

УДК 636.085.3

4.3.1 Технологии машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

**КРИТЕРИИ ВЫБОРА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ (ОБЗОР)**

Мальцева Татьяна Александровна  
канд. техн. наук, доц. каф. ТТПП, зав. лаб.  
БиСАПП  
РИНЦ SPIN-код: 7418-8531  
tamalceva@donstu.ru  
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Гордиец Ольга Валерьевна  
инженер каф. ТиОППАПК, преп. каф. ТТПП  
РИНЦ SPIN-код: 7189-6302  
olgagordiets20@yandex.ru  
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Косолапова Екатерина Николаевна  
инженер лаб. БиСАПП, асс. каф. ТТПП  
РИНЦ SPIN-код: 9207-7553  
rewarewarewak@mail.ru  
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Чукссеева Татьяна Сергеевна  
инженер лаб. БиСАПП, асс. каф. ТТПП  
РИНЦ SPIN-код: 7273-2799  
taniadmitrienko666@gmail.com  
Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

В исследовании представлен аналитический обзор связующих веществ, используемых при производстве гранулированных комбикормов для объектов аквакультуры. В качестве связующих веществ рассмотрены агар, желатин, каррагинан, лигносульфат кальция, сульфат кальция, гуаровая камедь, крахмал. В зависимости от используемого связующего вещества, их концентрация в рецептуре комбикорма варьируется от 0,1 до 5%. Такая концентрация обеспечивает прочность конечного продукта, высокие значения водостойкости без снижения усвояемости объектами аквакультуры. Особое внимание уделено критериям выбора, включая совместимость с рецептурой и физиологическую безопасность

Ключевые слова: КОМБИКОРМ, СВЯЗУЮЩЕЕ

UDC 636.085.3

4.3.1 Technologies machines and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

**SELECTION CRITERIA AND EFFECTIVENESS OF BINDER COMPONENTS IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF GRANULAR COMPOUND FEEDS FOR AQUACULTURE FACILITIES (OVERVIEW)**

Maltseva Tatyana Alexandrovna  
Cand.Tech.Sci., Ass. Prof. Department ETPP, Head of the Lab. B&SAFP  
RSCI SPIN-code: 7418-8531  
tamalceva@donstu.ru  
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Gordiets Olga Valeryevna  
Engineer  
RSCI SPIN code: 1281485  
olgagordiets20@yandex.ru  
Don State Technical University, Rostov-on-Don

Kosolapova Ekaterina Nikolaevna  
Engineer Lab. B&SAFP, Ass. Prof. Department ETPP  
RSCI SPIN-code: 9207-7553  
rewarewarewak@mail.ru  
Don State Technical University, Rostov-on-Don

Chukseeva Tatiana Sergeevna  
Engineer Lab. B&SAFP, Ass. Prof. Department ETPP  
RSCI SPIN-code: 7273-2799  
taniadmitrienko666@gmail.com  
Don State Technical University, Rostov-on-Don

The study provides an analytical overview of binders used in the production of granular compound feeds for aquaculture facilities. Agar, gelatin, carrageenan, calcium lignosulfate, calcium sulfate, guar gum, starch are considered as binders. Depending on the binder used, their concentration in the compound feed formulation varies from 0.1 to 5%. This concentration ensures the strength of the final product and high-water resistance values without reducing the digestibility of aquaculture facilities. Special attention is paid to the selection criteria, including compatibility with the formulation and physiological safety

Keywords: COMPOUND FEED, BINDERS,

ВЕЩЕСТВО, ГРАНУЛИРОВАННЫЙ  
КОМБИКОРМ, ВОДОСТОЙКОСТЬ  
КОМБИКОРМА, АКВАКУЛЬТУРА

GRANULES, PROPERTIES OF COMPOUND FEED,  
AQUACULTURE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-214-039>

## Введение

Связующие вещества – это специальные добавки, которые используются при производстве комбикормов, преимущественно для объектов аквакультуры, но также и для других животных. Они позволяют придавать форму грануле, поддерживать ее целостность и прочность во время хранения, транспортировки и кормления. Правильный подбор связующего вещества позволяет оптимизировать технологический процесс и получить качественную готовую продукцию. Важно учитывать способность повышать прочность гранул без негативного влияния на питательные свойства комбикорма и технологический процесс, выбирать вещества, которые улучшают структурно-механические свойства гранул, снижают крошимость и увеличивают твердость, при этом не снижая пищевую ценность и усвояемость. Стоит учитывать совместимость связующих веществ с другими компонентами, а также их влияние на животных.

