

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ  
КОМБИКОРМОВ С КОНЦЕНТРАТОМ ГОРОХОВОГО  
БЕЛКА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ  
РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ В УСЛОВИЯХ УЗВ**

© 2026 г. **В.А. Толмачев** (spin: 2677-8354), **А.В. Жигин** (spin: 8580-7697),  
**М.В. Арнаутов** (spin: 9454-3050), **Р.В. Артемов** (spin: 1695-5420),  
**С.В. Биндюков** (spin: 5459-0085)

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», Россия, Москва, 105187  
E-mail: [tolmachev@vniro.ru](mailto:tolmachev@vniro.ru)

Поступила в редакцию 14.04.2026 г.

В работе исследовано влияние концентрата горохового белка на переваримость и усваиваемость питательных веществ комбикормов радужной форели при выращивании в условиях УЗВ. Установлено, что переваримость опытных комбикормов составляла более 92%, что говорит о их высокой биодоступности для радужной форели. Выявлено, что комбикорма, содержащие 12–18% концентрата горохового белка, обладали наилучшими показателями усваиваемости и затрат на обменные процессы среди всех исследуемых образцов, что указывает на большую эффективность использования их радужной форели. Увеличение содержания концентрата горохового белка в составе комбикормов вело к увеличению усваиваемости и снижению затрат на обменные процессы фосфора и золы, что является положительным фактором при использовании данных комбикормов в условиях УЗВ.

*Ключевые слова:* радужная форель, комбикорма, концентрат горохового белка, переваримость, усваиваемость, физиологическая оценка.

## ВВЕДЕНИЕ

Рыбоводство является одной из наиболее динамично растущих отраслей сельского хозяйства в Российской Федерации – за последние 10 лет уровень производства продукции аквакультуры фактически удвоился. Согласно стратегии развития отечественного рыбохозяйственного комплекса до 2030 г. запланировано наращивание производства продукции товарной аквакультуры до 618 тыс. т (Итоги деятельности..., 2025).

В основе достижения высоких показателей лежит интенсивное развитие товарного форелеводства, преимущественно в садковых условиях, перспективной технологией индустриального рыбоводства является также выращивание рыб с помощью установок замкнутого водоиспользования (УЗВ) (Жигин, Мак-

сименкова, 2020). Однако, данная технология предполагает использование специализированных экструдированных комбикормов, к которым предъявляются особые требования: высокая переваримость, минимизирующая количество выделяемых экскрементов; специфические структурно-механические свойства, обеспечивающие сформированную и стабильную консистенцию твердых отходов жизнедеятельности рыб, что необходимо для их эффективного удаления на этапе механической очистки воды и, соответственно, снижения нагрузки на систему биологической очистки; минимальное количество выделяемых растворенных продуктов обмена (Prakash et al., 2023).

Показатель переваримости отражает доступность комбикормов и питательных веществ, и, соответственно, объем выделяе-

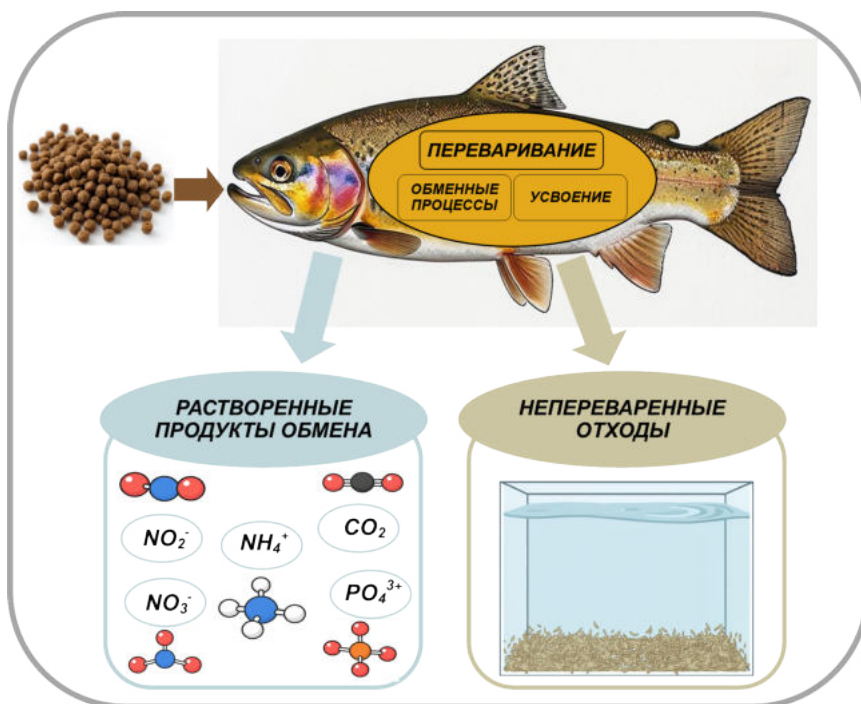


Рис. 1. Схема метаболических процессов в организме рыб.

мых твердых отходов. Переваренная часть кормов в организме рыб используется на ретенцию (усвоение) и поддержание обменных процессов, в результате которых происходит выделение продуктов жизнедеятельности в растворенном виде. Последние могут влиять на производительность биофильтра и качество оборотной воды (рис. 1) (Щербина, 2012; Meriac, 2014).

Компоненты растительного происхождения, в частности, продукты переработки гороха, представляют особый интерес для применения в комбикормах при выращивании рыбы в условиях УЗВ. Концентраты горохового белка, во-первых, содержат оптимальное количество сбалансированного по аминокислотному составу протеина (55–65%), что позволяет использовать их как частичную замену рыбной муки, во-вторых, уровень клетчатки (3–5%) и золы (5%) значительно ниже, чем в других растительных компонентах, в-третьих, углеводы, составляющие свыше 20%, из которых около 8% крахмала, способствуют хорошим связывающим свойствам, что положительно сказывается на

структурно-механических свойствах гранул при экструзии (Толмачев и др., 2024; Толмачев и др., 2026; Begashaw et al., 2025). Также, стоит отметить, что в России концентраты горохового белка производятся в промышленном масштабе с помощью экологически чистого метода, основанного на механическом разрушении матрицы: сухая очистка, сверхтонкий размол, разделение продукта в псевдооживленном слое по удельному весу на белковую и углеводную фракции (Полунина, 2025). Исследования по использованию гороховых протеиновых компонентов в комбикормах для радужной форели проводились преимущественно зарубежными учеными, работы которых подтверждают возможность достижения значимого рыбоводно-биологического эффекта (Zhang et al., 2012; Collins et al., 2012; Gai et al., 2022). Однако, комплексной оценки влияния комбикормов с включением концентратов горохового белка на метаболизм радужной форели при выращивании в условиях УЗВ не проводилось, что определяет актуальность данного исследования.

Целью работы являлась физиологическая оценка питательности комбикормов с концентратом горохового белка, используемых при выращивании радужной форели в условиях УЗВ.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования комбикормов с концентратом горохового белка проводились на радужной форели средней массой 185 г, содержащейся в 10 бассейнах объемом по 2 м<sup>3</sup>, оснащенных устройством для сбора экскрементов, с общей циркуляцией воды в условиях УЗВ. Водообмен в каждом бассейне составлял 1,3 объема в час. Испытания комбикормов проводили в двойной повторности – по 2 бассейна на каждый рецепт корма, суточные нормы кормления составляли в среднем 1,75% от ихтиомассы, корм раздавали вручную 5 раз в сутки. Отход рыб учитывали ежедневно. После эксперимента определяли относительный прирост, удельную скорость роста и затраты корма на прирост массы рыб (Щербина и др., 2006).

Экскременты собирали на 15, 30, 45 и 55 сут. после начала эксперимента в течение 12 ч после кормления, сушили при температуре не более 60°C и хранили в морозильной камере при -20°C.

Для реализации исследования были разработаны рецепты контрольного (КР-0) и экспериментальных комбикормов с различным содержанием (6, 12, 18%) концентрата горохового белка (КР-1, КР-2, КР-3), которые соответствовали физиологическим потребностям в нутриентах радужной форели (National Research Council et al., 2011). Комбикорма производили на полупромышленной линии *Amandus Kahl* (Германия) в научно-производственном отделе Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО». Для определения перспективности использования опытных комбикормов в качестве сопоставительного образца использовался промышленный отечественный комбикорм со схожим химическим составом (КР-4).

Характеристика (химический и аминокислотный состав) исследуемых комбикормов представлена в таблице 1.

