

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО / FISHERIES,  
AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIESDOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.44>ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ КОРМА С ДОБАВЛЕНИЕМ ВЕРМИМУКИ НА АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ  
МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ОСЕТРОВ

Научная статья

Гуркина О.А.<sup>1,\*</sup>, Поддубная И.В.<sup>2</sup>, Руднева О.Н.<sup>3</sup>, Тарасов П.С.<sup>4</sup>, Орленко Е.В.<sup>5</sup><sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-0836-3511;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-8565-5633;<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-1175-0793;<sup>1,2,3,5</sup> Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Российская Федерация<sup>4</sup> Нижегородский государственный агротехнологический университет, Саратов, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (gurkinaoa[at]ya.ru)

**Аннотация**

При кормлении рыб внимание уделяется количеству и качеству белка в корме, как основному фактору, обеспечивающему их рост. Поскольку организм использует для питания не собственно белок, а лишь аминокислоты, то полноценность пищевых белков во многом зависит от их химического состава, то есть количественного соотношения аминокислот, а также их доступности. Вермимука является подходящим кормом для выращивания рыб как отдельно, так и в составе рыбных комбикормов. Данная мука заменяет любой компонент животного происхождения, однако при этом необходимо учитывать содержание протеина. В статье представлена информация по влиянию комбикорма с частичной заменой рыбной муки на вермимуку при кормлении сеголетков гибрида русского и сибирского осетра. Исследования были выполнены в лаборатории «Прогрессивные биотехнологии в аквакультуре». В результате эксперимента были получены следующие данные: во 2-й опытной группе содержание незаменимых для рыб аминокислот было выше по сравнению с контрольной. Также более высоким значением отличался коэффициент различия аминокислотного состава по сравнению с особями в контроле на 4,06%.

**Ключевые слова:** вермимука, аминокислоты, скорр, биологическая ценность, корм, осетры.AN EVALUATION OF THE IMPACT OF VERMIFLOUR ADDED FODDER ON THE AMINO ACID  
COMPOSITION OF STURGEON MUSCLE TISSUE

Research article

Gurkina O.A.<sup>1,\*</sup>, Poddubnaya I.V.<sup>2</sup>, Rudneva O.N.<sup>3</sup>, Tarasov P.S.<sup>4</sup>, Orlenko Y.V.<sup>5</sup><sup>1</sup>ORCID : 0000-0003-0836-3511;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-8565-5633;<sup>3</sup>ORCID : 0000-0002-1175-0793;<sup>1,2,3,5</sup> N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering, Saratov, Russian Federation<sup>4</sup> Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia, Saratov, Russian Federation

\* Corresponding author (gurkinaoa[at]ya.ru)

**Abstract**

When feeding fish, attention is paid to the quantity and quality of protein in the fodder as the main factor ensuring their growth. Since the body uses only amino acids rather than protein itself for nutrition, the nutritional quality of dietary proteins depends largely on their chemical composition, i.e. the quantitative ratio of amino acids and their availability. Vermiflour is a suitable feed for growing fish, both separately and as part of fish fodder. This meal replaces any component of animal origin, but the protein content must be taken into account. The article presents information on the effect of mixed fodder with partial replacement of fish meal with vermiflour when feeding Russian and Siberian sturgeon hybrids. The research was carried out in the laboratory "Progressive biotechnologies in aquaculture". As a result of the experiment, the following data were obtained: in the 2nd experimental group, the content of essential amino acids for fish was higher compared to the control group. Also, the difference coefficient of amino acid composition was 4.06% higher than in the control group.

**Keywords:** vermiflour, amino acids, scor, biological value, fodder, sturgeons.**Введение**

Для выращивания осетровых рыб в установках замкнутого водоснабжения требуется высококачественный корм, обеспечивающий максимальный эффект по скорости роста и минимальные затраты на килограмм прироста. Осетровые, а особенно молодь, в отличие от других видов рыб нуждаются в высокопротеиновом корме, сбалансированном по общему составу питательных веществ, а именно по фракционному составу белков, липидов, доступных для усвоения углеводов, макро-, микроэлементов и витаминов.

