

**Ж. В. Кошак<sup>1</sup>, Е. Е. Рыбкина<sup>1</sup>, И. М. Рыбаков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ООО «А-Соль», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ НА ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПРОТЕИНА И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ФОРЕЛИ**

**Аннотация.** В статье изучено влияние внесения в состав комбикорма шунгита и трепела на коэффициент видимой переваримости протеина форелью. Установлено, что самый высокий коэффициент видимой переваримости сырого протеина (86,7 %) отмечен при кормлении форели комбикормом с 1,0 % шунгита в его составе. Изучено влияние шунгита и трепела на структурно-механические свойства комбикорма, а именно на насыпную плотность, разбухаемость и твердость гранул. Внесение трепела в количестве 2,0 % приводит к увеличению насыпной плотности и разбухаемости комбикорма по сравнению с контрольным вариантом на 10,8 % и 41,6 % соответственно. Установлено, что насыпная плотность и разбухаемость комбикормов при внесении шунгита в дозировке 0,8 и 1,0 % увеличивает насыпную плотность на 5,1 % в сравнении с контрольным вариантом и практически не влияет на разбухаемость.

Изучено влияние ввода трепела и шунгита на твердость получаемых гранул при одинаковых режимах производства комбикорма. Установлено, что при внесении трепела в состав комбикорма увеличивается его твердость более чем в 2 раза в сравнении с контрольным вариантом. При вводе шунгита в комбикорм твердость гранулы находится на уровне с контрольным вариантом.

**Ключевые слова:** шунгит, трепел, форель, насыпная плотность, разбухаемость, твердость, комбикорм.

**Zh. V. Koshak<sup>1</sup>, E. E. Rybkina<sup>1</sup>, I. M. Ribakov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>RUE "Institute for Fish Industry", Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>A-Sol LLC, St. Petersburg, Russian Federation

## **INFLUENCE OF MINERAL RAW MATERIALS ON PROTEIN DIGESTIBILITY AND STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOUND FEED FOR TROUT**

**Annotation.** In the article, the influence of the introduction of shungite and tripolite into the compound feed composition on the coefficient of visible protein digestibility by trout was studied. It was found that the highest coefficient of apparent digestibility of crude protein was noted when feeding trout with compound feed with 1.0% shungite in its composition, which amounted to 86.7%. The influence of shungite and tripoli on the structural and mechanical properties of mixed fodder, namely on the bulk density, swelling and hardness of the granules, has been studied. The introduction of tripoli in the amount of 2.0% leads to an increase in the bulk density and swelling of the feed compared to the control variant by 10.8% and 41.6%, respectively. It has been established that the bulk density and swelling of mixed fodder when shungite is applied at a dosage of 0.8 and 1.0% increases the bulk density by 5.1% compared to the control variant. The influence of the introduction of tripoli and shungite on the hardness of the obtained granules was studied under the same conditions for the production of compound feed. It has been established that with the introduction of tripoli into the compound feed, its hardness increases by more than 2 times in comparison with the control variant. When shungite is introduced into mixed fodder, the hardness of the granule is at the level with the control variant.

**Keywords:** shungite, tripoli, trout, bulk density, swelling, hardness, mixed fodder.

**Введение.** До 90 % всего объема выращивания ценных видов рыб составляет форель, остальное — это осетр и сом. В настоящее время производством ценных видов рыб в Беларуси занимаются несколько предприятий, крупнейшими из которых является КПУП «Форелевое хозяйство «Лохва» и ОАО «Альба». Одним из крупнейших промышленных комплексов по производству рыбопосадочного материала лососевых видов рыб является КПУП «Форелевое хозяйство «Лохва» [1].

В настоящее время особенно актуальна проблема организации кормления и выращивания ценных видов рыб. При этом одним из наиболее важных моментов в решении задачи остается разработка новых физиологически полноценных, сбалансированных по составу комбикормов, способствующих повышению эффективности выращивания молоди и товарной рыбы в промышленных условиях. Из опытов с другими видами животных известно, что физическое состояние отдельных ингредиентов рациона зачастую определяет степень переваримости корма в целом. Поэтому для обеспечения высокой рыбопродуктивности и экономического расхода комбикормов при выращивании рыбы в разных условиях содержания, необходимо знать ее потребности в протеине, жире, энергии, витаминах, макро- и микроэлементах.