Связующие вещества играют особую роль при производстве комбикормов для объектов аквакультуры, поскольку их выбор влияет на качество получаемого продукта. Так, в соответствии с ГОСТ 10385-2014 (Комбикорма для рыб. Общие технические условия), водостойкость гранул должна составлять не менее 20 мин для карповых и сомовых и не менее 30 мин для лососевых и осетровых рыб. Кроме того, при использовании кормовых добавок, таких как пробиотики, ферментативные вещества, премиксы, бактериоцины и прочее, важно обеспечивать не только высокую степень их смешивания в кормовой смеси, но и сохранность в готовой грануле до момента потребления животным. Поэтому выбор связующего

вещества при производстве комбикормов для объектов аквакультуры является важнейшим этапом при производстве качественных гранулированных комбикормов и крупки. Особую роль связующие вещества играют при производстве гранулированных комбикормов, поскольку в сравнении с экструдированными, они менее водостойки. Таким образом, целью исследования является поиск связующих веществ и определение оптимальных их концентраций, которые обеспечивают целостность и прочность гранулированного комбикорма, а также не оказывают негативного воздействия на организм гидробионтов.

**Материалы и методы исследований.** Для написания обзорной статьи был проведён анализ научной литературы по тематике «связующие вещества в комбикормах для объектов аквакультуры» Немаловажным параметром, по которому проводился подбор литературы, является доля внесения связующего вещества в комбикорма. Поиск источников осуществлялся в следующих базах данных: Google Академия, elibrary.ru, CyberLeninka.

Поиск литературы проводился по следующим ключевым словам: комбикорм, связующее вещество, гранулированный комбикорм, водостойкость комбикорма, аквакультура. Для поиска статей использовался временной отрезок с 2016 по 2024. По результатам проведенного поиска связующих веществ были отобраны работы, которые наиболее подходили по заявленным параметрам.

### **Результаты и их обсуждение.**

В работе [1] представлены результаты исследований кормовых добавок (СинерджиСорб Детокс-мико и СинерджиСорб Лиграфикс) на основе лигниновых закрепителей в комбикорме для радужной форели.

Результаты исследования показали, что при концентрации закрепителя СинерджиСорб Детокс-мико 1,5-2% возрастала твердость гранул до 85 Н. При использовании крахмала твердость гранул был не

более 30 Н. Также важно отметить, что массовая доля жира оказывает существенное влияние на твердость гранул: так, при концентрации связующего вещества СинерджиСорб Детокс-мико 2% и массовой доле жира 12% твердость составила 85 Н, в то время, как при массовой доли жира 30% твёрдость снижалась до 47 Н, т.е. в 1,8 раз.

При использовании закрепителя СинерджиСорб Лиграфикс в количестве 0,2 и 0,3% наблюдалась высокая степень твердости гранул: 88-96 Н. При использовании закрепителя 0,1% - максимальная твёрдость гранул 80 Н. Массовая доля жира также оказывает негативное влияние на твёрдость гранул, также снижая в 1,7-1,8 раз. Эта важно учитывать при разработке рецептур.

В работе [2] представлены результаты исследования влияния связующего вещества Lignosol AR и агара на стабильность и прочность гранул и влияние на показатели выращивания ракообразных: креветки обыкновенной и креветки каменной. В исследовании рассмотрели 2 вида внесения связующих веществ: внесением в кормовую смесь и напылением на готовые гранулы. Результаты исследования показали, что способ внесения связующих веществ в комбикорма не оказывает влияния на показатели выращивания. Связующие вещества показали большую эффективность при их использовании в рационе каменной креветки: прирост массы составил около 83%, в то время, как для креветки обыкновенной всего лишь 50%. Показатель водостойкости не превышал 2 часов.

В работе [2] при производстве комбикорма для ракообразных путем сухого и влажного гранулирования были использованы связующие вещества: агар, желатин, каррагинан и карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) в концентрации 3 и 5%. Результаты исследования показали, что при увеличении доли внесения связующего вещества повышалась стабильность комбикорма. Масса сухих веществ снижалась в комбикормах

на 62%, при содержании связующих веществ в концентрации 5% по сравнению с 3%. Желатин и агар оказались наиболее эффективнее каррагинана и КМЦ, так как интенсивность потери массы погружения в воду были выше, для каррагинана и КМЦ максимум был (180 минут). Гранулы с содержанием влаги 50% были менее стабильны гранул, в которых влаги содержалось 10%.

В работе [2] в качестве связующих веществ рассматривали использование в рецептуре комбикормов для членистоногих агар, альгинат и пектин в количестве 2,5%. Стабильность гранул во всех трех образцах составила 8 часов, что является достаточно высокими значениями (в соответствии с ГОСТ 10385, водостойкость для осетровых должна быть не менее 30 мин). Наибольшая степень набухания была зафиксирована у гранул с агаром (водопоглощение в 3,2 раза), тогда как гранулы с альгинатом показали результат в 3,0 раза. Гранулы на основе пектина продемонстрировали наименьшую способность к водопоглощению, увеличивая свою массу лишь в 2,4 раза. За 8 недель кормления раков показатель выживаемости при внесении рассмотренных веществ составил (97-100%). Наибольший прирост (80%) при кормлении со связующим веществом пектин, для агара (36%). Таким образом, применение пектина в комбикорма для членистоногих является наиболее эффективным.

В исследовании [3] в качестве объектов исследования были выбраны лигносульфонат кальция и сульфат кальция с добавкой гуаровой камеди. Способность последней к гелеобразованию при температурах от 20°C, отмеченная в работе [2], обусловила её применение. Целью настоящей работы являлась оптимизация параметров экструзии стартовых комбикормов для молоди осетровых в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ).

По результатам исследования [3] выявлены наилучшие показатели качества гранул (разбухаемость и крошимость) при включении в состав

комбикормов связующих веществ (лигносульфат кальция, сульфат кальция и гуаровая камедь) в количестве 3,5-5%, температуре экструдирования 100-130°C и массовой доли влаги экструдируемого сырья 20-25%.

В работе [2], при внесении 5% пшеничного крахмала в комбикорма методом влажной экструзии гранулы получились однородными (однородность составляла 96%), обладали хорошей водной стабильностью при наименьшей запылённости водной среды.

В исследовании [1] в комбикорм для радужной форели в качестве закрепителя был использован крахмал в количестве 5% с добавлением сырого жира от 12 до 30%. По результатам работы гранулы не обладали достаточной твердостью, особенно при высоком содержании жира. Твердость гранул была в сравнении с показателями, где добавляли закрепителем СинерджиСорб Лиграфикс уменьшалась на 75%. При внесении крахмала в концентрации 5,0% и содержании жира 20% крошимость возрастила. Высокие концентрации крахмала в кормах не рекомендуются для радужной форели из-за особенностей её углеводного обмена. У этого вида ограничена способность к эффективной утилизации глюкозы, что при избыточном поступлении углеводов приводит к продолжительной гипергликемии (устойчивому повышению уровня глюкозы в крови). Это состояние создает метаболическую нагрузку, аналогичную диабетическому фенотипу у млекопитающих, и может негативно сказываться на росте и здоровье рыбы. В таблице 1 представлен сравнительный анализ по рассмотренным связующим веществам.

Таблица 1 – Сравнительный анализ связующих веществ

№	Наименования связующих веществ	Объект исследования	Доля внесения связующего вещества	Результаты исследования
1.	СинерджиСорб Детокс-мико ( <i>SynergySord Detox-muso</i> )	Радужная форель	1,0; 1,5 и 2,0%	Концентрация закрепителя 1,5-2% повышает твердость гранул до 85 Н. Для сравнения: при

				использовании крахмала (контрольный образец) твердость гранул был не более 30 Н. Массовая доля жира оказывает существенное влияние на твердость гранул, снижая ее в 1,8 раз [1]
	СинерджиСорб Лиграфикс ( <i>SynergySorb Ligrafix</i> )		0,1; 0,2 и 0,3%	С увеличением доли закрепителя и сырого жира в рецептуре комбикорма твердость возрастала, при снижении уменьшалась на 51,2%. Подобные результаты наблюдались у двух рассмотренных закрепителей при исследовании показателей: насыпная плотность и разбухаемость гранул, крошимость снижалась, уменьшались потери комбикорма при транспортировке и кормлении [1]
2.	Lignosol AR <sup>TM</sup>	Креветка обыкновенная ( <i>Crangon crangon</i> ) и каменная ( <i>Palaemon elegans</i> )	2,0%	Прирост массы - 49,7% [2]
	Агар			Прирост массы - 82,9 % [2]
3.	Агар	Для раков	3,0 и 5,0%	С увеличением связующих веществ масса сухих веществ снижалась на 62%. