследования и промышленное развитие были посвящены производству микробного белка (одноклеточного белка, SCP) из углеводородных субстратов, таких как метанол и метан, с целью обеспечения белком питания человека и животных. Компания *Imperial Chemical Industries Ltd* (ICI) произвела коммерчески доступный продукт (PRUTEEN1) из метанола, используя метанол-облигатные бактерии *Methylophilus methylotrophus*. Возможность производства бактериального белка из метанола стало крупным биотехнологическим прорывом, а результаты исследований по оценке

кормов с участием ряда видов были в целом обнадеживающими [1]. Однако коммерческое производство было прекращено главным образом из-за экономических соображений, связанных с ростом цен на нефть и низкой ценой на традиционные источники белка.

В последние годы растущий глобальный спрос на устойчивые источники белка, не зависящие от использования сельскохозяйственных земель и климатических изменений, привел к возобновлению внимания к потенциалу использования микробного белка в животноводстве [9].

Основное внимание учеными уделялось метану, основному компоненту природного газа, широко распространенному в природе, как привлекательному субстрату для производства бактериального белка. Обильные запасы, дешевая транспортировка и разумная стоимость природного газа указывают на то, что производство белка из природного газа может быть реалистичным в больших масштабах. Использование метанооксиляющих бактерий в качестве источника аминокислот в кормах для животных может сохранить чрезмерно используемые источники белка, пригодные для непосредственного потребления человеком. Метанотрофные бактерии – это облигатные аэробные микроорганизмы, которые используют метан в качестве единственного источника углерода и энергии для роста. Окисление метана до метанола является первым этапом их метаболического пути. Метанотрофы повсеместно распространены и играют важную роль в глобальном балансе метана, снижая его воздействие, как пример, на глобальное потепление [4].

Метан содержит углерод в восстановленной и энергоэффективной форме и может обеспечивать высокую производительность микробных клеток при биоконверсии субстрата. В ранних исследованиях было обнаружено, что два штамма постоянно культивируемых метанооксиляющих бактерий имеют благоприятный с точки зрения питания профиль незаменимых аминокислот. Последующие результаты исследований на молодых цыплятах показали, что бактерии, перерабатывающие (утилизирующие) метан, являются полезными источниками белка для моногастричных животных [2].

Природный метанотроф *Methylococcus capsulatus* продемонстрировал высокую эффективность в производстве бактериального белка из метана. Были проведены значительные исследования микробного высокобелкового корма, получаемого в основном из метана путем ферментации природного

газа, в качестве источника белка для ряда видов животных, включая свиней, цыплят-бройлеров [6].

Эксперименты по кормлению сельскохозяйственных животных показали, что бактериальный белок, получаемый из природного газа, может быть использован в качестве устойчивого источника белка для животноводства. Высокое содержание нуклеиновых кислот может сделать бактерии непригодными для употребления в пищу человеком, если эти нуклеиновые кислоты не будут частично удалены. Хотя основное внимание в исследованиях нуклеиновых кислот было сосредоточено на ограничениях их прямого использования в качестве пищевых продуктов для человека, но их потенциальная полезность должна стать частью оценки в качестве ингредиентов кормов для животных [3].

Использование бактериального белка, выращенного на природном газе, было одобрено Европейским Союзом (ЕС) в 1995 г. для кормления свиней, телят. Пересмотр Регламента ЕС № 767/2009, касающегося источников микробного белка, может способствовать дальнейшему развитию и использованию таких продуктов в качестве кормовых ингредиентов.

#### 1. Технология производства высокобелковой кормовой добавки

Технология производства бактериального белка из метанола путем ферментации уже была разработана. Предполагается, что технология производства бактериального белка из метана может быть экономически более привлекательной, чем производство из метанола, из-за более низкой стоимости субстрата и более высокого выхода белка. Бактериальная биомасса выращивалась путем непрерывной аэробной ферментации в специально разработанном и запатентованном петлевом ферментере. Использовались 2 м<sup>3</sup> метана в качестве источника углерода и энергии на кг сухого вещества биомассы, что соответствует примерно 1,7 кг метана на 1 кг сырого белка, и природные аэробные метанотрофы *Methylococcus capsulatus* в качестве основных бактерий культуры. Природный газ содержит различные концентрации этана и пропана в дополнение к метану, и его использование в качестве субстрата для ферментации требует применения *Methylococcus capsulatus* в совместной культуре с гетерогенными бактериями *Ralstonia sp.*, *Brevibacillus agri* и *Aneurinibacillus sp.* для обеспечения роста в непрерывной системе. В качестве источника азота применялся аммиак, который при неоптимальном соотношении может снизить рост в непрерывной культуре.

Кроме того, в ферментер добавляли кислород и минеральный раствор, а массоперенос составлял около 4 кг/м<sup>3</sup>/ч [12].

Клетки при непрерывном процессе отбирали из ферментера, центрифугировали, подвергали ультрафильтрации, инактивировали нагреванием и высушивали распылением [5].

## 2. Аминокислотный профиль высокобелковой кормовой добавки

Химический состав бактериальной биомассы зависит от таких факторов, как тип субстрата и условия ферментации, типы бактерий и обработки после ферментации.

Таблица 1

Содержание сырого протеина, липидов, золы и нуклеиновых кислот в бактериальной культуре, г/100 г сухого вещества

Субстрат	Бактериальная культура	Сырой протеин	Липиды	Зола	Нуклеиновые кислоты
Метанол	<i>Methylophilus methylotrophus</i>	81,3	7,2	9,1	15,9
Метан	<i>Methylococcus capsulatus</i>	73,2	10,7	8,5	9,9

Пищевая ценность биомассы, полученной из метана или метанола, в основном определяется содержанием белка и в меньшей степени липидов. В таблицах 1 и 2 представлены приблизительный состав и аминокислотный профиль бактерий.

Белки, полученные на природном газе, сравниваются со средними данными по бактериальным белкам, полученным с использованием метанола (*Methylophilus methylotrophus*).

Средние значения содержания сырого белка в биомассе метанотрофных бактерий были ниже, чем в биомассе, выращенной на метаноле, что отчасти связано с более низким содержанием нуклеиновых кислот.

Таблица 2

Аминокислотный состав кормовой добавки, выращенной на природном газе с соевым шротом, рыбной мукой, и кормовой добавки, выращенной на метаноле

Аминокислоты	Кормовая добавка, полученная на метане	Соевый шрот	Рыбная мука	Кормовая добавка, полученная на метаноле
<i>Незаменимые аминокислоты</i>				
Аргинин	6,3 ± 0,3	7,4 ± 0,5	6,2 ± 0,6	4,6
Гистидин	2,2 ± 0,2	2,7 ± 0,2	2,5 ± 0,4	1,9
Изолейцин	4,4 ± 0,4	4,7 ± 0,3	4,7 ± 0,3	4,3
Лейцин	7,5 ± 0,2	7,5 ± 0,5	7,9 ± 0,4	7,0
Лизин	5,6 ± 0,4	6,1 ± 0,3	8,2 ± 0,3	6,0
Метионин	2,6 ± 0,2	1,3 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,4
Фенилаланин	4,2 ± 0,2	5,0 ± 0,3	4,1 ± 0,2	4,1
Треонин	4,3 ± 0,3	3,9 ± 0,3	4,0 ± 0,6	4,6
Триптофан	2,2 ± 0,8	1,4	0,9	0,9
Валин	5,8 ± 0,3	4,8 ± 0,4	5,3 ± 0,1	5,6
<i>Необязательные аминокислоты</i>				
Аланин	7,1 ± 0,4	4,2 ± 0,4	6,1 ± 0,1	7,1
Аспарагиновая кислота	8,5 ± 0,4	11,2 ± 0,7	9,9 ± 1,2	8,8
Цистеин+цистин	0,7 ± 0,1	1,5 ± 0,2	0,9 ± 0,2	0,7
Глутаминовая кислота	10,6 ± 0,6	18,2 ± 1,4	12,6 ± 1,0	10,6
Глицин	4,9 ± 0,3	4,2 ± 0,3	6,0 ± 0,8	5,7
Пролин	3,8 ± 0,3	5,0 ± 0,3	4,3 ± 0,6	2,9
Серин	3,6 ± 0,2	5,2 ± 0,3	4,1 ± 0,3	3,3
Тирозин	3,6 ± 0,3	3,8 ± 0,3	3,2 ± 0,1	3,4

На долю биомассы, выращенной на метаноле, приходилось около 71 % азота, а на долю нуклеиновых кислот – 19 % от общего количества азота.

Остальная часть азота поступает за счет глюкозамина и этаноламина, являющихся компонентами клетки [13].

### 3. Усвояемость аминокислот кормовой добавки, полученной на метане

В результате исследований была обнаружена высокая усвояемость лизина и аргинина, в то время как усвояемость цистеина была низкой [7].

При добавлении в рационы свиней на откорме высокобелковой кормовой добавки (ВКБД), выращенной на метане, вместо соевого шрота наблюдалось снижение усвояемости азота, но усвояемость энергии не изменялась. При добавлении ВКБД в рационы цыплят-бройлеров вместо соевого шрота или рыбной муки усвояемость аминокислот либо оставалась неизменной, либо повышалась [15].

Снижение усвояемости аминокислот в рационах, содержащих ВКБД, по сравнению с соевым шротом, как наблюдалось у свиней, может быть связано с негативным воздействием компонентов микробной мембраны и клеточной стенки. Кроме того, пептидогликаны в клеточной стенке бактерий могут быть устойчивы к протеазам благодаря наличию D-аминокислот. Различия в кажущейся усвояемости аминокислот в ВКБД могут быть обусловлены долевым соотношением этих аминокислот, связанных с клеточной мембраной, или долевым соотношением этих аминокислот в эндогенных секретах [19].

Было показано, что последующая обработка микробной биомассы путем автолиза обеспечивает несколько более высокую усвояемость аминокислот по сравнению с рационами, содержащими микробную биомассу. Автолиз и гидролиз с последующей фильтрацией для удаления мембранной фракции приводили к увеличению кажущейся усвояемости большинства аминокислот. Исследования показывают, что последующая обработка биомассы влияет на доступность питательных веществ, но эффект зависит от применяемой методики: высокое давление с последующим автолизом для разрушения клеточной стенки не улучшало усвояемость питательных веществ, в то время как последующая ультрафильтрация повышала этот фактор. Микробные клетки могут содержать плохо перевариваемые клеточные стенки и мембраны, а разрушение клеток может быть необходимой частью производственного процесса. При выращивании *Methylococcus capsulatus* на метане, особенно если среда содержит высокие концентрации меди, образуется сложная система внутренних клеточных мембран [14].

В результате научных изысканий ученые доказали, что питательная среда влияет на доступность питательных веществ в ВБҚД, при этом метанол приводит к снижению содержания клеточных мембран и уменьшению доли внутриклеточного мембранно-связанного белка по сравнению с природным газом. Исследования также показали высокую усвояемость аминокислот у свиней, получавших ВБҚД, полученную из метанола. При этом пищевые РНК и ДНК распадаются на нуклеиновые кислоты в просвете кишечника, а затем далее расщепляются на нуклеозиды и свободные пуриновые и пиримидиновые основания ферментами нуклеозидфосфатазы в слизистой оболочке [16].

#### *4. Влияние белковой кормовой добавки на показатели роста животных*

В целом результаты экспериментов на свиньях показывают, что ВБҚД может составлять не менее 41 % от общего количества белка в рационе поросят и до 44 % для свиней на стадии откорма без ухудшения показателей роста.

Исследования на цыплятах-бройлерах подтвердили ранее полученные данные: аналогичное потребление корма при содержании соевого шрота составляет до 14–17 % от общего количества белка в рационе и повышает эффективность использования корма при содержании до 33 %, но может снизить прирост массы при содержании соевого шрота выше 30 % от общего количества белка в рационе.

В исследованиях с использованием ВБҚД не было выявлено никаких признаков негативного влияния на клиническое здоровье свиней, цыплят-бройлеров. Включение ВБҚД в рацион не повлияло ни на концентрацию метаболитов в плазме свиней, ни на ферменты, связанные с метаболизмом белков и жиров. Исследования не выявили смертности или проблем со здоровьем в ответ на кормление животных ВБҚД [15].

При оценке ВБҚД как источника белка для животных следует учитывать аспекты безопасности. Однако на основе показателей роста и клинического состояния здоровья животных можно заключить, что ВБҚД хорошо переносится всеми исследованными видами животных. Кроме того, бактерии, используемые в производстве ВБҚД, не являются патогенными, а последующая обработка бактерий при производственных процессах включает термическую обработку для уничтожения всех бактерий. Высокое содержание нуклеиновых кислот в ВБҚД связано с потенциальными рисками

для здоровья из-за повышенного уровня мочевой кислоты в плазме крови. Однако результаты показывают, что нуклеиновые кислоты в ВБКД хорошо усваивались животными. У кур наблюдалось снижение активности уриказы, что предполагает, что они могут быть более склонны к повышению уровня мочевой кислоты, чем другие виды.

#### *5. Оценка качества продукции*

Ряд ученых утверждает, что ВБКД может увеличить соотношение постного жира у цыплят-бройлеров. Однако существуют расхождения в результатах. Ученые сообщили о снижении количества абдоминального жира у цыплят-бройлеров при кормлении ВБКД вместо соевой муки. Однако различий по содержанию белков и жиров в составе тушки цыплят-бройлеров, получавших ВБКД вместо рыбной муки, не обнаружено. Кроме того, ученые заявили об отсутствии значительного влияния на уровень абдоминального жира у цыплят при замене рыбной муки бактериальной мукой [10].

Несколько исследований показали, что ВБКД может улучшить качество мяса моногастрических сельскохозяйственных животных. При добавлении ВБКД в рацион свиней на откорме и бройлерных кур наблюдалось при хранении и стабильное сохранение органолептических качеств замороженного мяса [17; 18].

При добавлении ВБКД в рацион свиней на стадии откорма отмечалось улучшение показателей по качеству жира и сенсорных характеристик свинины, а также снижение окисления липидов в замороженной свинине. Кормление растущих свиней ВБКД, полученной из метанола, на основе рыбной муки привело к увеличению содержания насыщенных жирных кислот и к снижению содержания мононенасыщенных жирных кислот (олеиновой кислоты) и ненасыщенных жирных кислот в подкожном жире. В последнем исследовании не было обнаружено различий в качестве туши или мяса свинины, определяемом по интенсивности запаха вареного жира или интенсивности вкуса вареной свинины, от свиней, получавших бактериальную белковую или рыбную муку [19].

Однако основной механизм оптимизации и сохранения органолептических показателей мяса цыплят-бройлеров и свинины при добавлении костной муки не разработан, а его разработка может быть частично связана с изменениями в составе жирных кислот. Могут быть задействованы и другие механизмы, такие как повышение антиоксидантной активности в результате добавления костной муки.

### **Заключение**

Сегодня растет внимание к потенциалу микробных источников белка при обеспечении устойчивого снабжения кормовым белком для моногастричных сельскохозяйственных животных. Бактериальный белок можно быстро выращивать, что снижает нагрузку на такие ограниченные и дорогостоящие источники высококачественного белка, как рыбная мука. Кроме того, в то время как производство микробного белка требует небольших физических площадей, производство растительных белков имеет ограничения, включая площадь земли, водоснабжение и обеспечение удобрениями, а также особого внимания требуют экологические проблемы.

Белок кормов для животных следует получать на основе стабильных субстратов и условий обработки, а также он должен быть стандартизирован для получения ВБКД.

В данном обзоре обобщены современные знания о бактериальной кормовой добавке, выращенной на природном газе в качестве источника энергии и углерода, как альтернативном ингредиенте корма для ряда моногастричных видов сельскохозяйственных животных. Природный газ содержит в основном метан, а метанотрофные бактерии могут выращиваться непосредственно на природном газе или после преобразования метана в метанол. Метан имеет определенное преимущество перед метанолом в качестве субстрата для корма благодаря восстановленной форме и более высокой энергоэффективности при производстве, а также более низкой стоимости продукта. Кроме того, природный газ легко транспортируется по газопроводам, а запасы метана практически не ограничены, поскольку его можно производить из других источников, помимо ископаемого природного газа. Химический состав ВБКД, полученной на метане и метаноле, схож, но использование метанола может обеспечивать более высокую усвояемость аминокислот. Ряд недавних экспериментов по кормлению подтвердил пищевую ценность ВБКД на основе таких критериев, как химический состав, влияние на белковый и энергетический обмены, а также показатели роста и здоровья животных.

### **Список источников**

1. Абдулнагимов, И. Г. Влияние выбросов предприятий микробиологического синтеза кормовых добавок на состояние окружающей среды и здоровье населения // Гигиена и санитария. 2006. № 2. С. 17–21.

2. Изучение свойств сообщества метанооксиляющих микроорганизмов на основе *Methylomonas methanica* / О. С. Беспалова, Н. А. Суясов и др. // Успехи в химии и химической технологии. 2019. № 5 (215). С. 15–17.
3. Моделирование процессов контроля качества готовой продукции при производстве микробиологических добавок для животных / Е. А. Бражник, В. Х. Меликиди и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 295–306.
4. Оптимизация процесса сбраживания отходов животноводства при использовании метаногенирующей микробной ассоциации / А. Ю. Винаров, Д. П. Соколов и др. // Сельскохозяйственная биология. 2013. Т. 48, № 6. С. 27–35.
5. Регуляторные и методические аспекты доклинических и клинических исследований кормовых добавок для животных / Д. Р. Каргопольцева, К. Л. Крышень и др. // Лабораторные животные для научных исследований. 2018. № 3. С. 100–113.
6. Макарова, М. И. Получение биологически ценных полупродуктов на основе биомассы сообщества метанооксиляющих микроорганизмов / М. И. Макарова, Н. А. Суясов и др. // Успехи в химии и химической технологии. – 2019. – №5 (215). – С. 34-36.
7. Белково-минеральные кормовые добавки в кормлении коров / Н. А. Николаева, П. П. Борисова, Н. М. Алексеева и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 1. С. 62–66.
8. Патент № 2717991 Российская Федерация, МПК А23К 10/10 (2016.01), С12N 1/20 (2006.01). Белковая кормовая добавка для сельскохозяйственных животных и рыб : № 2019123037 : заявл. 22.07.2019 : опубл. 27.03.2020 / Бабусенко Е. С., Быков В. А. и др.; патентообладатель ООО «ГИПРОБИОСИНТЕЗ». 9 с. : ил.
9. Альтернативные источники пищевого белка: концентрат из бактерий *Methylococcus capsulatus*, характеристика состава и биологическая ценность / Э. О. Садыкова, М. Д. Требух, Н. С. Никитин и др. // Вопросы питания. 2023. № 3. С. 36–44.
10. Физиологическое действие и эффективность использования высокобелковых кормовых добавок при выращивании цыплят-бройлеров / А. С. Ушаков, Б. Т. Абилов, В. Г. Гребенников и др. // Проблемы биологии продуктивных животных. 2019. № 3. С. 86–95.

11. Биологическая ценность растительных белково-витаминных добавок / Г. В. Фисенко, О. В. Коцаева, А. В. Лунева и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 97. С. 120–137.
12. Methane utilization in *Methylobacterium alcaliphilum* 20Zr: a systems approach / I. R. Akberdin, M. Thompson, R. Hamilton et al. // Scientific Reports. 2018. Vol. 8, Is. 1. P. 2512. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20574-z>
13. Bowman, J. The methanotrophs – the families Methylococcaceae and Methylocystaceae // The Prokaryotes / M. Dworkin, S. Falkow, E. Rosenberg, K.H. Schleifer, Stackebrandt, E. (eds). New York: Springer, 2006. Vol. 5. P. 266–289. [https://doi.org/10.1007/0-387-30745-1\\_15](https://doi.org/10.1007/0-387-30745-1_15).
14. A metagenomic study of methanotrophic microorganisms in Coal Oil Point seep sediments / O.E. Havelsrud, T.H. Haverkamp, T. Kristensen et al. // BMC microbiology. 2011. Vol. 11. P. 221. DOI 10.1186/1471-2180-11-221.
15. Микробиологические аспекты дегазации угольных шахт / С.М. Никитенко, А.Ю. Игнатова, В.С. Овсянникова и др. // Уголь. 2024. № 115. С. 91–95. DOI <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-115-91-95>.
16. Orata, F.D., Meier-Kolthoff, J.P., Sauvageau, D., Stein, L.Y. Phylogenomic analysis of the gammaproteobacterial Methanotrophs (Order Methylococcales) Calls for the reclassification of Members at the genus and Species levels // Frontiers in Microbiology. 2018. Vol. 9. P. 3162. DOI 10.3389/fmicb.2018.03162.
17. Сарыглар, Ч. А., Чысыма, Р. Б. Биотехнологический метод переработки углей: направления и перспективы // Успехи современного естествознания. 2019. № 12, Ч. 1. P. 186–191.
18. Apel, W. A., Dugan, P. R., Wiebe, M. R. Use of methanotrophic bacteria in gas phase bioreactors to abate methane in coal mine atmospheres // Fuel. 1991. Vol. 70, Is. 8. P. 1001–1003.
19. Wverlanda, M., Tausona, A.-H., Shearera, K. Evaluation of methane-utilising bacteria products as feed ingredients for monogastric animals // Archives of Animal Nutrition. 2010. Vol. 64, № 3. P. 171–189.

УДК 619 : 636.7

EDN BQMNSZ

DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-66



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРАПИИ ПАРВОВИРУСНОГО ЭНТЕРИТА у СОБАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕПАРАТОВ «ИММУНОФАН» И «ГАМАВИТ»

**Грачёв Сергей Юрьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ветеринарной медицины и биотехнологии<sup>1</sup>

**Зубова Татьяна Владимировна**, доктор биологических наук, заведующий кафедрой ветеринарной медицины и биотехнологии<sup>1</sup>

ORCID 0000-0002-8492-3130

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, г. Кемерово, Россия

**Аннотация:** Заболевание парвовирусным энтеритом у собак продолжает оставаться значимой проблемой современной ветеринарной медицины. Актуальность решения задачи обусловлена необходимостью поиска эффективного средства лечения данного заболевания. В статье представлены результаты исследования по терапевтической эффективности разных схем лечения парвовирусного энтерита: 1-я схема (опытная группа) – симптоматическая терапия + препараты «Иммунофан» и «Гамавит» и 2-я схема лечения (контрольная группа) – симптоматическая терапия + препарат «Гискан-5». Опыт поставлен на базе Центральной ветеринарной лечебницы г. Киселевска. Для эксперимента было отобрано 12 щенков в возрасте 2,5 месяца с клиническими признаками заболевания (рвота, диарея с характерным запахом). Диагноз был подтвержден результатами диагностического теста и гематологическими исследованиями. При первичном поступлении животных и на 10-е сутки от начала лечения были отобраны пробы крови у обеих групп животных для оценки показателей общего анализа крови. В опытной группе животных на 5-е сутки лечения наблюдалось улучшение общего состояния: отсутствие повышенной температуры, рвоты и диареи. На начало опыта в обеих группах наблюдалось пониженное содержание СОЭ (от  $3,3 \pm 0,6$  до  $3,5 \pm 0,5$  мм/ч), что свидетельствует о нарушении кровообращения или сердечно-сосудистых заболеваниях. Низкий уровень лейкоцитов на начало опыта (от  $3,4 \pm 3,1$

до  $4,1 \pm 1,7 \times 10^9$  клеток/л) указывает о наличии вирусной инфекции. На 10-й день лечения показатели СОЭ повысились (от  $4,2 \pm 0,1$  до  $5,3 \pm 0,2$  мм/ч), уровень лейкоцитов находился в пределах нормы (от  $11,1 \pm 1,3$  до  $13,4 \pm 1,1 \times 10^9$  /л). Физиологическое состояние животных (температура, пульс, дыхание, окрашивание слизистых) было удовлетворительным.

На основании клинических признаков и морфофизиологических показателей на 10-е сутки после начала лечения была подтверждена высокая терапевтическая эффективность предложенной схемы (симптоматическая терапия + препараты «Иммунофан» и «Гамавит»)

**Ключевые слова:** парвовирусный энтерит, парвовирусы, ПВС-1, ПВС-2, собаки, иммуноглобулин, терапевтическая эффективность.

## THE EFFECTIVENESS OF THERAPY FOR PARVOVIRUS ENTERITIS IN DOGS USING IMMUNOPHAN AND GAMAVIT DRUGS

**Grachev Sergej Yu.**, Candidate of Agricultural Sciences<sup>1</sup>

**Zubova Tatyana V.**, Doctor of Biological Sciences, head of the department of veterinary medicine and biotechnology<sup>1</sup>

ORCID 0000-0002-8492-3130

<sup>1</sup>Kuzbass State Agricultural University, Kemerovo, Russia

**Abstract.** The treatment of canine parvovirus enteritis continues to be a significant problem in modern veterinary medicine. The urgency of solving the problem is due to the need to find an effective treatment for this disease. The article presents the results of a study on the therapeutic effectiveness of various treatment regimens for parvovirus enteritis: scheme 1 (experimental group) - symptomatic therapy + immunophan and gamavit drugs and the 2nd treatment regimen (control group) – symptomatic therapy + Giskan-5 drug. The experiment was conducted on the basis of the Central Veterinary Hospital in Kiselevsk. For the experiment, 12 puppies aged 2.5 months with clinical signs of the disease (vomiting, diarrhea with a characteristic odor) were selected. The diagnosis was confirmed by the results of a diagnostic test and hematological examinations. At the initial admission of the animals and on the 10th day after the start of treatment, blood samples were taken from both groups of animals to assess the overall blood count. On the 5th day of treatment, an improvement in the general condition was

observed in the experimental group of animals: absence of fever, vomiting and diarrhea. At the beginning of the experiment, both groups had a reduced ESR content (from  $3.3 \pm 0.6$  to  $3.5 \pm 0.5$  mm/h), which indicates circulatory disorders or cardiovascular diseases. A low white blood cell count at the beginning of the experiment (from  $3.4 \pm 3.1$  to  $4.1 \pm 1.7 \times 10^9/l$ ) indicates the presence of a viral infection. On the 10th day of treatment, the ESR values increased (from  $4.2 \pm 0.1$  to  $5.3 \pm 0.2$  mm/h), the white blood cell level was within the normal range (from  $11.1 \pm 1.3$  to  $13.4 \pm 1.1 \times 10^9/l$ ). The physiological condition of the animals (temperature, pulse, respiration, mucosal staining) was satisfactory.

Based on clinical signs and morphophysiological parameters, on the 10th day after the start of treatment, the high therapeutic efficacy of the proposed regimen (symptomatic therapy + Immunophane and Gamavit preparations) was confirmed.

**Keywords:** parvovirus enteritis, parvoviruses, PVS-1, PVS-2, canine, immunoglobulin, therapeutic efficacy.

### **Введение**

Статистика последнего десятилетия показывает, что количество заболеваний парвовирусным энтеритом у собак не снижается [1]. Парвовирусный энтерит – это острое вирусное заболевание, которое может привести к серьезным осложнениям, включая воспаление и некроз слизистой оболочки кишечника, а иногда и миокардиты. Оно по-прежнему вызывает значительное беспокойство у ветеринаров и владельцев собак. Причинами возникновения парвовирусного энтерита у собак являются:

- 1) увеличение числа собак без владельцев: бездомные собаки признаны основными носителями и разносчиками вируса;
- 2) отсутствие вакцинаций у щенков и ревакцинаций у взрослых собак: вакцинация является ключевой мерой профилактики этого заболевания;
- 3) несанкционированные продажи и выставки: отсутствие соответствующего паспорта здоровья способствует распространению вируса среди собак;
- 4) свободный ввоз собак из-за рубежа: неконтролируемый ввоз животных может привести к распространению новых штаммов вируса;
- 5) теснота в городских квартирах: ограниченное пространство и плохие условия содержания способствуют снижению иммунитета собак;

- б) близкородственное разведение собак: инбридинг может приводить к генетическим заболеваниям, которые ослабляют иммунную систему животных;
- 7) плохое содержание животных и неполноценное кормление: недостаток качественных питания и ухода снижает устойчивость собак к инфекциям.

Возбудителями инфекции являются ДНК-содержащие вирусы, не имеющие наружной оболочки. Источник возбудителя – больные животные и вирусоносители, как правило, это бродячие собаки, переболевшие в легкой форме, но сохраняющие при этом вирус. Вирусоносительство сохраняется в течение 4 месяцев.

Собаки всех возрастов подвержены этому заболеванию и осложнениям после него, однако наибольшей восприимчивостью характеризуются щенки в возрасте от одной недели до четырёх месяцев. Симптомы кардиомиопатии как осложнения парвовирусного энтерита у щенков включают в себя: *одышку*; *отёк лёгких*; *пароксизмальную тахикардию*; *экстрасистолию*; *деформацию желудочкового комплекса*; синюшность белочной оболочки глаз; отказ от корма. Анализ крови может диагностировать лейкопению, нейтрофилию, а затем лимфоцитоз. Прогноз при кардиомиопатии у щенков зависит от тяжести заболевания и своевременности начала лечения. В некоторых случаях возможны улучшение состояния или стабилизация, но в тяжёлых случаях прогноз может быть неблагоприятным.

Для постановки точного диагноза и назначения лечения необходимо обратиться к ветеринарному врачу. Диагноз ставят с учетом эпизоотологических данных, клинических симптомов, патологоанатомических изменений и результатов лабораторных исследований.

Лечение парвовирусного энтерита направлено на устранение обезвоживания организма, рвоты, ацидоза и секундарной инфекции. Летальность от парвовирусного энтерита у взрослых собак составляет около 50%, среди щенков может достигать и 90%.

На территории Российской Федерации, в том числе и Кемеровской области, данное заболевание собак регистрируется ежегодно [1; 5; 6], что обуславливает поиск эффективных средств диагностики и лечения названного выше заболевания.

Многочисленные исследования указывают, что распространённость парвовирусного энтерита варьируется от 6 до 20% всех выявленных случаев заболевания. Несмотря на применение своевременной и адекватной терапии в условиях стационара ветеринарной клиники, прогноз для больных животных не всегда благоприятен [7].

Цель нашего исследования – определить эффективность схемы лечения парвовирусного энтерита у собак с применением препаратов «Иммунофан» и «Гамавит».

### Материал и методы

Для исследования были сформированы 2 группы щенков (опытная и контрольная) породы немецкая овчарка, возраст 2,5 месяца. Исследование проводилось на базе ГБУ «Киселевская СББЖ» Центральной ветеринарной лечебницы. Эксперимент проводили на 12 щенках, по 6 голов на группу.

Таблица 1

Схема опыта

Группа	Схема лечения
Опытная	Внутривенно: 2 раза в день в течение трех дней раствор натрия хлорид 0,9% – 200 мл; внутримышечно: раствор сульфокамфокаина 10% – 1 мл 2 раза в сутки; подкожно: раствор серении (при наличии рвоты) – 1–2 мг/кг; внутримышечно: Гамавит – по 0,4 мл/кг 5 дней, затем 2 раза в неделю на протяжении 2–4 недель; подкожно: Иммунофан – в дозе 1 мл на животное, курс 5 дней. Питье давали вволю, <i>Purina FortiFlora</i> – внутрь по 1 порошку в день с кормом в течение 30 дней
Контрольная	Внутривенно: 2 раза в день в течение 4 дней раствор натрия хлорида 0,9% – 200 мл; внутримышечно: раствор сульфокамфокаина 10% – 1 мл 2 раза в сутки, серения (при наличии рвоты) – 1–2 мг/кг., внутримышечно: Гискан-5 – 2 мл 1–3-кратно в зависимости от тяжести патологического процесса с интервалом 12–24 часа. Питье давали без ограничений, <i>Purina FortiFlora</i> внутрь по 1 порошку в день с кормом в течение 30 дней

После сбора анамнеза, клинического осмотра (измерения температуры, диагностического теста, морфофизиологических показателей крови) был поставлен предварительный диагноз – парвовирусный энтерит.

Во время лечения проводили наблюдение за щенками, оценивая их общее состояние (наличие аппетита, подвижность), измеряли температуру тела, пульс и дыхание.

### Результаты

У исследуемых животных наблюдали характерные признаки: повышение температуры тела, вялость, отказ от корма и воды, рвота, диарея.

Таблица 2

Гематологические показатели на начало лечения

Показатель	Опытная группа (n=6)	Контрольная группа (n=6)	Норма
Гемоглобин, г/л (HGB)	12,8±0,7	12,3±0,9	12–18
Эритроциты, $\times 10^{12}$ /л (RBC)	5,6±0,1	6,1±0,1	5,50–8,50
СОЭ, мм/ч	3,3±0,6	3,5±0,5	0–6
Лейкоциты, $\times 10^9$ /л (WBC)	3,4±3,1	4,1±1,7	6–17

Разница достоверна при \*p <0,05, \*\*p <0,01.

Таблица 3

Гематологические показатели через 10 дней от начала лечения

Показатель	Опытная группа (n=6)	Контрольная группа (n=6)	Норма
Гемоглобин, г/дл(HGB)	16,8±4,4**	15,2±5,1*	12–18
Эритроциты, $\times 10^{12}$ /л(RBC)	6,9±0,1	5,8±0,2	5,50–8,50
СОЭ, мм/ч	4,2±0,1*	5,3±0,2*	0–6
Лейкоциты, $\times 10^9$ /л(WBC)	13,4±1,1**	11,1±1,3**	6–17

Разница достоверна при \*p <0,05, \*\*p <0,01.

## Клинические проявления парвовирусного энтерита в ходе лечения

Дни лечения	Контрольная группа	Опытная группа
2-й день	Лихорадка, $T = 39,9-40,3$ °С, общее недомогание, полное отсутствие аппетита, рвота с примесью слизи 2–3 раза в сутки, диарея с зловонным запахом, угнетение, бледность слизистых оболочек, живот напряженный и чувствительный при пальпации	Лихорадка, $T = 39,9-40,1$ °С, общее недомогание, полное отсутствие аппетита, рвота с примесью слизи 1–2 раза в сутки, диарея, угнетение, бледность слизистых оболочек, живот напряженный и чувствительный при пальпации
3-й день	Лихорадка, $T = 39,6-39,7$ °С, общее недомогание, полное отсутствие аппетита, угнетение, диарея, рвота 2 раза в день	Лихорадка, $T = 38,9-39,2$ °С, слабость, щенки проявляют интерес к воде, фекалии жидкой консистенции 1–2 раза в сутки, рвота отсутствует
4-й день	Лихорадка, $T = 39,6-39,7$ °С, общее недомогание, полное отсутствие аппетита, угнетение, диарея, однократная рвота	Лихорадка, $T = 38,9-39,0$ °С, слабость, щенки проявляют интерес к воде и корму, кал сформирован, рвота отсутствует
5-й день	Лихорадка, $T = 38,9-39,0$ °С, общее недомогание, полное отсутствие аппетита, угнетение, щенки проявляют интерес к воде, диарея, рвота отсутствует	$T = 38,5-38,6$ °С, хороший аппетит, рвота и понос отсутствуют, дегидратация, животные клинически выглядят здоровыми
6-й день	$T = 38,5-38,7$ °С, пониженный аппетит (животные долго принимают корм, едят понемногу), угнетение, рвота и понос отсутствуют	То же
7-й день	$T = 38,5-38,7$ °С, хороший аппетит, животные клинически выглядят здоровыми	То же

Экспресс-тест QBQVET на парвовирус собак показал у всех животных положительный результат. Взятие крови в обеих группах (опытная и контрольная) больных животных проводили один раз при первичном поступлении и осмотре животных и через 10 дней после начала лечения.

Анализ данных таблицы 3 указывает, что у щенков обеих групп количество лейкоцитов ниже нормы в контрольной группе – на 68,6%; в опытной группе – на 56,6 %.

На начало опыта в обеих группах наблюдали пониженное содержание СОЭ (от  $3,3 \pm 0,6$  до  $3,5 \pm 0,5$  мм/ч), что свидетельствует о нарушении кровообращения или сердечно-сосудистых заболеваниях. Низкий уровень лейкоцитов на начало опыта (от  $3,4 \pm 3,1$  до  $4,1 \pm 1,7$   $10^9$ /л) указывает на наличие вирусной инфекции.

На 10-й день лечения все гематологические показатели животных обеих групп были либо в нижних границах физиологической нормы, либо находились в пределах физиологической нормы, физиологическое состояние животных (температура, пульс, дыхание, окрашивание слизистых) было удовлетворительным.

Анализ данных таблицы 4 демонстрирует, что применение схемы лечения парвовирусного энтерита в опытной группе приводит к более быстрому купированию клинических проявлений заболевания, по сравнению со схемой лечения в контрольной группе. У щенков контрольной группы наблюдается значительное удлинение периода апатии, общего недомогания, снижения аппетита у животных.

Ключевым отличием в клинической картине парвовирусного энтерита при сравнении двух схем являются более ранняя нормализация стула и прекращение рвоты (на 3-й день лечения) при использовании схемы в опытной группе. Важно отметить, что при применении второй схемы лечения зафиксирован летальный исход у одного щенка, в то время как при первой схеме летальных исходов не наблюдалось.

### **Выводы**

Исследование продемонстрировало, что включение иммуномодуляторов «Имунофан» и «Гамавит» в терапию парвовирусного энтерита у собак способствует уменьшению продолжительности ярко выраженных клинических симптомов до 5 дней, по сравнению с результатами

контрольной группы. Кроме того, отмечена стопроцентная выживаемость животных, получавших данную комбинированную терапию.

#### Список источников

1. Шаталов, А. В., Данников, С. П. Анализ лечебных мероприятий при парвовирусном энтерите собак // Международный вестник ветеринарии. 2019. № 1. С. 44–51.
2. Краснолобова, Е. П. Состояние печени собак в городских условиях // Материалы II Международной школы-семинара для молодых исследователей, посвященной памяти профессора В. Б. Ильина. Тюмень, 2016. С. 255–257.
3. Маслова, Е. Н. Результат мониторинга саркоптоидоза животных (ушной формы) в Тюменской области // Вестник Государственного аграрного университета Северного Урала. 2015. № 3 (30). С. 87–93.
4. Попова, И. А., Ватников, Ю. А. Динамика развития анемии при поражениях печени у собак // Ветеринария. 2020. № 1. С. 16–20. DOI 10.30896/0042-4846.2020.23.1.16-20.
5. Газизова, А. Д., Скосырских, Л. Н., Маслова, Е. Н. Комплексное лечение парезов и параличей у животных // Актуальные вопросы науки и экономики: новые вызовы и решения. Материалы I Международной студенческой научно-практической конференции. Тюмень, 2016. С. 521–523.
6. Коронавирусные инфекции животных: вакцины и вакцинация / Б. Г. Орлянкин, А. Н. Власова, А. Н. Мухин, Т. И. Алипер // Ветеринария. 2022. № 6. С. 3–7. DOI 10.30896/0042-4846.2022.25.6.03-07.
7. Поляков, И. В., Золотухин, К. Н., Лейдерман И. Н. Фармакоэкономический анализ эффективности оригинального протокола нутритивной поддержки в хирургическом отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) // Инфекции в хирургии. 2016. Т. 14, № 3. С. 21–24.
8. Гигиенические основы питания / К. А. Сидорова, С. В. Козлова, Н. А. Череменина, Г. А. Дорн; Государственный аграрный университет Северного Урала. Тюмень, 2018. 172 с.
9. Основы физиологии питания / К. А. Сидорова, О. А. Драгич, Н. А. Череменина, Л. Н. Сурина. Тюмень, 2017. 130 с.
10. Трухачев, В. Соединяя науку и практику // Животноводство России. 2016. № 6. С. 57.

- 
11. Acvim consensus statement on the diagnosis and treatment of chronic hepatitis in dogs / R. L. Cynthia [et al.] // Journal Veterinary Internal Medicine. 2019. V.33, Is. 3. <https://doi.org/10.1111/jvim.15467>.
  12. The Effects of Nutrition on the Gastrointestinal Microbiome of Cats and Dogs: Impact on Health and Disease / S. M. Wernimont [et al.] // Frontiers in Microbiology. 2020. V. 11. doi: 10.3389/fmicb.2020.01266.
  13. Parvovirus enteritis and other risk factors associated with persistent gastrointestinal signs in dogs later in life: a retrospective cohort study / Kanae Sato-Takada [et al.] // BMC Veterinary Research. 2022. № 18. P. 96. <https://doi.org/10.1186/s1291702203187-7>.

УДК 636.7 : 619  
EDN DAPKWB  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-77



## ПОЛОВЫЕ ДИСФУНКЦИИ У КОБЕЛЕЙ

**Дядичкина Татьяна Валентиновна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент высшей аграрной школы<sup>1</sup>

**Ткачева Наталья Николаевна**, аспирант<sup>1</sup>

**Бизюкова Юлия Анатольевна**, аспирант<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет имени В. Н. Полецкого, Россия, г. Кемерово

**Аннотация.** Статья посвящена обзору исследований половых дисфункций у кобелей – частой проблемой в ветеринарии и собаководстве России. В статье рассматриваются причины формирования нарушений репродуктивной функции, к которым относятся травмы, инфекционные заболевания, гормональные расстройства, психологические причины, наследственная предрасположенность. Симптомы половых расстройств варьируются от снижения либидо до половых импотенций и бесплодия кобелей. Все эти причины играют серьезную роль в племенной популяции собак России.

**Ключевые слова:** собака, бесплодие кобелей, племенной потенциал, азооспермия, самцы, кинология.

## SEXUAL DISFUNCTIONS IN DOGS

**Dyadichkina Tatjana V.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Higher Agricultural School<sup>1</sup>

**Tkacheva Natalya N.**, postgraduate student<sup>1</sup>

**Bizyukova Julia A.**, postgraduate student<sup>1</sup>

Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

**Abstract.** The article provides an overview of research on sexual dysfunctions in male dogs, which is a common problem in veterinary medicine and dog breeding

in Russia. The article discusses the causes of reproductive disorders, including injuries, infectious diseases, hormonal imbalances, psychological factors, and hereditary predispositions. The symptoms of sexual disorders range from decreased libido to sexual impotence and infertility in male dogs. These factors play a significant role in the breeding population of dogs in Russia.

**Keywords:** dog, male infertility, breeding potential, azoospermia, males, dog science.

## Введение

О бесплодии кобелей известно очень мало, и причины остаются неизвестными в 70–74% случаев [1]. Причины половых недугов меняются от снижения либидо у самцов до половых импотенций и бесплодия кобелей. В человеческой репродуктологии, при плохой фертильности и качества спермы, применяются методы вспомогательной репродукции, такие как *in vitro*. Оплодотворение (ЭКО) или интрацитоплазматическая инъекция сперматозоидов (ИКСИ). Эти методы недоступны для собаки [2]. Прогнозирование бесплодия кобелей остается очень неблагоприятным. Полное клиническое обследование собаки имеет жизненно важное значение; некоторые заболевания могут сначала вызвать бесплодие, а затем привести к общим проблемам со здоровьем.

## Материалы и методы

В статье были использованы общепринятые теоретические методы, такие как анализ научной литературы, обобщение практических данных, аналитический обзор проблемы, предлагаемые зарубежными исследователями.

В качестве материала исследования были использованы публикации в научных журналах на тему исследования за последние 30 лет.

При сборе материала для обзора использовались такие базы данных и научные поисковые системы, как *Google Scholar*, *PubMed*, *Scopus* и другие.

## Результаты

### 1. Нестандартность анатомии

Сегодня ученые-практики отмечают, что часто встречающаяся причина проблемы бесплодия у собак – это двусторонний крипторхизм, который вызывает азооспермию, в то время как односторонний монорхизм не создает

никаких проблем с фертильностью [3]. Значительный половой диморфизм, наблюдаемый у некоторых крупных пород собак, может создавать трудности в процессе вязки, что требует особого внимания со стороны заводчика. Анатомические аномалии также могут быть причиной бесплодия: гранулема сперматозоидов или сперматоцеле, обструкция половых протоков, мошоночная или паховая грыжи, которые могут привести к азооспермии или аспермии [4].

### *2. Проблемы с предстательной железой*

Простатит является основной причиной бесплодия у кобелей. Он уменьшает подвижность сперматозоидов и изменяет качество эякулята. Изменения pH эякулята предстательной железы приводят к снижению и способности сперматозоидов свободно перемещаться [5]. Патогены, вызывающие простатит, могут воздействовать непосредственно на сперматозоиды, убивая сперматозоиды *in situ* или лишая их возможности прогрессировать в женских половых путях из-за гематоспермии или пиоспермии [5].

### *3. Проблемы с придатками, яичками и мочеполовой системой*

Яички производят сперматозоиды, затем сперматозоиды приобретают подвижность, а также способность к оплодотворению во время прохождения через придаток яичка. Нарушения того или иного процесса могут являться причиной бесплодия самца [5]. Такие заболевания мочеполовой системы, как цистит или уретрит, могут нарушать подвижность сперматозоидов за счет изменения кислотности мочеиспускательного канала, в том числе и подщелачивания мочи, вызванного приемом пищи, что также может вызывать тот же эффект [4].

### *4. Рефлюкс семенной жидкости*

Рефлюкс семенной жидкости — это обратное семяизвержение, попадание семенной жидкости в мочевого пузырь во время семяизвержения. Рефлюкс может привести к аспермии или олигоспермии. За закрытие мочевого пузыря во время эякуляции отвечает плексус подчревной, но небольшое количество сперматозоидов всегда поступает обратно в мочевого пузырь [7]. При большом увеличении выброса жидкости это может сильно повлиять на либидо самца, как и состояние наполненности мочевого пузыря, выявленными причинами которого у собак являются камни в уретре, цистит и послеоперационные стриктуры [8].

### *5. Гормональные расстройства*

Изменения в системе «гипоталамус – гипофиз» отражаются на сперматогенезе и либидо. Такое влияние может быть кратковременным или тяжелым [9], и от него зависит качество эякулята в период от нескольких недель до нескольких месяцев. У сук, спаривавшихся в этот период, ценность не происходит [1]. С течением времени данные проблемы усугубляются, качество эякулята снижается, что ведет к полной азооспермии или необратимому бесплодию кобеля. Гипофизарная недостаточность может привести к азооспермии, а опухоли гипоталамуса или гипофиза – к бесплодию [10]. Аденомы гипофиза, секретирующие пролактин, могут играть негативную роль в фертильности. Функциональная недостаточность с неправильной выработкой гонадотропинов, фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) или лютеинизирующего гормона (ЛГ) может привести к изменению сперматогенеза [1]. Новообразования яичек, ответственные за избыточную секрецию гормонов (опухоли из клеток Сертоли, Лейдига), могут вызывать снижение сперматогенеза, даже если эти опухоли расположены в одном яичке и имеют небольшие размеры. Негативное воздействие на фертильность обусловлено прямым разрушением ткани яичек, возникновением воспаления, повышением температуры внутри мошонки и выработкой эстрогена или андрогенов, которые могут оказывать отрицательное воздействие на гипоталамус и гипофиз [1]. Дисфункция надпочечников также является причиной бесплодия.

### *6. Генетические факторы*

Генетические факторы, способствующие развитию бесплодия у кобелей, множественны и охватывают широкий спектр нарушений: от отдельных генов до крупных хромосомных изменений.

В частности, такая хромосомная аномалия, как синдром Клайнфельтера, встречается не только у людей, но подобное явление обнаружено и у кобелей. Дополнительная X-хромосома нарушает нормальное функционирование семенников, вызывая стерильность. Генетическая транслокация, микроделеция Y-хромосомы, наследуемые дефекты развития половых желез, гипоплазия тестикул, мутация генов, контролирующих выработку гормонов, синдром миелоэнцефалопатии – это некоторые примеры генетических нарушений [14; 15]. Генетика играет ключевую роль в способности самца к воспроизводству потомства.

### *7. Инфекции, передающиеся половым путем*

Инфекции, передающиеся половым путем (ИППП), всегда остаются основной причиной бесплодия кобелей в племенных питомниках. Патогенная инфекция может изменить качество спермы, что ведет к таким последствиям, как орхит, эпидидимит, а также бесплодие и низкая фертильность. Патогенная инфекция, находящаяся в семенной жидкости, проникает в организм сук после естественной случки и ведет к бесплодию.

Бруцеллез у собак является причиной быстрого снижения качества спермы, вызывая острый и хронический орхоэпидидимит [11].

Микоплазма и уреоплазма были обнаружены из крайней плоти и уретры бесплодных собак [5].

Есть подозрения, что грибковые инфекции могут вызывать проблемы с гениталиями у кобелей. В одном случае орхита и в некоторых случаях баланопостита был выявлен *Blastomyces dermatidis* [11].

### *8. Ненормальное сексуальное поведение*

Ненормальное сексуальное поведение собак имеет ряд проявлений, которые свидетельствуют о патологии физического или психического характера. Эти отклонения вызывают трудности для владельца и самого питомца. Такие виды отклонений, как гиперсексуальность – повышенная сексуальная активность, отсутствие интереса к спариванию, агрессия во время спаривания, нападения на объекты и неодушевленные предметы, психологическая зависимость от сексуальной активности. Основными причинами этих расстройств могут стать генетическая предрасположенность, гормональные сдвиги, стресс и недостаток эмоциональной стабильности, проблемы социализации и плохое воспитание [11; 12].

### *9. Влияние питания на репродуктивную функцию*

Качественное питание играет ключевую роль в поддержании репродуктивной функции самцов, обеспечивая организм необходимыми веществами для нормального функционирования половых желез и выработки качественного семенного материала [15]. Избыточное потребление углеводов и жиров способствует развитию ожирения, которое также негативно влияет на фертильность производителей собак и, соответственно, ухудшает физическое состояние, задерживает наступление половой зрелости, нарушает нормальную функциональность яичек за счет снижения секреции гонадотропинов и усиливает бесплодие [16].

Энергетический баланс является наиболее важным фактором питания, связанным с нарушением репродуктивной функции у животных [17]. Влияние

пищевого белка на репродуктивную функцию является сложным вопросом [18]. В норме белковые продукты животного происхождения обеспечивают необходимые аминокислоты, участвующие в синтезе гормонов и формировании качественных сперматозоидов. Выявлено, что длительное недостаточное потребление белка снижает репродуктивную функцию. Также обнаружено, что репродуктивная функция может быть нарушена при большом количестве белка в питании кобелей [19; 20].

Антиоксиданты (витамин E, C, бета-каротин) предохраняют клетки организма от повреждений свободными радикалами, способствуют улучшению качества спермы. При дефиците витамина E и селена эти свободные радикалы накапливаются и не только повреждают клеточные мембраны, но и нарушают ряд процессов, связанных с синтезом стероидов [24], простагландинов [25], подвижностью сперматозоидов и развитием эмбриона [26]. Негативное воздействие дефицита витамина E и селена наблюдалось на различные составляющие репродуктивного процесса, включая частоту овуляции [27], подвижность и транспорт сперматозоидов [28], частоту зачатия и послеродовую активность, отхождение плодных оболочек [29], выживаемость эмбрионов, выработку молока, послеродовой рост [30].

Микроэлементы (цинк, магний, железо, селен) участвуют в метаболизме клеток семенников, поддерживают выработку тестостерона и повышают жизнеспособность сперматозоидов. Минералы важны для всех физиологических процессов у животных, включая размножение. Дефицит минералов и их дисбаланс часто называют причинами плохого воспроизводства. Очевидно, что необходимо обеспечивать организм достаточным количеством минералов, но мало что известно о последствиях незначительного дефицита и дисбаланса. То же самое относится и к чрезмерному потреблению минералов, которое может быть вредным [31].

Таким образом, сбалансированное питание является важным фактором поддержания высокого уровня здоровья и полноценной репродуктивной активности самцов.

#### *10. Другие причины*

Длительное половое воздержание у самцов может привести к застою и в последствии к снижению качества спермы, особенно у гигантских пород собак [14]. После длительного воздержания эякулят собаки может показать большое содержание мертвых спермиев, которые накапливались в придатке

яичка [12]. Подобный эффект встречается при ожирении из-за околосокового жира. Травмы, такие как укусы собак, рваные раны, пинки и удары по яичкам, могут разрушить барьер между кровотоком и семенными канальцами и вызвать аутоиммунную остановку сперматогенеза из-за антиспермальных антител [13]. Такое нарушение иммунологического барьера происходит также в случае бруцеллеза, что приводит к агглютинации сперматозоидов [5].

Идиопатическая дегенерация яичек также является распространенной причиной бесплодия у собак из-за азооспермии [12].

Фукозидоз – это врожденное заболевание у собак, при котором самцы не способны оплодотворять самок, что связано с накоплением лизосом и влияет на функцию эпителиальных клеток придатка яичка, которое вызывает задержку капель цитоплазмы [1].

### **Заключение**

Таким образом, неэффективное размножение собак представляет собой серьезную проблему, негативно влияющую на здоровье животных, генетическое разнообразие пород и репутацию заводчиков. Основные причины включают недостаточную подготовку владельцев, отсутствие контроля над вязками, несоблюдение ветеринарных рекомендаций и игнорирование особенностей породы. Для решения этих проблем необходимы комплексные меры: повышение уровня информированности среди собаководов, строгий контроль за репродуктивными процессами, развитие образовательных программ и поддержка профессиональных кинологических организаций.

Грамотное планирование процесса размножения с учетом диагностики здоровья кобелей позволит сохранить лучшие черты пород и гарантировать высокое качество будущих поколений собак и чистоту пород.

### **Список источников**

1. Johnston, S. D., Kustritz, M. V. R., Olson, P. N. S. Canine and feline theriogenology. Philadelphia, PA: Saunders, 2001. P. 257–275.
2. England, G. C. W., Verstegen, J. P., Hewitt, D. A. Pregnancy following in vitro fertilization of canine oocytes // Veterinary Record. 2001. Vol. 148, Is. 1. P. 20–22.
3. Rhoades, J. D., Foley, C. W. Cryptorchidism and Intersexuality // Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 1977. Vol. 7, Is. 4. P. 789–794. DOI 10.1016/s0091-0279(77)50091-3.