Основной задачей при разработке новых рецептов комбикормов как стартовых, так и продукционных, является совершенствование их состава с использованием нового эффективного сырья [2].

Сейчас на рынке появляются новые кормовые компоненты различного происхождения. Изучение нового кормового сырья позволяет решить проблему выпуска новых эффективных стартовых и продукционных комбикормов для ценных видов рыб, организовать выращивание молоди и товарной рыбы на интенсивной основе.

Рациональное кормление рыб должно удовлетворять их потребности как в органических, так и в минеральных веществах, так как только в этих условиях могут быть обеспечены нормальный рост и развитие организма. Минеральные вещества выполняют структурную функцию, входя в состав опорных элементов скелета и клеточных оболочек всех тканей. В составе различных соединений они участвуют в процессах переваривания и всасывания, синтеза и распада, обеззараживания ядовитых веществ и выделения. Находясь в составе биологически активных соединений (ферментов, витаминов, гормонов), минеральные вещества могут в значительной степени активизировать или тормозить обмен веществ.

Из микроэлементов крайне низкой концентрацией в природных пресных водах отличаются йод, кобальт, селен, поэтому особенно важно контролировать их присутствие в комбикорме. С другой стороны, ряд тяжелых металлов — железо, магний, цинк, марганец — находятся часто в избытке из-за антропогенного загрязнения водоемов. Это обычно не учитывается при расчете содержания минеральных веществ в комбикормах [3].

В настоящее время многими учеными мира ведется интенсивная многосторонняя работа по изучению минерального обмена у рыб. Установлено, что кальций, фосфор, кобальт и хлор активно поглощаются из воды [4]. Ионы фосфора, хлорида и сульфата могут поглощаться из воды, но более эффективно усваиваются из пищи. Магний, стронций, барий, медь, цинк подавляют усвоение кальция [5]. Лучшие результаты по выращиванию рыб получены при введении в корм комплекса микроэлементов (кобальта, цинка, марганца и меди) [6]. Английские исследователи занимались изучением воздействия различных доз магния на физиологическое состояние почек и печени форели. В результате опытов рекомендовано введение 0,5 г магния на 1 кг корма [7]. Опыты, проведенные японскими учеными [8], показали, что содержание минеральных веществ в рыбной муке недостаточно для нормального роста форели. Потребности форели в марганце и цинке составляют 13 мкг/г и 15–30 мкг/г корма соответственно. Хотя рыбная мука и содержит данные элементы в количестве 5–9 мкг/г и 30–42 мкг/г, она не удовлетворяет потребности рыб в микроэлементах из-за низкой усвояемости этих веществ.

Интерес для изучения возможности использования в качестве источника микро- и макроэлементов в составе комбикорма для рыб представляют шунгитовые породы, которые образуют большую разнообразную группу углеродосодержащих вулканогенно-осадочных и осадочных докембрийских пород Карелии, выявленных главным образом в Онежской структуре на площади в несколько тысяч квадратных метров. Прогнозные ресурсы шунгитовых пород составляют более 1 млрд. тонн.

Установлено многообразное влияние шунгитовых пород на воду. В процессе водоочистки они могут выступать в роли фильтрующего материала, сорбента, катализатора окислительно-восстановительных процессов и биологического обеззараживания.

За последние годы сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского ветеринарного института птицеводства и Петрозаводским государственным университетом проведены исследования по использованию шунгита в комбикормах для кур-несушек.

Применение в полнорационных комбикормах для кур-несушек шунгита повышает сохранность поголовья и яйценоскость, улучшает конверсию корма и использование питательных веществ, снижает затраты корма на единицу продукции [9].

Кроме того, проведены исследования применения в кормах для форели карельского шунгита. Выяснилось, что шунгит продлевает срок хранения комбикормов [10].

На территории Беларуси разработано месторождение трепела «Стальное» (Хотимский район Могилевской области)[11]. Трепел — рыхлая или слабо сцементированная, очень легкая, тонкопористая опаловая осадочная порода, в состав которой входит аморфный кремнезем (45–65%) и глинистая часть, представленная монтмориллонитом (35–55%). Содержит комплекс макро- и микроэлементов (кальций, фосфор, натрий, калий, железо, марганец, селен и др.) В сухом состоянии имеет светло серый цвет, без запаха.

Благодаря высокому содержанию кальция трепел этого месторождения относится к известковому типу с достаточно равномерным распределением кремниевой, глинистой и карбонатной составляющих и широким распространением цеолитов (до 25 %), тонко рассеянных в матрице. Трепел характеризуется отличными адсорбирующими свойствами, которые обусловлены большой удельной поверхностью и ионно-обменными свойствами, а также высокой пористостью. Обладая большой активной поверхностью в желудочно-кишечном тракте, трепел должен селективно адсорбировать углекислый газ, аммиак, метан, сероводород, углеводороды, воду, фенолы, экзо- и эндотоксины, тяжелые металлы, радионуклиды, гнилостные микроорганизмы и т.д.

В Республике Беларусь проводились исследования по использованию трепела в рационах сельскохозяйственных животных — молодняка крупного рогатого скота, свиней и птицы. Они показали, что ввод его в корм способствует приросту массы на 8–10 %, улучшает переваримость корма, гематологические показатели, повышает резистентность организма животных [12].

Проводились исследования применения минеральной добавки трепел в рационе сеголетков карпа. Полученные результаты показали, что она, в первую очередь, положительно влияет на обменные процессы, происходящие в организме рыбы. Способствует более полному усвоению корма, увеличивает темп роста рыбы, ее выживаемость и жизнестойкость, благоприятствует более экономичному расходованию резервных веществ во время зимовки [13].

Комбикорма для аквакультуры в Республике Беларусь производятся для ценных видов рыб посредством обработки в экструдере с целью придания продукту необходимых физических свойств. Плавающие, тонущие свойства корма, впитывание им жира являются важными характеристиками, которые влияют на питательные и экологические аспекты корма. Корм, который не сразу поедается рыбами, должен быть стабилен для сохранения качества воды. Плаучесть корма специфична для каждого вида рыб и влияет на эффективность его использования. При этом на плаучесть гранул влияет насыпная плотность корма (табл. 1). В свою очередь на эти важные для продукта свойства оказывают влияние компоненты рецептуры и процессы производства комбикорма. Форель — это рыба, для которой необходим медленно тонущий корм. Гранулы должны быть водостойкими, выдерживать условия перевозки и воздействие рабочих органов автоматических устройств для кормления. Также следует отметить, что рыба не потребляет крошкообразную фракцию в процессе кормления [14].

Таблица 1. Зависимость насыпной плотности корма от плавающих или тонущих свойств  
Table 1. Dependence of the bulk density of feed on floating or sinking properties

Характеристика корма	Насыпная плотность при температуре воды 20 °С	
	Морская вода соленостью 3 ‰	Пресная вода
Быстро тонущие	>640 г/л	>600 г/л
Медленно тонущие	580–600 г/л	540–560 г/л
Нейтрально плавающие	520–540 г/л	480–500 г/л
Плавающие	<480 г/л	<440 г/л

На данный момент физико-механические свойства отечественного комбикорма для ценных видов рыб не всегда отвечают современным требованиям, что приводит к более высоким затратам кормов на килограмм прироста живой массы, к загрязнению окружающей среды и повышенным непроизводительным затратам кормов. Это одна из причин, почему рыбководы закупают дорогостоящие импортные корма западных компаний [15].



Поэтому актуальна разработка рецептов отечественных комбикормов для форели и технологии производства, которая обеспечит стабильное качество комбикорма и его структурно-механических свойств не зависимо от состава [16, 17].

Целью исследований является изучение влияния шунгита и трепела на перевариваемость протеина в составе комбикорма радужной форелью и влияние дозировок шунгита и трепела на структурно-механические свойства гранул комбикорма.

**Результаты исследований и обсуждения.** Для исследований было разработано 6 вариантов рецептур комбикормов, в состав которых вошли рыбная мука, соя полножирная экструдированная, молоко сухое обезжиренное, кукурузный глютен, мука гороховая, пищевой черный альбумин, рыбий жир, масло соевое, дрожжи кормовые, мука мясокостная, пшеница, добавка-фитогеник «Сагарва», шунгит, трепел, кормовая добавка «СинерджиСорбДетокс-мик», которая работает как закрепитель гранул, так и как адсорбент микотоксинов и премикс. Содержание шунгита в трех разработанных вариантах кормов составляло 0,5%, 0,8% и 1,0%, а трепела в трех других вариантах вносилось в комбикорма в количестве 2%, 2,5 и 3,0%. Контрольный комбикорм содержал те же компоненты за исключением шунгита и трепела. Дозировки трепела подобраны исходя из результатов ранее проведенных исследований по разработке кормов для карпа на базе лаборатории РУП «Институт рыбного хозяйства», дозировки шунгита определены на основе рекомендаций производителя добавки.