Развивающемуся организму молодки требуются нуклеиновые кислоты для внутриклеточного биосинтеза белков, именно на ранних стадиях развития важно удовлетворить эту потребность. В естественных водоемах в качестве источника данных кислот выступает зоопланктон, а в искусственных кормах – мука из червей или насекомых.

В процессе кормления рыб важно обращать внимание на содержание и компонентный состав протеина в корме, поскольку именно он обуславливает рост. При питании рыбы потребляют структурные элементы белка – аминокислоты, в связи с чем ценность протеинов обусловлена их химическим составом, а также пропорциональностью содержания заменимых и незаменимых аминокислот и соответственно возможностью их усвоения организмом [1], [2].

Белки и их составляющие элементы, аминокислоты, являются важнейшими компонентами всех живых организмов. Обычно белок содержит 300 аминокислот, соединенных во всевозможных последовательностях, образующих огромное разнообразие протеинов [3]. Именно поэтому перспективным для исследований является вопрос влияния факторов внешней среды на химический и аминокислотный состав мышц.

При существенной нехватке незаменимых аминокислот в корме действует закон «минимума», согласно ему при недостатке только одной из незаменимых аминокислот снижается эффективность усвоения оставшихся и, соответственно, в целом протеина, что, в свою очередь, тормозит формирование мускулатуры [4], [5].

Вермимука является хорошим источником питательных веществ для выращивания рыб как в виде единственного корма, так и в составе комплекса кормов. Данная мука позволяет заместить отдельные компоненты животного происхождения, однако необходимо учитывать содержание протеина [10]. К примеру, кормовой коэффициент муки из калифорнийского червя равен 2. Ценность кормового сырья при добавлении биомассы червя возрастает на 20-25%. Кроме того, добавление компостных червей в качестве альтернативного источника белка позволяет обеспечить аквакультуру более чистыми технологиями.

Цель исследования заключалась в определении влияния вермимуки на аминокислотный состав и биологическую ценность белка мышечной ткани осетровых рыб.

### Методы и принципы исследования

В ходе эксперимента получили белковую добавку из компостного червя, введенную в осетровый продукционный комбикорм «Оптима» в количестве 5% и 7% с заменой тождественного количества рыбной муки на комбикормовом заводе ООО «Прометрика».

Для изучения влияния вермимуки на продуктивность и аминокислотный состав мышечной ткани в лаборатории «Прогрессивные биотехнологии в аквакультуре» были сформированы три подопытных группы из 30 особей сеголетков гибрида русского и сибирского осетра со средней массой около 304 г.

В ходе эксперимента получили белковую добавку из компостного червя, введенную в осетровый продукционный комбикорм «Оптима» в количестве 5% и 7% с заменой тождественного количества рыбной муки на комбикормовом заводе ООО «Прометрика».

Для изучения влияния вермимуки на продуктивность и аминокислотный состав мышечной ткани в лаборатории «Прогрессивные биотехнологии в аквакультуре» были сформированы три подопытных группы из 30 особей сеголетков гибрида русского и сибирского осетра со средней массой около 304 г.

Контрольная группа получала сбалансированный по питательным веществам продукционный комбикорм для осетров. Первая опытная группа получала корм с добавлением 5% белковой добавки из компостного червя от количества рыбной муки в комбикорме, вторая, соответственно, 7%.

Опыт по использованию альтернативного источника белка – вермимуки в кормлении гибрида осетра длился 90 суток. Кормление во время эксперимента было 3-х разовым. Суточную норму корма исчисляли по общепринятой методике, принимая во внимание температуру воды, количество растворенного кислорода в воде и массу рыбы.

В качестве материала для исследования использовали мышечную ткань. Пробы для анализа были объединенными и состояли из образцов мышечной ткани, взятых у 3-х особей из каждой подопытной группы. Из спинных мышц каждой рыбы готовили цилиндрические высечки в трех повторностях.

Идентификацию аминокислот проводили с применением предколонной модификации 6-аминоквинолин гидроксисукцинамидил карбаматом – AccQ по методу Waters AccQ-Tag с использованием набора реактивов WAT 052880.

Для оценки важнейшей составляющей пищевой адекватности белковых компонентов – их биологической ценности – использовались основополагающие показатели и критерии, такие как: коэффициенты различий аминокислотного сора, рациональности и биологической ценности [7].

Биологическую ценность протеина исчисляли согласно формуле:

$$БЦ = 100 - КРАС, \%$$

### Результаты исследования

Результаты исследования содержания аминокислот в мышечной ткани осетровых по группам представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание незаменимых аминокислот в мышечной ткани осетра

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.44.1>

Аминокислота	Группа		
	контрольная	1-опытная	2-опытная
Лизин, г/100 г белка	0,53	0,76	0,96
Треонин, г/100 г белка	0,42	0,49	0,60
Фенилаланин+Тирозин, г/100 г белка	0,97	1,17	1,49

Лейцин, г/100 г белка	0,53	0,79	0,98
Изолейцин, г/100 г белка	0,33	0,40	0,49
Метионин + цистин, г/100 г белка	0,34	0,40	0,52
Валин, г/100 г белка	0,34	0,40	0,51
Гистидин, г/100 г белка	0,40	0,45	0,60
Сумма незаменимых аминокислот, г/100 г белка	3,88	4,85	6,16

В исследованных пробах подопытных особей в количественном отношении доминируют следующие кислоты: лизин, лейцин, фенилаланин+тирозин и т.д. По сумме незаменимых аминокислот лидерство сохранялось за особями второй группы 2,28 г/100 г белка.

В белковом обмене особое значение приобретает нарушение соотношения заменимых и эссенциальных кислот. При дефиците заменимых аминокислот возрастает потребность в незаменимых, что провоцирует снижение эффективности использования общего протеина корма [11].

Питательная ценность корма напрямую связана с качественным и количественным составом белка, уровнем его усвоения гидробионтами [7].

Идеальный белок имеет в своем составе такое соотношение синтезируемых и не синтезируемых аминокислот, максимально удовлетворяющее потребности организма в них [12].

Для определения биологической ценности протеинов сопоставляют аминокислотный состав исследуемого белка с эталоном аминокислот гипотетического идеального белка [8], [9]. Этот методический прием именуется аминокислотным профилем.

В таблице 2 представлен аминокислотный скор, исчисленный как отношение содержания незаменимой аминокислоты в сырье к ее содержанию в «идеальном белке».

Таблица 2 - Аминокислотный скор

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.44.2>

Аминокислота	Группа			Рекомендации ФАО / ВОЗ 2011 г. г/100 г
	контрольная	1-опытная	2-опытная	
Лизин, %	17,9	21,9	25,2	4,8
Треонин, %	27,2	27,2	30,4	2,5
Фенилаланин+Ти розин, %	38,0	39,5	45,9	4,1
Лейцин, %	17,4	18,0	20,3	6,1
Изолейцин, %	17,7	18,3	20,7	3,0
Метионин + цистин, %	23,9	24,3	28,7	2,3
Валин, %	13,8	14,0	16,0	4,0
Гистидин, %	40,6	38,8	46,9	1,6

Полученные данные свидетельствуют о насыщении мускулатуры подопытных осетров аминокислотами. Наименьший скор у контрольной группы по аминокислоте валин, наибольший во 2-й опытной группе по аминокислоте гистидин. Так как скор во всех подопытных группах по представленным аминокислотам меньше 100% они являются лимитирующими для мышечной ткани рыб.

Кроме определения аминокислотного сора, для характеристики биологической ценности белка применяются и другие дополнительные критерии, такие как коэффициент рациональности, коэффициент различия аминокислотного состава.

По коэффициенту различия аминокислотного состава судят о средней величине избытка аминокислотного профиля не синтезируемых аминокислот по сравнению с минимальным уровнем сора любой незаменимой аминокислоты.

Коэффициент рациональности незаменимой аминокислоты характеризует возможность утилизации аминокислот организмом и предопределяется минимальным скором одной из них [10].

В таблице 3 проанализирована биологическая ценность белка по значимым параметрам.