4. Davidson's principles and practice of medicine. Churchill Livingstone, Edinburgh, 2002. 711 p.
5. Olson, P. N. Clinical approach for evaluating dogs with azoospermia or aspermia // *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1991. Vol. 21, Is. 3. P. 609–633. DOI: 10.1016/s0195-5616(91)50062-0.
6. Factors affecting sperm motility. VII. Sperm viability as affected by change of PH and osmolarity of semen and urine specimens / A. Makler, R. David, Z. Blumenfeld, O. S. Better // *Fertility and Sterility*. 1981. Vol. 36, Is. 4. P. 507–511. DOI: 10.1016/s0015-0282(16)45802-4.
7. Retrograde flow of spermatozoa into the urinary bladder of dogs during ejaculation or after sedation with xylazine / M. P. Dooley, M. H. Pineda, J. G. Hopper, W. H. Hsu // *American journal of veterinary research*. 1990. Vol. 51, Is. 10. P. 1574–1579.
8. Mehta, A., Sigman, M. Management of the dry ejaculate: a systematic review of aspermia and retrograde ejaculation // *Fertility and Sterility*. Vol. 104, Is. 5. P. 1074–1081. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2015.09.024.
9. Singh, R. *Molecular Signaling in Spermatogenesis and Male Infertility* / CRC press; Boca Raton, Fl., USA, 2020. P. 41–49.
10. Krassas, G. E., Pontikides, N. Male reproductive function in relation with thyroid alteration // *Best Practice & research Clinical Endocrinology & Metabolism*/ 2004. Vol. 18, Is. 2. P. 183–195. DOI: 10.1016/j.beem.2004.03.003.
11. Moor, J. A. *Brucella canis* infection in dogs // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1969. Vol. 155, Is. 12. P. 2034–2037.
12. Feldman, E. C., Nelson, R. W. *Canine and feline endocrinology and reproduction*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: WB Saunders, 1996. P. 718–733.
13. Keenan, L. R. J. The infertile male // *BSAVA manual of small animal reproduction and neonatology* / G. M. Simpson, G. C. W. England, M. J. Harvey (Ed.). Quedgeley, Gloucestershire, UK: BSAVA, 1998. P. 83–93.
14. Fontbonne, A. Infertility in male dogs: recent advances // *Rev. Bras. Reprod. Anim., Belo Horizonte*. 2011. V. 35, Is. 2. P. 266–273.
15. Effects nutrition on reproduction – A review / Y. R. Bindari, S. Shrestha, N. Shrestha, T. N. Gaire // *Advances in Applied Science Research*. 2013. Vol. 4, Is. 1. P. 421–429.
16. Boland, M. P., Lonergan, P., Callaghan, O. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development // *Theriogenology*. 2001. Vol. 55, Is. 6. P. 1323–1340. DOI: 10.1016/s0093-691x(01)00485-x.

17. Randal, R. D. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle // *Journal of Animal Science*. 1990. Vol. 68, Is. 3. P. 853–862. DOI: 10.2527/1990.683853x.
18. Surai, P. F. Vitamin E in avian reproduction // *Poultry and Avian Biology Review*. 1999. Vol. 10, Is. 1. P. 1–60. EDN VEAU FK.
19. Canfield, R. W., Sniffen, C. J., Butler, W. R. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle // *Journal Dairy Science*. 1990. Vol. 73, Is. 9. P. 2342–2349. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(90)78916-3.
20. Elrod, C. C., Butler, W. R. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein // *Journal of Animal Science*. 1993. Vol. 71, Is. 3. P. 694–701. DOI: 10.2527/1993.713694x.
21. Stoecker, B. J. Chromium: Present Knowledge in Nutrition // *International Life Sciences Institute Nutrition Foundation / Brown, M. L. (Ed.). Washington, D.C, 2001. P. 366–372. URL [https://archive.org/details/presentknowledge0000unse\\_w7t7/page/n5/mode/2up](https://archive.org/details/presentknowledge0000unse_w7t7/page/n5/mode/2up) (дата обращения 15.10.2025).*
22. Hemler, M. E., Lands, W. E. M. Evidence of peroxide-initiated free radical mechanism of prostaglandin biosynthesis // *Journal of Biological chemistry*. 1980. Vol. 225. P. 6253–6261.
23. Effect of selenium and A-tocopherol supplementation on postpartum reproductive function of dairy heifers at pasture / J. J. Wichtell, A. L. Craigie, K. G. Thompson, N. B. William // *Theriogenology*. 1996. Vol. 46. P. 491–502. DOI 10.1016/0093-691x(96)00171-9.
24. Seagerson, E. C., Libby, D. W. Ova fertilization and sperm number per fertilized ovum for selenium and vitamin E treated Charolais cattle // *Theriogenology*. 1982. Vol. 17, Is. 3. P. 333–341. DOI 10.1016/0093-691x(82)90093-0.
25. Harrison, J. H., Conrad, H. R. Effect of selenium intake on selenium utilization by the nonlactating dairy cow // *Journal of dairy science*. 1984. Vol. 67. P 219–223. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(84)81288-6.
26. Goff, J. P. Dry cow nutrition and metabolic disease in parturient cows // *Advances in Dairy Technology*. 1999. Vol. 11. 63 p.
27. Oxidative stress on mouse embryonic development in vitro / Y. Goto, Y. Noda, K. Narimoto, etc. // *Free radical biology research*. 1992. Vol. 13, Is. 1. P. 47–53. DOI: 10.1016/0891-5849(92)90165-d.
28. Robinson, J. J. Nutrition and reproduction // *Animal Reproduction Science*. 1996. Vol. 42. P. 25–34.
29. Talavera, E., Park, C. S., & Williams, G. L. Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian' function in Holstein heifers // *Journal of Animal Science*. 1985. Vol. 60. P. 1045–1051. DOI 10.2527/jas1985.6041045x.

30. The effect of selenium deficiency on reproduction and milk performance of goats / M. Anke, L. Angelow, B. Groppe, W. Arnhold, K. Gruhn // *Animal nutrition*. 1989. Vol. 39, Is. 4-5. P. 483–490. DOI: 10.1080/17450398909428326.
31. Schweigert, F. J., Zucker, H. (1988). Concentration of vitamin A, beta-carotene and vitamin E in individual bovine follicles of different quality // *Journal of Reproduction and Fertility*. 1988. Vol. 82, Is. 2. P. 575–579. DOI: 10.1530/jrf.0.0820575.

УДК 004 : 636  
EDN ENOQAV  
DOI 10.71453/3034-4174-2025-4-86



## ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЗООТЕХНИИ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ ЖИВОТНОВОДСТВОМ

**Присакарь Елена Анатольевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоотехнии<sup>1</sup>

**Пужайкина Кристина Александровна**, студент<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный аграрный университет им. В. Н. Полецкого, г. Кемерово, Россия

**Аннотация:** В статье анализируются технологические и организационно-экономические эффекты цифровизации в зоотехнии на примере молочного и мясного животноводства с акцентом на автоматизированные доильные установки, сенсорные сети, компьютерное зрение, системы мониторинга благополучия и цифровую прослеживаемость. Обобщены зарубежные и российские исследования по машинному обучению для раннего выявления нарушений здоровья, поведенческой аналитике и роботизированным системам содержания, показаны практические результаты внедрения (продуктивность, ресурсо- и водоэффективность, трудозатраты, благополучие животных). Научная новизна состоит в сопоставлении данных прикладных исследований по точному животноводству в рамках цифровой трансформации АПК России.

Цель – обобщить применяемые в России цифровые решения, обеспечивающие современные производственные процессы в зоотехнии.

Задачи: систематизировать направления цифровизации, технологии которых внедрены в молочное/мясное скотоводство. На основе отечественных и зарубежных исследований последних лет в статье представлены цифровые решения, применяемые как в крупных животноводческих комплексах, так и в небольших фермерских хозяйствах. Итоги подкрепляются материалами прикладных и обзорных работ по роботизированному доению, компьютерному зрению для оценки экстерьера, мониторингу поведенческих показателей сельскохозяйственных животных.

**Ключевые слова:** цифровизация, зоотехния, точное животноводство, роботизированное доение, машинное обучение, компьютерное зрение.

## **DIGITALIZATION IN ANIMAL SCIENCE: HOW NEW TECHNOLOGIES ARE CHANGING APPROACHES TO LIVESTOCK MANAGEMENT**

**Prisakar Elena A.**, candidate of agricultural sciences sciences, Associate Professor of Department of Animal Science<sup>1</sup>

**Puzhaykina Kristina A.**, student<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Agrarian University, Kemerovo, Russia

**Abstract.** Abstract: The article analyzes the technological and organizational-economic effects of digitalization in animal husbandry using the example of dairy and meat farming, with a focus on automated milking systems, sensor networks, computer vision, welfare monitoring systems, and digital traceability. The article summarizes international and Russian research on machine learning for early detection of health disorders, behavioral analytics, and robotic housing systems, and presents practical results of implementation (productivity, resource and water efficiency, labor costs, and animal welfare). The scientific novelty consists in comparing the data of applied research on precision livestock farming within the framework of digital transformation of the Russian agro-industrial complex.

The goal is to summarize the digital solutions used in Russia that ensure modern production processes in animal husbandry.

The objectives are to systematize the areas of digitalization and the technologies that have been implemented in dairy and beef cattle farming. Based on domestic and foreign research conducted in recent years, the article presents digital solutions that are being used in both large livestock complexes and small farms. The findings are supported by materials from applied and review studies on robotic milking, computer vision for evaluating animal экстерьер, and monitoring the behavioral indicators of farm animals.

**Keywords:** digitalization; animal husbandry; precision animal husbandry; robotic milking; machine learning; computer vision.

## **Введение**

Цифровая трансформация животноводства развивается в связке «сенсоры – данные – алгоритмы – управленческие решения», обеспечивая переход от усреднённых норм к индивидуализированному управлению поголовьем. В российском контексте импульс задают как технологические драйверы (роботизированное доение, RFID/RTLS-метки, акселерометрия, 2D-/3D-визуализация), так и институциональные ожидания по продуктивности, качеству и прослеживаемости [10]. Характер отраслевого сдвига ёмко обозначен в докладе зарубежных экспертов: «Farming is changing – for some farms» [10]. На уровне научной повестки точное животноводство (Precision Livestock Farming, PLF) рассматривается как конвергенция мониторинга, анализа и автоматизации, причём ключевой вопрос не столько точность измерений, сколько их полезность для решений фермера [26]. Российские авторы подчёркивают, что содержание цифровизации не сводится к закупке оборудования: требуются новые практики работы с данными и стандартизация интерфейсов [5]. В прикладной плоскости это наглядно проявляется при внедрении автоматизированных доильных систем (AMS), меняющих трудовые процессы, маршрутизацию животных и структуру ухода [18]. Одновременно растёт вес компьютерного зрения и 3D-съёмки для объективизации экстерьера и ранних признаков нарушений стабильной работы [9].