На линии по производству комбикормов РУП «Институт рыбного хозяйства» были изготовлены опытные партии экструдированных комбикормов по приведенному выше составу. Опытные комбикорма в среднем содержали не менее 42,0% сырого протеина и не менее 20,0% сырого жира, содержание сырой клетчатки при этом составляло не более 2,5%. По всем показателям качества изготовленные комбикорма соответствовали физиологическим особенностям форели и требованиям ГОСТ 10385-2014 на комбикорма производственные для форели.

В разработанных комбикормах было определено содержание макро- и микроэлементов. Результаты представлены в табл. 2–3.

Таблица 2. Содержание макро- и микроэлементов в комбикормах для радужной форели при использовании трепела в их составе  
Table 2. The content of macro- and microelements in compound feeds for rainbow trout using tripoli in their composition

Дозировка, %	Макроэлементы, мг/100 г			
	K	Na	Ca	Mg
0,0 (контроль)	624,22	738,97	2112,59	100,22
2,0	627,83	803,69	2257,65	139,03
2,5	680,47	902,24	2279,64	221,11
3,0	730,32	896,80	2393,43	137,76
	Микроэлементы, мг/100 г			
	Cu	Zn	Mn	Fe
0,0 (контроль)	0,908	1,574	1,090	27,150
2,0	0,983	4,378	1,245	27,473
2,5	1,258	5,528	1,388	34,761
3,0	1,688	9,642	1,554	48,430

Анализируя данные табл. 2, видим, что с ростом дозировки трепела содержание всех макро- и микроэлементов в составе комбикормов увеличивается, особенно цинка, так его содержание при дозировке 3,0% по сравнению с контролем увеличивается в 6 раз.

Цинк оказывает влияние на рост рыб, развитие, размножение и принимает активное участие в образовании костей, кроветворении. Дефицит цинка у рыб проявляется в плохом росте, потере аппетита, повышенной смертности. Для радужной форели помимо этих общих признаков характерны катаракта, эрозия плавников, укорочение тела [18]. Потребности в пищевом цинке колеблются в среднем в пределах 15–40 мг/кг комбикорма. Доступность цинка из корма колеблется, по данным Н.Т. Сергеевой [19], в широких пределах 22–72%. Интенсивность поглощения цинка из разных источников может быть неодинаковой из-за антагонизма с другими микроэлементами. Так же, как и марганец, цинк плохо усваивается из некоторых видов рыбной муки, особенно из белой муки, содержащей много костей, что связывают с присутствием в ней большого количества кальция и фосфора. Отрицательное действие на доступность цинка оказывает и фитиновая кислота растительных компонентов, которая образует малодоступные минеральные комплексы.



Аналогичная ситуация и при использовании шунгита в составе комбикормов для радужной форели (табл. 3). При дозировке шунгита 1,0% содержание цинка выше в 5,3 раза по сравнению с контролем.

Увеличение содержания других макро- и микроэлементов происходит в меньшем количестве и в пределах потребности радужной форели в этих элементах.

Таблица 3. Содержание макро- и микроэлементов в комбикормах для радужной форели при использовании шунгита в их составе

Table 3. The content of macro and microelements in compound feeds for rainbow trout using shungite in their composition

Дозировка, %	Макроэлементы, мг/100 г			
	К	Na	Ca	Mg
0,0 (контроль)	624,22	738,97	2112,59	100,22
0,5	636,09	886,03	2340,68	142,25
0,8	709,98	885,82	2370,45	172,47
1,0	774,93	959,87	2616,33	174,42
	Микроэлементы, мг/100 г			
	Cu	Zn	Mn	Fe
0,0 (контроль)	0,908	1,574	1,090	27,150
0,5	1,498	2,962	1,289	21,318
0,8	1,650	5,541	1,416	23,248
1,0	1,889	8,282	1,520	34,697

После изучения химического состава комбикормов был определен коэффициент видимой переваримости сырого протеина опытных комбикормов по методике Шербины М. А. [20, 21, 22]. Для определения переваримости через сутки после голода рыбе давали однократно суточную дозу корма. Через 30 минут остатки корма убирали, высушивали и взвешивали. Разница между заданной суточной дозой корма и ее остатками составляло количество корма, съеденного рыбой. Через 14 часов извлекали содержимое из 1/3 заднего отдела кишечника. Условно их принимали за экскременты. Экскременты от рыб из одного аквариума объединяли в одну пробу.

Расчет коэффициента видимой переваримости сырого протеина комбикормов вели по формуле:

$$K_{\text{вп}} = \frac{P_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}} - P_{\text{э}} \cdot C_{\text{э}}}{P_{\text{к}} \cdot C_{\text{к}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $P_{\text{к}}$  и  $P_{\text{э}}$  — содержание питательного вещества в корме и экскрементах, %;  $C_{\text{к}}$  и  $C_{\text{э}}$  — количество съеденного корма и выделенных экскрементов, г.

Опытные группы рыб содержались в аквариумах объемом по 250 литров каждый. В течение эксперимента проводили контроль за температурным режимом и содержанием растворенного в воде кислорода. Средняя температура воды в течение опыта для форели составляла  $12,5 \pm 1,3^\circ\text{C}$ . Содержание растворенного в воде кислорода не опускалось ниже 8 мг  $\text{O}_2/\text{л}$ , что считается хорошим показателем для выращивания форели и осетра [23, 24].

Пользуясь формулой (1), был рассчитан коэффициент видимой переваримости сырого протеина комбикормов (табл. 4).

Таблица 4. Переваримость сырого протеина комбикормов

Table 4. Digestibility of crude protein of mixed fodders

Компонент	Дозировка, %	Протеин, %		
		$P_{\text{к}}$	$P_{\text{э}}$	$K_{\text{вп}}$
Трепел	2,0 %	39,70	23,84	80,2
Трепел	2,5 %	39,20	26,07	78,7
Трепел	3,0 %	41,70	27,75	79,9
Шунгит	0,5 %	39,89	25,07	75,9
Шунгит	0,8 %	43,00	23,26	78,7
Шунгит	1,0 %	40,03	63,77	<b>86,7</b>
Контроль		43,88	47,52	80,3

Как показывает анализ полученных результатов, самый высокий коэффициент видимой переваримости сырого протеина отмечен при кормлении форели комбикормом с внесением в его состав 1,0 % шунгита, коэффициент видимой переваримости при этом составил 86,7 %. Это выше на 7,4 % по отношению к контролю. Внесение трепела приводит к снижению коэффициента видимой переваримости протеина по сравнению с контролем.

Для изучения влияния ввода шунгита и трепела на структурно-механические свойства комбикорма были определены следующие показатели: насыпная плотность, разбухаемость и твердость.

На основании полученных данных построена диаграмма изменения значений насыпной плотности и разбухаемости комбикорма в зависимости от процента ввода трепела в состав комбикорма (рис. 1).

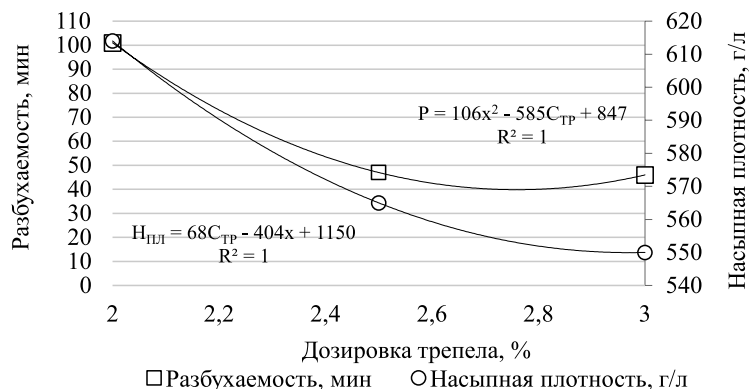


Рис. 1. Диаграмма изменения значений насыпной плотности и разбухаемости комбикорма в зависимости от процента ввода трепела

Fig. 1. Diagram of the change in the values of the structural and mechanical properties of the feed, depending on the percentage of tripoli input

Анализ диаграммы на рис. 1, показал, что с увеличением количества трепела в комбикорме снижается его насыпная плотность и разбухаемость по полиномиальному закону. Внесение трепела в количестве 2,0 % приводит к увеличению насыпной плотности и разбухаемости комбикорма по сравнению с контрольным вариантом на 10,8% и 41,6% соответственно. Насыпная плотность контрольного комбикорма составила 554 г/л, а разбухаемость 59 минут. Оптимальные значения структурно-механических свойств комбикорма получены при дозировке трепела в составе комбикорма в количестве 2,0 %.

На рис. 2 представлена диаграмма изменения значений насыпной плотности и разбухаемости комбикорма в зависимости от дозировки шунгита.

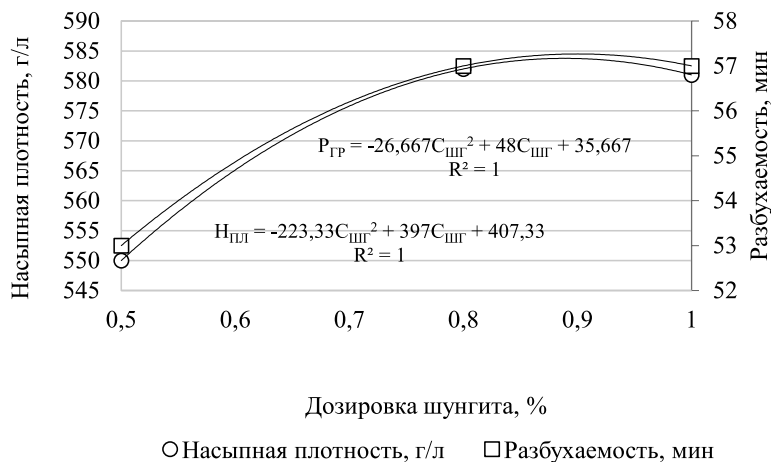
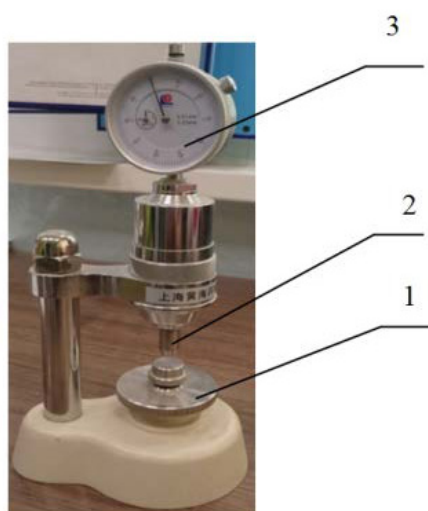


Рис. 2. Диаграмма изменения значений насыпной плотности и разбухаемости комбикорма в зависимости от процента ввода шунгита

Fig. 2. Diagram of changes in the values of the structural and mechanical properties of feed, depending on the percentage of input of shungite

Графики на диаграмме на рис. 2 показывают, что с увеличением количества шунгита в комбикорме плавно увеличивается его разбухаемость и насыпная плотность. Установлено, что насыпная плотность и разбухаемость комбикормов при дозировках шунгита 0,8 и 1,0 % находятся на одном уровне. Внесение в состав комбикорма шунгита в количестве 0,8 % увеличивает насыпную плотность на 5,1 % в сравнении с контрольным вариантом.

Далее определяли влияние дозировки трепела и шунгита на твердость получаемых гранул при одинаковых режимах производства комбикорма. Анализировали лучшие по насыпной плотности и разбухаемости образцы, а также контроль. Данные образцы комбикорма получены при следующих технологических режимах производства: температура влаготепловой обработки  $75^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ , влажность рассыпного комбикорма после влаготепловой обработки  $28\pm 0,2\%$ , температура экструдирования  $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Твердость гранул определяли при помощи лабораторного твердомера, методом разрушения гранул, внешний вид которого представлен на рис. 3.



1 — поворотный столик для гранул комбикорма, 2 — металлический разрушающий стержень, 3 — динамометр сжатия

Рис. 3. Твердомер для измерения твердости гранул разрушением  
Fig. 3. Hardness tester for measuring the hardness of granules by destruction

Результаты по определению твердости гранул представлены в табл. 5.

Таблица 5. Твердость гранул производственного комбикорма для форели  
Table 5. Hardness of trout production feed pellets

Образец	Твердость гранул, Н
Комбикорм с содержанием шунгита 1,0 %	$33,81\pm 0,98$
Комбикорм с содержанием шунгита трепела 2,0 %	$76,93\pm 0,98$
Контроль	$31,85 \pm 0,98$

Анализ данных табл. 5 показал, что при внесении трепела в состав комбикорма увеличивается его твердость более чем в 2 раза в сравнении с контрольным вариантом. При добавлении шунгита в комбикорм твердость гранулы находится на уровне с контрольным вариантом.

**Заключение.** В результате проведенных исследований было изучено содержание макро- и микроэлементов при различных дозировках трепела и шунгита в составе комбикормов для радужной форели. Установлено, что увеличение дозировок трепела и шунгита увеличивает содержание макро- и микроэлементов в составе комбикорма, отмечено значительное повышение содержания цинка при использовании данных добавок в составе комбикормов для радужной форели.

Изучено влияние дозировок шунгита и трепела на коэффициент видимой переваримости протеина комбикормов для радужной форели. Установлено, что самый высокий коэффициент видимой переваримости сырого протеина отмечен при кормлении форели комбикормом



с внесением 1,0 % шунгита, который составил 86,7 %. Это выше на 7,4 % по отношению к контролю и на 6,5 % по отношению к трепелу в дозировке 2,0 %.

Изучено влияние внесения шунгита и трепела на насыпную плотность и разбухаемость гранул. На основании полученных данных построены диаграммы изменения значений насыпной плотности и разбухаемости комбикорма в зависимости от дозировки трепела и шунгита. Добавление трепела в количестве 2,0 % приводит к увеличению насыпной плотности и разбухаемости комбикорма, по сравнению с контрольным вариантом, на 10,8 % и 41,6 % соответственно. Установлено, что комбикорм, содержащий 0,8 % шунгита в своем составе, увеличивает насыпную плотность на 5,1 % в сравнении с контрольным вариантом.

Изучено влияние внесения трепела и шунгита на твердость получаемых гранул при одинаковых режимах производства комбикорма. При дозировке трепела 2,0 % увеличивается твердость гранул более чем в 2 раза в сравнении с контрольным вариантом, а при дозировке шунгита в количестве 1,0 % твердость находится на уровне контрольного комбикорма.

По результатам исследований можно заключить, что для улучшения структурно-механических свойств гранул комбикорма в составе рецептур лучше использовать трепел в количестве 2,0 %, а для повышения видимой переваримости протеина комбикорма шунгит в количестве 1,0 %.

### Список использованных источников

1. Агеец, В.Ю. Современное состояние и перспективы развития комбикормов для пресноводных рыб / В.Ю. Агеец, Ж.В. Кошак // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч.тр. / под общ. ред. В.Ю. Агееца. — Минск, 2016.— Вып. 32. — С. 75–86.
2. Лапицкая, Л.Н. Питание и пищевые взаимоотношения молоди рыб / Л.Н. Лапицкая // Изв. ВНИОРХ. — Т. XLV, 1988.
3. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов: в 2 т. / под ред. В.А. Афанасьева. — Воронеж, 2008. — Т. 1. — 196 с.
4. Мирзоева, Л.М. Производство и использование кормов для лососевых в Норвегии / Л.М. Мирзоева // Инф.пакет «Аквакультура». Корма и кормление рыб.- М.:ЦНИИТЭИРХ, 1995. — Вып. 1. — С.7–12.
5. Frensel, E. Untersuchungen über den Mineralstoff-Bedarf von Regenbogen-Forellen (Salmogairdneri, R.) / E. Frensel, E. Pfeffer // Arch. Tierernähr. — 1982. — 32, №1. — С.1–8.
6. Цирульская, З.И. Включение в корма микроэлементов для улучшения роста / З.И. Цирульская, В.Д. Люкшина // Сб. науч. тр. НИИ оз. и реч. рыб. х-ва. — Л., 1981. — №176. — С. 151–154.
7. Абросимова, Н.А. Потребность молоди осетровых в некоторых макроэлементах и витаминах / Н.А. Абросимова // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Пробл. иперсп. Разваккульт. В России». — Краснодар, 2001. — С.131–132.
8. Запорожец, Г.В. Влияние добавок кобальта и марганца в корма на некоторые биологические показатели искусственно выращиваемой молоди тихоокеанских лососей / Г.В. Запорожец // Корма и методы кормления марикультуры. — 1988. — С.145–152.
9. Фисинин, В. Шунгит в рационе кур-несушек / В. Фисинин, И. Егоров, Т. Егорова, А. Шевяков, А. Болгов, Н. Лери // Комбикорма. — 2016. — №2. — С. 64–66.
10. В Петрозаводске разрабатывают рецептуру отечественного комбикорма для форели [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/novosti-podvedomstvennykh-uchrezhdeniy/53866/>. — Дата доступа: 29.04.2023.
11. Голушко, В.М. Трепел месторождения «Стальное» Хотимского района Могилевской области в кормлении сельскохозяйственных животных / В.М. Голушко А.И. Козинец, С.А. Линкевич [и др.] — РУП «Научнопрактический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Жодино, 2013. — 12 с.
12. Трепел месторождения «Стальное» Хотимского района Могилевской области в кормлении молодняка крупного рогатого скота [Текст] / В.М. Голушко, А.И. Козинец, С.А. Линкевич, М.А. Надаринская, О.Г. Голушко, Т.Г. Козинец, А.В. Голушко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук.— 2013. — №3. — С. 94 — 100.
13. Орлов, И. А. О перспективах использования трепела в рыбном хозяйстве / И. А. Орлов, Н. Н. Гадлевская // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей III Международной научно-практической конференции, Минск, 23-24 марта 2017 г. — Минск: БГАТУ, 2017. — С. 321–323.
14. Вик, Г. Управление плавучестью кормов для аквакультуры / Г. Вик, Д. Кернс, Е. Булах // Комбикорма. — 2016. — №3. — С. 30–33.
15. 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.

16. *Скляр, В. Я.* Корма и кормление рыб в аквакультуре / В.Я. Скляр. — М.: ВНИРО, 2008. — 150 с.
17. *Васильева, Л. М.* Кормление осетровых рыб в индустриальной аквакультуре / Л.М. Васильева, С.В. Пономарев, Н.В. Судакова // Астрахань: ИПК «Волга», 2000. — 24 с.
18. Steffens, W. Grundlagen der Fischernahrung. VEB Gustav Fischer Verlag / W SteffensБ Jena, 1985. 226 s.
19. *Сергеева, Н.Т.* К вопросу о минеральном составе корма РГМ-5В для форели, выращиваемой в установке с замкнутым водоснабжением // Вопросы физиологии и биохимии питания рыб: Сб. науч. тр. М.: ВНИИПРХ, 1987. — Вып. 52. — С. 18–28.
20. *Щербина, М.А.* Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа / М. А. Щербина. — М.: Пищевая промышленность. — 1973. — 130 с.
21. *Щербина, М.А.* Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин / М.А. Щербина, Е.А. Гамыгин. — М.: Издательство ВНИРО. — 2006. — С. 300–305.
22. *Щербина, М. А.* Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А.Щербина, Е. А. Гамыгин. — Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2015. — 292 с.
23. *Титарев, Е. Ф.* Состояние и научно-технический уровень форелеводства / Е.Ф. Титарев // Избранные труды ВНИИПРХ. — 2002.— Т. III. — С.142–147.
24. *Пономарев, С. В.* Биологические основы разведения осетровых и лососевых рыб на интенсивной основе / С. В. Пономарев, Е. Н. Пономарева. — Астрахань: АГТУ, 2003. — 255 С.

#### Информация об авторах

*Кошак Жанна Викторовна*, кандидат технических наук, доцент, заведующая лабораторией кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» (ул. Стебенева, 22, 220024 г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: Koshak.zn@gmail.com

*Рыбкина Евгения Евгеньевна*, научный сотрудник лаборатории кормов РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь).

E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

*Рыбаков Игорь Мэлсович*, советник компании «А-Соль», (Аптекарьская набережная, д. 20, лит. А г. Санкт-Петербург, Российская Федерация).

E-mail: i.rybakov57@gmail.com

#### Information about authors

*Koshak Zhanna Viktorovna*, PhD (Engineering), associate professor, head of the feed laboratory of the RUE “Fish Industry Institute” (22 Stebeneva St., 220024 Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: Koshak.zn@gmail.com

*Rybkin Evgeniya Evgenievna*, Researcher, Feed Laboratory, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (22 Stebeneva St., 220024 Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: evgesha.rybkina.97@mail.ru

*Ribakov Igor Melsovich*, adviser to the company “A-Sol”, (20, lit. A, Aptekarskaya embankment, St. Petersburg, Russian Federation).

E-mail: i.rybakov57@gmail.com