Таблица 3 - Биологическая ценность белка подопытных осетров

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.44.3>

Показатель	Группа		
	контрольная	1-опытная	2-опытная
Коэффициент рациональности аминокислотного состава, ед.	0,66	0,62	0,62
Коэффициент различия (КРАС) аминокислотного состава, %	6,46	8,13	10,52
Биологическая ценность, %	93,54	91,87	89,48

Наибольшей биологической ценностью отличается мышечная ткань особой контрольной группы, где данный коэффициент составил 93,54%, а коэффициент рациональности аминокислотного состава соответственно 0,66. Коэффициент различия аминокислотного состава оказался максимальным у рыбы из 2-й опытной группы, что на 4,06%, выше по сравнению с контрольной.

#### Заключение

В ходе исследования было установлено, что вермикула, внесенная в количестве 7% в комбикорм, оказала положительное влияние на содержание аминокислот в мышечной ткани гибридов осетра.

#### Финансирование

Работа выполнена в рамках НИОКТР «Разработка кормовых добавок для промышленного рыбоводства» № 082-00252-23-00.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Рецензия

Касьянов Г.И., Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.44.4>

#### Funding

The work was carried out within the framework of the R&D center "Development of feed additives for industrial fish farming" No. 082-00252-23-00.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Review

Kasyanov G.I., Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation  
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.144.44.4>

#### Список литературы / References

- Абросимова Н.А. Особенности протеина некоторых ингредиентов отечественного кормопроизводства / Н.А. Абросимова, Е.М. Саенко, А.Л. Гучакшев // Материалы докладов II международной научно- 243 практической конференции: Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. — Астрахань, 2001. — С. 125-127.
- Агеец В.Ю. Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в республике Беларусь / В.Ю. Агеец, Ж.В. Кошак, А.Э. Кошак // Вести Национальной Академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. — 2017. — № 2. — С. 91-99.
- Бубырь И.В. Пищевая ценность пресноводных рыб Беларуси / И.В. Бубырь // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2015. — № 1 (72). — Ч. 1. — С. 57-64.
- Гусева Ю.А. Аминокислотный анализ мышечной ткани судака и щуки Волгоградского водохранилища / Ю.А. Гусева, А.А. Васильев, М.А. Камардина // Аграрный научный журнал. — 2022. — № 11. — С. 68-70.
- Колмаков В.И. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных / В.И. Колмаков, А.А. Колмакова // Журн. Сиб. федер. ун-та. Биология. — 2020. — № 13(4). — С. 424-442.
- Кудряшева А.А. Медико-биологические особенности натуральных пищевых аминокислот / А.А. Кудряшева, О.П. Преснякова // Пищевая промышленность. — 2014. — № 3. — С. 68-73.
- Лисицын А.Б. Оценка качества белка с использованием компьютерных технологий / А.Б. Лисицын, М.А. Никитина, Е.Б. Сусь // Пищевая промышленность. — 2016. — № 1. — С. 26-29.
- Мезенова О.Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья / О.Я. Мезенова // Вестник Международной академии холода. — 2018. — № 1. — С. 5-10.
- Надточий Л.А. Инновации в биотехнологии / Л.А. Надточий, О.Ю. Орлова. — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — Ч. 2 Пищевая комбинаторика. — 37 с.
- Титов И.Н. Дождевые черви как возобновляемый источник полноценного животного белка / И.Н. Титов // Вермикомпостирование и вермикюльтивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы. — Минск, 2013. — С. 173-178.

11. Шадыева Л.А. Содержание аминокислот в мышцах африканского клариевого сома в межнерестовый период / Л.А. Шадыева, Е.М. Романова, В.В. Романов [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2020. — № 4 (52). — С. 161-166.
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition Report of an FAO Expert Consultation. — Rome: FAO, 2013. — 66 p.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Abrosimova N.A. Osobnosti proteina nekotorykh ingredientov otechestvennogo kormoproizvodstva [Protein peculiarities of some ingredients of domestic fodder production] / N.A. Abrosimova, E.M. Saenko, A.L. Guchakshev // Materialy dokladov II mezhdunarodnoj nauchno- 243 prakticheskoj konferencii: Akvakul'tura osetrovyyh ryb: dostizheniya i perspektivy razvitiya [Proceedings of the II International Scientific 243 Practical Conference: Aquaculture of sturgeon fish: achievements and prospects of development]. — Astrakhan. 2001. — P. 125-127. [in Russian]
2. Ageec V.Ju. Problemy i perspektivy proizvodstva biologicheski polnocennykh kombikormov dlja ryb v respublike Belarus' [Problems and prospects of production of biologically complete mixed fodders for fish in the Republic of Belarus] / V.Ju. Ageec, Zh.V. Koshak, A.Je. Koshak // Vesti Nacional'noj Akademii nauk Belarusi. Serija agrarnykh nauk [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of agrarian sciences]. — 2017. — № 2. — P. 91-99. [in Russian]
3. Bubyr' I.V. Pishhevaja cennost' presnovodnyh ryb Belarusi [Nutritional value of freshwater fish of Belarus] / I.V. Bubyr' // Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk [Actual problems of humanities and natural sciences]. — 2015. — № 1 (72). — Pt. 1. — P. 57-64. [in Russian]
4. Guseva Ju.A. Aminokislotnyj analiz myshechnoj tkani sudaka i shhuki Volgogradskogo vodohranilishha [Amino acid analysis of the muscle tissue of pikeperch and pike of the Volgograd reservoir] / Ju.A. Guseva, A.A. Vasil'ev, M.A. Kamardina // Agrarnyj nauchnyj zhurnal [Agricultural Scientific Journal]. — 2022. — № 11. — P. 68-70. [in Russian]
5. Kolmakov V.I. Aminokisloty v perspektivnykh kormah dlja akvakul'tury ryb: obzor jeksperimental'nykh dannyh [Amino acids in promising feeds for fish aquaculture: a review of experimental data] / V.I. Kolmakov, A.A. Kolmakova // Zhurn. Sib. feder. un-ta. Biologija [Journal of the Siberian Federal University of Biology]. — 2020. — № 13(4). — P. 424-442. [in Russian]
6. Kudrjasheva A.A. Mediko-biologicheskie osobennosti natural'nykh pishhevyyh aminokislot [Medico-biological features of natural food amino acids] / A.A. Kudrjasheva, O.P. Presnjakova // Pishhevaja promyshlennost' [Food Industry]. — 2014. — № 3. — P. 68-73. [in Russian]
7. Lisicyn A.B. Ocenka kachestva belka s ispol'zovaniem komp'yuternykh tehnologij [Protein quality assessment using computer technology] / A.B. Lisicyn, M.A. Nikitina, E.B. Sus' // Pishhevaja promyshlennost' [Food industry]. — 2016. — № 1. — P. 26-29. [in Russian]
8. Mezenova O.Ja. Perspektivy poluchenija i ispol'zovanija proteinov iz vtorichnogo rybnogo syr'ja [Prospects for obtaining and using proteins from secondary fish raw materials] / O.Ja. Mezenova // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda [Bulletin of the International Academy of Cold]. — 2018. — № 1. — P. 5-10. [in Russian]
9. Nadtochij L.A. Innovacii v biotehnologii [Innovations in biotechnology] / L.A. Nadtochij, O.Ju. Orlova. — SPb.: ITMO University, 2015. — Pt. 2. Food combinatorics. — 37 p. [in Russian]
10. Titov I.N. Dozhdevye chervi kak vozobnovljaemyj istochnik polnocennogo zhivotnogo belka [Earthworms as a renewable source of high-grade animal protein] / I.N. Titov // Vermikompostirovanie i vermikul'tivirovanie kak osnova jekologicheskogo zemledelija v XXI veke: dostizheniya, problemy, perspektivy [Vermicomposting and vermiculture as the basis of organic farming in the XXI century: achievements, problems, prospects]. — Minsk. 2013. — P. 173-178. [in Russian]
11. Shadyeva L.A. Soderzhanie aminokislot v myshchah afrikanskogo klarievogo soma v mezhnerestovyy period [Content of amino acids in the muscles of African clarium catfish in the inter spawning period] / L.A. Shadyeva, E.M. Romanova, V.V. Romanov [et al.] // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy]. — 2020. — № 4 (52). — P. 161-166. [in Russian]
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition Report of an FAO Expert Consultation. — Rome: FAO, 2013. — 66 p.