Химический состав определяли стандартными методами по ГОСТ Р 54951-2012, ГОСТ 13496.4-2019, ГОСТ 31675-2012, ГОСТ 32933-2014, ГОСТ 32905-2014. Массовую долю фосфора находили по ГОСТ Р 51420-99 с помощью спектрофотометра *Shimadzu UV-1800* (Япония). Аминокислотный состав определяли по ГОСТ 32195-2013 на аминокислотном анализаторе *Aracus* (Германия); массовую долю триптофана устанавливали колориметрическим методом с применением парадиметиламинобензальдегида по ГОСТ 13496.21-2015.

Переваримость комбикормов и их нутриентов устанавливали с помощью инертного вещества (оксид хрома), который определяли в комбикормах и экскрементах фотометрическим методом с дифенилкарбазидом после растворения пробы в смеси серной и хлорной кислот (Щербина и др., 2006; Bureau, 2006; Mirzakhani et al., 2018).

Переваримость комбикормов определяли по формуле (Щербина, Гамыгин, 2006):

$$П_{\text{КР}} (\%) = 100 \times (1 - (\text{ИВ}_{\text{КР}} / \text{ИВ}_{\text{Ф}})), \text{ где: } (1)$$

$П_{\text{КР}}$  – переваримость комбикорма;

$\text{ИВ}_{\text{КР}}$  и  $\text{ИВ}_{\text{Ф}}$  – содержание инертного вещества (оксида хрома) в комбикорме и экскрементах в пересчете на сухое вещество.

Переваримость питательных веществ комбикормов (сырого протеина, сырого жира, фосфора, золы) и доступность аминокислот определяли по формуле (Щербина, Гамыгин, 2006):

$$П_{\text{НКР}} (\%) = 100 \times (1 - (\text{ИВ}_{\text{КР}} \times C_{\text{Ф}}) / (\text{ИВ}_{\text{Ф}} \times C_{\text{КР}})), \text{ где: } (2)$$

$П_{\text{НКР}}$  – переваримость нутриентов комбикорма;

$\text{ИВ}_{\text{КР}}$  и  $\text{ИВ}_{\text{Ф}}$  – содержание инертного вещества (оксида хрома) в комбикорме и фекалиях, д.е.;

Таблица 1. Состав комбикормов, %

Наименование показателя	Шифр образца				
	КР-0	КР-1	КР-2	КР-3	КР-4
Показатели питательности					
Сырой протеин	43,85±0,09	44,60±0,04	44,56±0,04	44,23±0,04	42,49±0,02
Сырой жир	23,20±0,07	23,57±0,03	23,14±0,05	23,36±0,06	23,78±0,06
Сырая зола	7,25±0,11	6,91±0,01	6,68±0,04	6,43±0,06	5,85±0,04
Сырая клетчатка	0,66±0,07	0,62±0,04	0,69±0,17	0,64±0,02	0,77±0,04
Фосфор	1,22±0,03	1,19±0,01	1,14±0,02	1,07±0,02	1,38±0,06
БЭВ	18,62±0,30	18,62±0,30	18,62±0,30	18,62±0,30	18,62±0,30
Влага	6,43±0,11	5,10±0,01	5,78±0,04	7,29±0,08	4,80±0,02
Аминокислотный состав					
Лизин	2,68±0,01	2,67±0,16	2,69±0,01	2,69±0,01	2,57±0,04
Аргинин	2,32±0,07	2,41±0,01	2,45±0,01	2,50±0,02	2,36±0,03
Гистидин	1,26±0,03	1,25±0,06	1,21±0,07	1,18±0,07	1,12±0,02
Валин	1,92±0,03	1,88±0,02	1,85±0,01	1,84±0,04	1,91±0,03
Лейцин	3,26±0,03	3,25±0,01	3,25±0,01	3,21±0,01	3,45±0,05
Изолейцин	1,44±0,06	1,45±0,03	1,45±0,01	1,45±0,04	1,67±0,02
Метионин	1,44±0,12	1,38±0,05	1,35±0,06	1,33±0,12	1,22±0,02
Цистин+цистеин	0,50±0,02	0,49±0,01	0,47±0,01	0,45±0,03	0,54±0,01
Треонин	1,61±0,05	1,60±0,02	1,59±0,04	1,57±0,01	1,61±0,02
Фенилаланин	1,90±0,06	1,93±0,06	1,94±0,08	1,93±0,09	2,02±0,03
Триптофан	0,5±0,01	0,48±0,01	0,46±0,01	0,43±0,00	0,38±0,01

$C_{\text{КР}}$  и  $C_{\text{Ф}}$  – содержание питательных веществ в комбикорме и фекалиях в пересчете на сухое вещество, д.е.