В данном материале авторам важно показать, какие цифровые решения, применяемые в АПК нашей страны, обеспечивают повышение результатов и уровня благополучия, за счет чего и каких ограничений инфраструктуры и компетенций это достигается [1]. Задачи включают систематизацию цифровых направлений, описывают основные цифровые технологии и показаны перспективы развития разного типа хозяйств [6].

## **Материалы и методы**

Объектом анализа являются цифровые решения в молочном и мясном скотоводстве России и зарубежных стран: AMS, носимые сенсоры (акселерометры), локаторы перемещения, визуальные 2D-/3D-системы, платформы учёта/принятия решений, а также цифровая прослеживаемость. Источниковая база включает 25 публикаций: российские обзоры, прикладные статьи и международные рецензируемые исследования (Journal of Dairy Science, Animals, Frontiers in Veterinary Science, Sensors, Journal of Rural Studies), стратегические и политические документы FAO, OECD и отраслевые обзоры

[21]. Используются: тематический обзор по направлениям PLF; динамика изменения продуктивности за счет детализированной и своевременной диагностики и отслеживания за поведенческими индикаторами. Для цитирования учитывались публикации 2019–2025 гг., доступные в полнотекстовом виде или с надёжными аннотациями и метаданными [17]. Дискурсивные аспекты внедрения AMS и «заботного» фермерства рассматривались через призму исследований по трудовой организации и взаимодействию «человек – технология – животное» [18]. Прослеживаемость описывалась по материалам FAO с фокусом на цифровую идентификацию и обмен данными в цепях поставок [15]. Для российских практик роботизированного доения и цифровой оценки экстерьера использованы публикации по опытной эксплуатации и методикам натуральных испытаний [7].

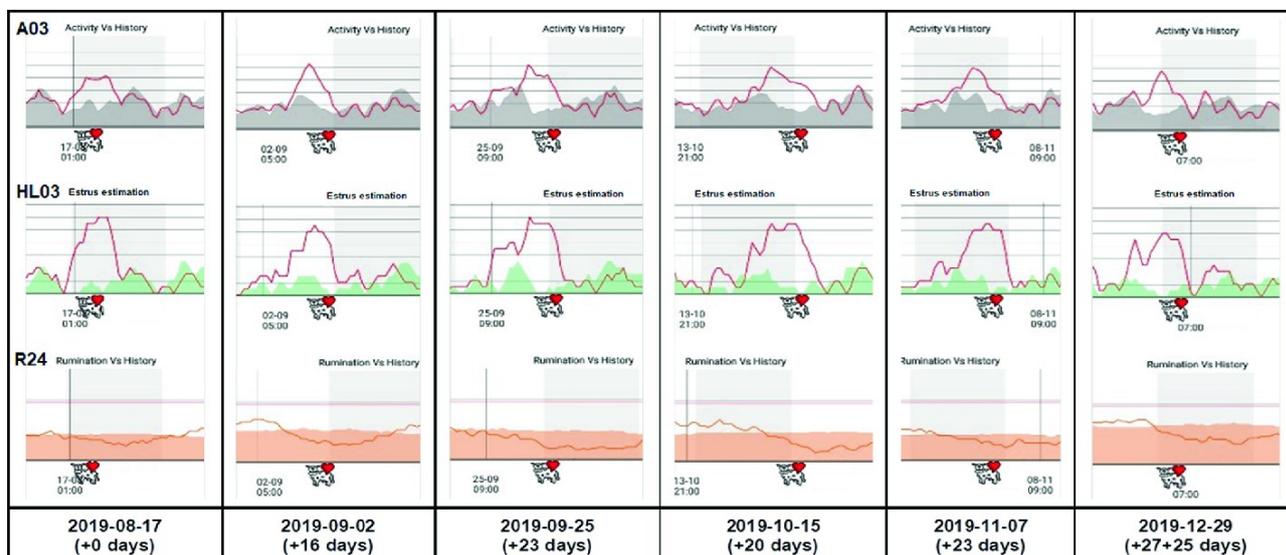
### **Результаты**

#### *1. Сенсоры и машинное обучение: раннее выявление нарушений состояния*

Современные работы демонстрируют успешные классификаторы состояния коров на данных IoT-сенсоров и поведенческих сигналов. Валидационные метрики для задач «здоров/нездоров» или детекции отдельных состояний (хромота, метрит) достигают прикладной значимости: чувствительность 0,86 и специфичность 0,94 при клинической валидации алгоритмов – ориентир, подтверждающий практическую применимость при правильной калибровке приборов [13]. На выбор моделей влияет доступность и качество датчиков, распределение классов и настройки порогов, что соотносится с результатами по метриту в ранней диагностике [14]. Для рутинного мониторинга в телятнике устойчиво применяются акселерометры и RTLS: систематический обзор подчёркивает дефицит стандартизации частот дискретизации и протоколов верификации, но подтверждает валидность показателя «время лежания» как чувствительного индикатора состояния животного и его здоровья [23]. В российской повестке цифровизации животноводства отмечается смещение акцента «от сигналов к решениям» – «в основе точного животноводства лежала идея использования датчиков и данных для оценки изменчивости...» [2].

Инновационным достижением является разработка нового способа определения поведения коровы в период течки в виде показателя HL03. Он объединяет краткосрочные и среднесрочные характеристики активности

коровы в комплексное измерение, позволяющее определить наступление течки. Этот показатель отображается красным цветом на фоне статистических значений зеленого цвета за последние 1–4 дня [27]. На рисунке 1 показана последовательность течек, успешно зафиксированных за полгода.



**Рис. 1.** Выявление течки коров в последующие 6 месяцев (август – декабрь 2019 г.)

## 2. Роботизированное доение: производительность, уход, труд и трафик

Переход на AMS (автоматизированная система доения) меняет структуру практики ухода и содержания, при этом значимость контекста и «заботы» остаётся определяющей [18]. Исследования когорт ферм подчёркивают, что конфигурация коровников и схемы трафика (свободный/направляемый/смесовой) влияют на интенсивность доений, очереди и стресс, а оптимизация планировки даёт прирост эффективности [19]. При этом полученные данные по ресурсопользованию дополняют производственную картину: на ферме в Восточной Канаде при переходе на AMS зафиксированы отличия в структуре водопользования; при неизбежном росте отдельных статей расхода улучшается сервисная водоэффективность и снижается удельный расход на литр молока [25]. Социальные аспекты подтверждают, что цифровизация – это не только про «датчики и алгоритмы», но и про переопределение труда и распределение внимания персонала, что становится актуальным особенно для крупных стад [18].

Сравнительный анализ традиционного и роботизированного доения коров, проведенный на коровах черно-пестрой породы в АО «Племзавод Родина» Вологодской области, продемонстрировал, что роботизированные

технологии позволяют получать молоко более высокого качества по сравнению с традиционными методами. Это объясняется тем, что в процессе роботизированного доения контакт с молоком минимален, в отличие от доения на традиционных обстановках [11]. В таблице 1 приведены показатели роботизированного и традиционного доения коров.

Таблица 1

Характеристика показателей традиционного и роботизированного доения коров

Показатель	Доение традиционными установками	Доение роботами VMS «DeLaval»
Соматические клетки, тыс./см <sup>3</sup>	350–700	90–120
Бактериальная обсемененность, тыс./см <sup>3</sup>	Более 100	До 40
Товарность молока, %	90	97
Количество лактаций (продуктивность более 7000 кг)	3–4	4–5
Продуктивность, ± % по отношению к традиционной технологии доения	—	+ 7–10
Количество доений (среднее)	2,2	3,3 и более
Сервис-период, дни	200	150

3. Компьютерное зрение и 2D-/ 3D-оценка экстерьера

Компьютерное зрение для оценки экстерьера и конституции движется от прототипов к производственным испытаниям: обзор трудов российских авторов систематизирует этапы разработки и интеграции в технологический цикл, подчёркивая роль корректной эталонизации и условий съёмки [9]. Для молочного скотоводства 3D-TOF-камеры рассматриваются как наиболее информативные для извлечения линейных параметров, стандартизируя оценку экстерьера и давая основу для автоматизированного контроля отклонений [9]. В англоязычной литературе зафиксировано продвижение публичных датасетов по крупному рогатому скоту/свиньям/птице, но при этом отмечается «бутылочное горлышко» – нехватка высококачественной разметки из реальных условий, что сдерживает переносимость моделей [17].

Принципиальный вывод обзорной французской школы PLF: информатика ценна настолько, насколько она встроена в реальные решения по кормлению, здоровью и воспроизводству, иначе «точность» остаётся статистической, но не управленческой [26], что сказывается на ее внедрении в реальное производство.

#### *4. Поведенческие индикаторы и благополучие*

Крупные обзоры фиксируют стабильность поведенческих маркеров как прокси-метрик благополучия (лежание / двигательная активность / синхронность), особенно при длительном мониторинге поведения телят. При этом указываются пробелы в различении «отдыха» и «сна» и требования к валидации сенсорных методик [23]. Для хромоты сохраняется потенциал дообучения моделей за счёт мультисенсорной интеграции и учёта конфаундеров (покрытие пола, трафик, плотность) [12]. На уровне организации исследования AMS показывают, что нагрузка при уходе за животными перераспределяется: часть операционных задач берёт техника, но возрастает нагрузка на наблюдение за исключениями – животными с атипичными маршрутами и динамикой посещений [18]. Из российских практик роботизированного доения представлены данные по функциональным свойствам вымени и добровольному доению, подтверждающие существенную роль периода лактации и модели робота [8].

#### *5. Цифровая прослеживаемость и данные*

Политические и отраслевые документы FAO акцентируют, что цифровые технологии обеспечивают «оптимизацию прослеживаемости от фермы до стола» через идентификацию животных/продуктов, сбор расширенных данных, безопасный обмен и аналитику для прогнозирования [15]. В прикладной части рекомендуются практики стандартизации данных, языка и интерфейсов, что перекликается с задачами интероперабельности, описанными для российских реалий (включая агрогеоинформационные ресурсы, мобильные решения и API-сервисы) [10]. В сравнительном анализе зарубежных исследователей подчёркнуто, что цифровая прослеживаемость в продовольственных цепях коррелирует с ростом прозрачности и снижением транзакционных издержек, но требует согласования прав доступа и алгоритма обмена данными по всей цепочке [21]. Эмпирические обзоры PLF указывают, что без связки между производственными данными фермы, ветеринарной отчётностью и торговыми системами ценность данных остаётся локальной и теоретической [20].

### *6. Генетические и породные аспекты: связь с цифровой фенотипизацией*

Цифровая фенотипизация (визуальные метрики экстерьера, походка, динамика массы) расширяет инструментарий селекции и контроля стада, облегчает сопоставимость скрещиваний и адаптацию технологий на различных породах. Российские работы по абердин-ангусской породе подчеркивают значимость учёта генетических и адаптационных факторов при планировании программ разведения и использовании цифровых измерений для объективизации породных признаков [3]. Для мясных и молочных направлений интеграция фенотипов видеонаблюдения с родословными и продуктивностью даёт основу для ускоренного отбора и управления группами [22].

### *7. Российский срез цифровизации животноводства*

Обзоры и аналитика по РФ фиксируют спрос на решения для молочного животноводства (AMS, мониторинг здоровья, аналитика удоев), при этом узкими местами остаются кадры, интероперабельность и окупаемость на средних/малых фермах [1]. Российские исследования по цифровизации молочного производства подчеркивают необходимость адаптации бизнес-процессов фермы и подготовки персонала, иначе эффект от внедрения прогнозируется ниже потенциального [4]. Отраслевые обзоры указывают на перегруппировку рынка, появление отечественных разработчиков и востребованность сервисных моделей (SaaS – «оборудование как услуга») [5]. Практика роботизированного доения в регионах РФ указывает на стабильность технологических операций при сохраняющемся запросе на поддержку и локальную сервисную инфраструктуру, при этом сокращаются трудовые издержки [7]. На уровне общей агрополитики отмечается, что цифровые инструменты активируют системы знаний и информации, но их воздействие зависит от типа хозяйств [10].

### **Заключение**

Цифровизация в зоотехнии демонстрирует проверяемые эффекты при условии интеграции сенсоров, алгоритмов и управленческих контуров фермы. Наиболее устойчивые результаты подтверждены: (а) для мониторинга здоровья и раннего выявления нарушений по данным IoT/поведения; (б) AMS как инфраструктуры, изменяющей при грамотной планировке трафик, труд и сервисную водоэффективность; (в) компьютерного зрения и 3D-оценки

экстерьера, формирующих базу цифровой фенотипизации; (г) цифровой прослеживаемости как инструмента доверия и эффективности цепей. Ключевые ограничения – стандартизация данных / интерфейсов, квалификация персонала, адаптация бизнес-процессов и экономическая целесообразность на фермах малого/среднего масштаба [5].

Рекомендации для масштабирования: проектировать внедрение как «данные-в-решения», опираясь на валидированные индикаторы и управленческие сценарии; учитывать породные/генетические и инфраструктурные различия; обеспечивать сопровождение и обучение; синхронизировать фермерские данные с системами прослеживаемости и рыночными требованиями [13]. В российском контексте потенциал цифровизации максимален в молочном скотоводстве и телятнике, где подтверждена валидность поведенческих показателей и экономия на операционных рисках при условии укрепления сервисной поддержки и интероперабельности [23].

#### **Использованные источники**

1. К вопросу о цифровизации российского сельского хозяйства (обзор информационных материалов) / Б. А. Воронин, О. Г. Лоретц, А. Н. Митин и др. // Аграрный вестник Урала. 2019. № 2. С. 3–14. DOI 10.32417/article\_5cb0b27b458600.04669366.
2. Истомин, Д. А., Иванов, А. С. Оценка перспективных направлений цифрового животноводства в рамках "Сельского хозяйства 4.0" // АгроЭкоИнфо. 2021. № S7. DOI 10.51419/20217011. EDN GOSBWD. URL: [https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/7/st\\_011.pdf](https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/7/st_011.pdf) (дата обращения: 02.11.2025).
3. Коновалова, Е. Н., Романенкова, О. С., Гладырь, Е. А. Перспективы разведения и совершенствования крупного-рогатого скота абердин-ангусской породы в России (генетические аспекты) // Вестник РСН. 2024. Т. 14, № 1. С. 15–28. URL: <https://www.vestnik-rsn.ru/vrsn/article/view/1307> (дата обращения: 02.11.2025). DOI <https://doi.org/10.31857/S2500208225010124>.
4. Мамедова, Р. А. Молочное животноводство в России: состояние и перспективы цифровизации // Агроинженерия. 2020. № 6. С. 10–16. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-10-16.
5. Нагорнова, О. С. Завиваев, Н. С., Тарасов А. В. Обзор рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве // Вестник НГИЭИ. 2024. № 5 (156). С. 82–90. DOI 10.24412/2227-9407-2024-5-82-90. EDN TIBEQQ.

6. Федоров, А. Д., Кондратьева, О. В., Слинко, О. В. О перспективах цифровизации сельского хозяйства России // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 1(33). С. 127–131. EDN URCASI.
7. Чеченихина, О. С. Опыт применения роботизированных доильных установок в Свердловской области // Аграрное образование и наука. 2022. № 3. С. 7–8.
8. Чеченихина, О. С., Смирнова, Е. С. Функциональные свойства вымени коров при добровольном доении в зависимости от периода лактации и марки доильного робота // Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 4 (48). С. 139–154. DOI: 10.52231/2225-4269\_2021\_3\_139. EDN DDXJPR
9. Обзор исследований и технологий для цифровизации процесса оценки экстерьера животных в мясном и молочном животноводстве / С. С. Юрочка, А. П. Хакимов и др. // Аграрная наука. 2024. № 4. С. 114–122. DOI <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-114-122>. URL: <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/3035> (дата обращения: 02.11.2025).
10. Всемирный банк. Цифровое сельское хозяйство в России: возможности и вызовы. Аналитический доклад. 2019. 126 с.
11. Симонов Г. А.; Никифоров В. Е. Преимущества роботов перед традиционной технологией доения коров // Наука в центральной России. 2020. № 4. С. 54–62. URL: <https://vniitin.ru/wp-content/uploads/2020/08/№4-54-62.pdf> (дата обращения: 24.12.2025). DOI: 10.35887/2305-2538-2020-4-54-62. EDN MVUPUS.
12. Improving lameness detection in cows: A machine-learning approach / E. Dervić et al. // Journal of Dairy Science. 2024. Vol. 107, Is. 12. DOI: 10.3168/jds.2024-24730.
13. Dineva, K., Atanasova, T. Health Status Classification for Cows Using Machine Learning and Data Management on AWS Cloud // Animals. 2023. Vol. 13, Is. 22. P. 3254. DOI: 10.3390/ani13203254.
14. Džermeikaitė, K., Krištolaitytė, J., Antanaitis, R. Application of Machine Learning Models for the Early Detection of Metritis in Dairy Cows // Animals. 2025. Vol. 15(11). P. 1674. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/15/11/1674> (дата обращения: 04.11.2025). DOI <https://doi.org/10.3390/ani15111674>.
15. FAO. The role of digital technologies in livestock traceability and trade. Policy brief. Rome: FAO, 2021. 12 p. URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/CA9939EN> (дата обращения: 04.11.2025).
16. FAO. Agricultural 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production. Rome: FAO, 2020. 76 p. URL:

<https://openknowledge.fao.org/items/0073ac5a-e4b4-43fb-9621-349fb878864f>

(дата обращения: 04.11.2025).

17. Precision Livestock Farming Research: A Global Scientometric Review // *Animals*. 2023. Vol. 13(13): 2096. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/13/2096> (дата обращения: 05.11.2025). DOI: 10.3390/ani13132096.
18. Lundström, C., Lindblom, J. Care in dairy farming with automatic milking systems, identified using an Activity Theory lens // *Journal of Rural Studies*. 2021. Vol. 87. P. 386–403. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016721002709> (дата обращения: 05.11.2025). DOI <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.09.006>.
19. Impact of different stall layouts with robotic milking systems on the behavioral pattern of multiparous cows / P. A. B. Mac-Lean et al. // *JDS Communications*. 2024. Vol. 5, Is. 5. P. 500–504. DOI: 10.3168/jdsc.2023-0505.
20. Monteiro, A., Santos, S., Gonçalves, P. Precision Agriculture for Crop and Livestock Farming: Brief Review // *Sensors*. 2021. Vol. 11, Is. 8. P. 2345. DOI: 10.3390/ani11082345.
21. OECD. The digitalisation of agriculture. Paris: OECD Publishing, 2022. 154 p. URL: [https://www.oecd.org/en/publications/the-digitalisation-of-agriculture\\_285cc27d-en.html](https://www.oecd.org/en/publications/the-digitalisation-of-agriculture_285cc27d-en.html) (дата обращения: 05.11.2025).
22. Screening and selection of a machine learning algorithm for development of a model to select cows for clinical examination using data from automated health monitoring technologies and other predictors of cow health / M. M. Perez et al. // *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108, Is. 12 (in press). P. 13720–13738. DOI: 10.3168/jds.2025-26511.
23. A systematic review on the application of precision livestock farming technologies to detect lying, rest and sleep behavior in dairy calves / G. P. Rossi et al. // *Frontiers in Veterinary Science*. 2024. Vol. 11. P. 1477731. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2024.1477731/full> (дата обращения: 05.11.2025). DOI <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1477731>.
24. Review: Precision livestock farming, automats and new technologies: possible applications in extensive dairy sheep farming / M. O. Vaintrub et al. // *Animal*. 2021. Vol. 15, Is. 3. P. 100298. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120301452> (дата обращения: 05.11.2025). DOI <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100143>.

- 
25. Water use dynamics with conventional and automated milking systems on a dairy farm / A. VanderZaag et al. // Journal of Dairy Science. 2025. Vol. 108, Is. 6. URL: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(25\)00181-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(25)00181-X/fulltext) (дата обращения: 05.11.2025). DOI: 10.3168/jds.2024-25195.
  26. Precision Livestock Farming: New information to help animal husbandry? / P. Faverdin et al. // INRA Productions Animales. 2020. Vol. 33, Is. 4. P. 223–234. URL: <https://productions-animales.org/article/download/4585/15336/39946> (дата обращения: 05.11.2025).
  27. IoT-Based Cow Health Monitoring System / U. Olgierd et. al. // Computational Science / V. V. Krzhizhanovskaya et al. Springer, Cham, 2020. Vol. 12141. P. 344–356. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-50426-7\\_26#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-50426-7_26#citeas) (дата обращения: 24.12.2025). DOI [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7_26).

Редактор

О.В. Баталова

Технический редактор

А.С. Березина

Подписано к публикации декабрь 2025

Формат 60x84 $\frac{1}{8}$ . Гарнитура Calibri, Calibri light.

650056, Российская Федерация, Кемеровская область,

г. Кемерово, ул. Марковцева, 5.

Телефон: (3842) 73-51-41.

E-mail: [agroinnovatics@internet.ru](mailto:agroinnovatics@internet.ru)

Адрес издателя и редакции:

650056, Российская Федерация, Кемеровская область — Кузбасс,

г. Кемерово, ул. Марковцева, 5.

Издатель и распространитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный аграрный университет имени

В. Н. Полецкова»

Подготовлено в Кузбасском ГАУ

650056, Российская Федерация, Кемеровская область,

г. Кемерово, ул. Марковцева, 5.