Для оценки процессов усвоения рыбами комбикормов и их отдельных питательных веществ (нутриентов) использовали коэффициент усваиваемости вещества ( $Y_{\text{Н}}$ ) (Щербина и др., 2006). Данный показатель определяли по формуле:

$$Y_{\text{Н}} (\%) = M_{\text{т}} \times C_{\text{т}} - M_{\text{о}} \times C_{\text{о}} / N_{\text{к}}, \text{ где: } (3)$$

$Y_{\text{Н}}$  – усваиваемость нутриентов комбикорма;

$M_{\text{о}}$  и  $M_{\text{т}}$  – средняя масса рыб в начале и конце эксперимента, г;

$C_{\text{о}}$  и  $C_{\text{т}}$  – содержание питательных веществ в теле рыб в начале и в конце эксперимента, д.е.;

$N_{\text{к}}$  – количество нутриентов, съеденных рыбой за рассматриваемый период, г.

Для оценки доли комбикормов и отдельных питательных веществ, используемых организмом рыбы в обменных процессах, применяли следующую формулу (Щербина и др., 2006):

$$K_{\text{Н}} (\%) = \Pi_{\text{НКР}} - Y_{\text{Н}}, \text{ где: } (4)$$

$K_{\text{Н}}$  – количество нутриента, пошедшего на обеспечение жизнедеятельности;

$\Pi_{\text{НКР}}$  – переваримость нутриента комбикорма;

$U_H$  – усваиваемость нутриента комбикорма.

Результаты представляли в виде средних значений и их ошибок ( $x \pm mx$ ). Статистически значимыми отличия исследованных показателей считались при  $p < 0,05$ . Обработку результатов проводили с помощью программы «Excel». Статистическую обработку данных осуществляли с помощью однофакторного дисперсионного анализа методом ANOVA в программе «StatSoft statistica 10».

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты выращивания радужной форели на исследуемых комбикормах показали, что при кормлении рыб комбикормом КР-1, содержащим 6% концентрата горохового белка, относительный прирост, удельная скорость роста и кормовые затраты были близки с контрольным образцом КР-0 и составляли 92,42–96,36%, 1,09–1,12%, 1,20–1,21% соответственно. Масса особей в этих группах в конце выращивания не имела статистически значимых различий ( $p > 0,05$ ). Однако, повышение содержания данного компонента до 12–18% в комбикормах КР-2 и КР-3 привело к увеличению относительного прироста и удельной скорости роста до 98,92–100,20% и 1,15 – 1,16% соответственно при снижении кормовых затрат до 1,13. Масса особей в этих группах в конце выращивания оказалась достоверно выше, чем в контрольном варианте и при использовании рецепта КР-1 ( $p < 0,05$ ). При использовании промышленного образца КР-4 наблюдались наибольшие показатели кормовых затрат – 1,26 (табл. 2).

Для комплексного исследования эффективности использования радужной форелью комбикормов и отдельных питательных веществ были проанализированы показатели переваримости, усвоения и обменных процессов (табл. 3 и рис. 2).

Полученные данные свидетельствуют, что переваримость опытных комбикормов КР-0 – КР-3 составляла 92,46–93,44%, а промышленного образца КР-4 – 90,11%, что гово-

рит о их высокой общей биодоступности для радужной форели.

Протеин всех исследуемых комбикормов так же обладал высокой биодоступностью, однако белок опытных комбикормов (КР-0 – КР-3) переваривался форелью на 2,35–3,33% лучше, чем у промышленного комбикорма (КР-4).

Переваримость жира во всех исследуемых комбикормах варьировала от 95,99 до 97,49%, что указывает на высокую доступность данного нутриента для радужной форели в проведенном опыте.

Переваримость фосфора и золы опытных комбикормов (КР-0 – КР-3) достоверно не отличалась ( $p \geq 0,05$ ) и составляла 71,38–74,65% и 70,36–70,71% соответственно. Переваримость фосфора в промышленном комбикорме (КР-4) составляла 71,87%, а золы – 62,47%.

Комбикорма КР-2 и КР-3 обладали наилучшей усваиваемостью (рис. 2а), которая варьировала от 27,52 до 27,80%, и часть, используемая на обменные процессы, была наименьшей (64,94–65,07%) среди всех образцов. КР-0 и КР-1 имели более низкие показатели усваиваемости (25,38–26,18%), что указывает на лучшую эффективность использования радужной форелью комбикормов, содержащих 12–18% концентрата горохового белка среди всех исследованных образцов. КР-4 усваивался на 23,43%, что хуже, чем остальные комбикорма.

Усваиваемость протеина (рис. 2б) была наибольшей в комбикормах КР-2 и КР-3 и варьировала от 33,25 до 33,47% при наименьшей доле, затраченной на обменные процессы (64,50–64,56%). В КР-0 и КР-1 данные показатели составляли 31,18–31,35% и 66,48–66,75% соответственно. В промышленном образце регистрировалась наименьшая усваиваемость белка (29,56%).

Наилучшая усваиваемость жира (рис. 2в) фиксировалась так же в КР-2 и КР-3 и составляла 32,64–32,86%, а часть, пошедшая на обменные процессы, варьировала от 63,98 до

**Таблица 2.** Рыбоводно-биологические показатели выращивания радужной форели на исследуемых комбикормах

Показатель	Экспериментальная группа				
	КР-0	КР-1	КР-2	КР-3	КР-4
Средняя начальная масса, г	183,64±1,34	190,42±1,41	186,69±1,60	183,64±1,77	184,96±1,25
Средняя конечная масса, г*	360,61±5,99 <i>a</i>	366,41±5,22 <i>a</i>	371,37±5,35 <i>б</i>	367,66±4,46 <i>б</i>	356,32±5,00 <i>в</i>
Абсолютный прирост, г	176,96	175,99	184,68	184,01	171,36
Относительный прирост, %	96,36	92,42	98,92	100,20	92,65
Удельная скорость роста, %	1,12	1,09	1,15	1,16	1,09
Кормовые затраты	1,20	1,21	1,13	1,13	1,26

\***Примечание:** разными буквами обозначена достоверная разность между группами, одинаковыми – недостоверная.

**Таблица 3.** Переваримость комбикормов и их нутриентов, %

Наименование	КР-0	КР-1	КР-2	КР-3	КР-4
Комбикорма	92,77±0,31	93,44±0,31	92,46±0,11	92,87±0,22	90,11±0,38
Протеина	97,83±0,13	97,93±0,22	97,81±0,08	98,01±0,09	96,05±0,32
Жира	97,24±0,37	97,49±0,25	96,62±0,57	97,29±0,54	95,99±0,67
Золы	70,40±0,66	70,71±0,47	70,11±0,27	70,36±0,73	62,47±1,91
Фосфора	73,76±1,17	74,65±1,51	71,38±1,07	72,87±0,61	71,87±1,09

64,43%. В КР-0 и КР-1 ретенция была хуже (30,54–31,10%), а доля, затраченная на обмен веществ, составляла 66,14–66,95%. В КР-4 выявлено наименьшее значение усвояемости – 28,44% и наибольший показатель части, участвующей в обменных процессах, – 67,35%, что может объясняться особенностями масложировой смеси, используемой в данном образце и более высоким содержанием БЭВ (табл. 2), которое могло привести к увеличению количества затрачиваемой энергии ввиду ограниченной способности радужной форели переваривать углеводные соединения, а также особенностями липидного профиля в данном образце (Nemre et al., 2002).

При исследовании метаболических показателей минеральной части (рис. 2 г, д) установлено, что усвояемость фосфора и золы уве-

личивалась с 37,44 и 27,90% в КР-0 до 44,22 и 31,74% в КР-3 при уменьшении частей, пошедших на обменные процессы, с 36,32 и 42,50% в КР-0 до 28,65 и 38,62% в КР-3. Это, предположительно, связано со снижением уровня фосфора и золы в комбикормах, содержащих концентрат горохового белка (табл. 1), что указывает на уменьшение нагрузки на систему биологической очистки, в связи со снижением количества выделяемых продуктов обмена, и является положительным качеством данных комбикормов при их применении в условиях УЗВ. Усвояемость золы промышленного комбикорма составляла 30,31%, что сопоставимо с опытными комбикормами, а усвояемость фосфора была ниже – 27,19%, что может объясняться избыточным уровнем данного нутриента в его составе – 1,38% (табл. 1).

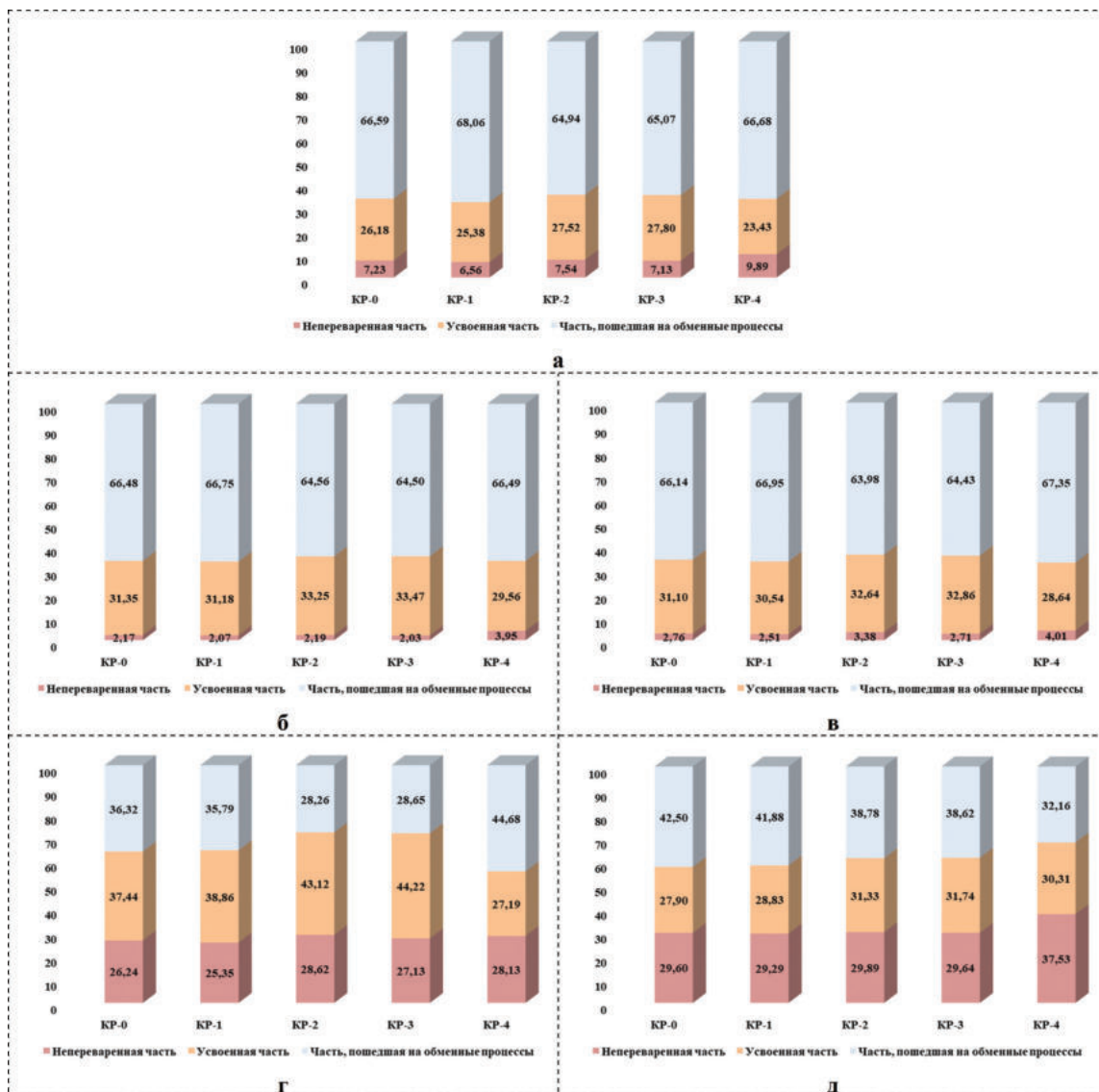


Рис. 2. Эффективность использования комбикормов (а) и питательных веществ радужной форелью: протеина (б); жира (в); фосфора (г); золы (д), %.

Данные по доступности и усвоению аминокислот представлены на рисунке 3.

Доступность всех аминокислот в опытных комбикормах составляла более 96%, а в промышленном образце КР-4 – более 92%, наибольшая разница наблюдалась по гистидину, треонину, триптофану, изолейцину, что связано с более низкой переваримостью протеина данного образца.

Тенденция усвоения аминокислот была идентична данным по ретенции белка, у КР-2 и КР-3 отмечалась более высокая усваиваемость гистидина, валина, лейцина, метионина,

цистина и цистеина, треонина и триптофана. Это можно объяснить немного пониженным уровнем данных аминокислот в составе комбикормов (табл. 1), обусловленная внесением 12–18% концентрата горохового белка.

При исследовании промышленного комбикорма выявлены пониженные результаты усваиваемости лизина, аргинина, валина, лейцина, изолейцина, цистина и цистеина, треонина, фенилаланина относительно всех опытных комбикормов, что может объясняться особенностями компонентного и аминокислотного составов данного образца.

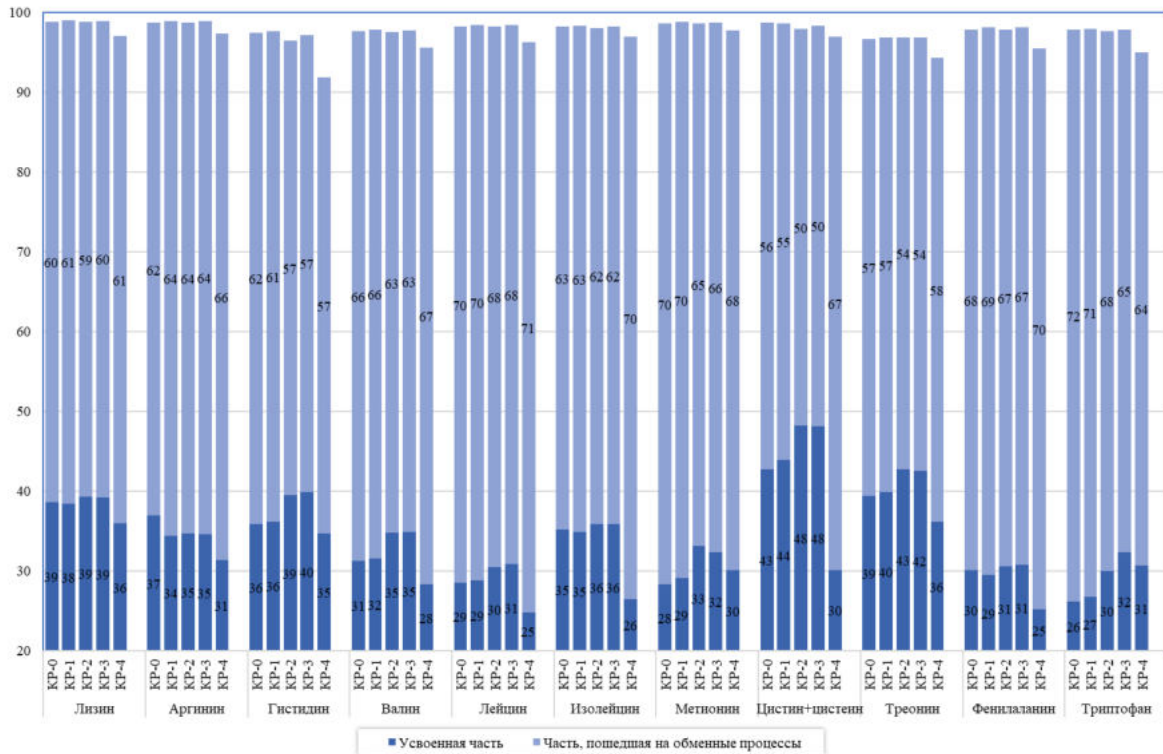


Рис. 3. Эффективность использования радужной форелью незаменимых аминокислот, %.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате физиологической оценки питательности комбикормов с различным содержанием концентрата горохового белка было выявлено, что наибольшей усвояемостью обладали образцы, содержащие 12–18% горохового компонента, что подтверждается рыбоводно-биологическими показателями и говорит о наилучшей эффективности их использования радужной форелью среди всех исследуемых комбикормов. При этом достоверных отличий переваримости опытных комбикормов зарегистрировано не было.

Увеличение содержания горохового компонента в комбикормах вело к увеличению усвояемости и уменьшению затрат на обменные процессы фосфора и золы, что является положительным фактором при выращивании рыбы в условиях УЗВ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2024 году и задачи на 2025 год

(Электронный ресурс). URL: [https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2025/04/sbornik\\_25.03.25.pdf](https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2025/04/sbornik_25.03.25.pdf)

Жигин А.В., Максименкова А.А. Опыт форелеводства в замкнутых системах // Новейшие генетические технологии для аквакультуры: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Электронное издание, Москва, 29–31 января 2020 года. Москва: Издательство «Перо», 2020. С. 185–193.

Полунина Н.Ю. Глубокая переработка гороха как перспективное направление развития отечественного АПК // Экономические и социальные проблемы России. 2025. № 2(62). С. 88–98.

Толмачев В.А., Арнаутков М.В., Усков Т.Н. и др. Перспективы использования горохового протеина в комбикормах для радужной // Рыболовственный комплекс России: 300 лет российской академической науке: II Международная научно-практическая конференция, Москва, 27–28 марта 2024 года. Москва: ВНИРО, 2024. С. 570–574.

Толмачев В.А., Арнаутов В.В., Гершунская В.В. и др. Переваримость питательных веществ растительных компонентов радужной форели при выращивании в УЗВ // Комбикорма. 2026. № 2. С. 46–51.

Щербина М.А. Основные направления и результаты физиологических исследований во ВНИИПРХе в период 1932–2012 гг. // Вопр. рыболовства. 2012. Т. 13. № 3(51). С. 467–502.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Москва: ВНИРО, 2006. 360 с.

Begashaw T., Storebakken T., Sørensen M. Pellet quality of krill meal and pea protein containing diets and their sinking velocity at different water temperature and salinity // J. World Aquaculture Society. 2025. Т. 56. №. 5. С. e70060.

Bureau D. Letter to the Editor of Aquaculture // Aquaculture. 2006. V. 252. Issues 2–4. P. 103–105.

Collins S.A., Desai A.R., Mansfield G.S. et al. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation // Aquaculture. 2012. V. 344–349. P. 90–99.

Gai F., Caruso G., Dabbou S. et al. Partial Replacement of Fish Meal with Three Different Protein Sources in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*: Response of Intestinal Digestive Enzymes // J. Vet. Med. Animal. Sci. 2022. V. 5 (1). P. 1104.

Hemre G.I., Mommsen T.P., Krogdahl Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes // Aquaculture nutrition. 2002. Т. 8. № 3. P. 175–194.

Meriac A. Dietary carbohydrates and denitrification in recirculating aquaculture systems: дис. Wageningen University and Research. 2014. 129 p.

Mirzakhani M.K., Kenari A.A., Motamedzadegan A. Prediction of apparent protein digestibility by in vitro pH-stat degree of protein hydrolysis with species-specific enzymes for Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt 1869) // Aquaculture. 2018. Т. 496. P. 73–78.

National Research Council et al. Nutrient requirements of fish and shrimp. National academies press. 2011. 376 p.

Prakash S., Maas R.M., Franssen P-M. M. M. et al. Effect of feed ingredients on nutrient digestibility, waste production and physical characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) faeces // Aquaculture. 2023. Т. 574. P. 739621.

Zhang Y., Øverland M., Sørensen M. et al. Optimal inclusion of lupin and pea protein concentrates in extruded diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Aquaculture. 2012. Т. 344. P. 100–113.

**PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE NUTRITIVE VALUE OF  
COMPOUND FEEDS CONTAINING PEA PROTEIN CONCENTRATE  
USED FOR REARING RAINBOW TROUT IN RAS CONDITIONS**

© 2026 г. V.A. Tolmachev, A.V. Zhigin, M.V. Arnautov,  
R.V. Artemov, S.V. Bindyukov

*State Scientific Center of the Russian Federation «VNIRO»,  
Russia, Moscow, 105187*

The study investigated the effect of pea protein concentrate on the digestibility and assimilability of nutrients in compound feeds for rainbow trout reared in RAS conditions. It was found that the digestibility of the experimental compound feeds exceeded 92%, indicating their high bioavailability for rainbow trout. It was revealed that compound feeds containing 12–18% pea protein concentrate exhibited the best parameters of nutrient assimilability and metabolic costs among all studied samples, indicating greater efficiency of their utilization by rainbow trout. An increase in the pea protein concentrate content in the compound feeds led to improved assimilability and reduced metabolic costs for phosphorus and ash, which is a positive factor when using these feeds in RAS conditions.

*Keywords:* compound feeds, rainbow trout, pea protein concentrate, digestibility, assimilability, physiological assessment.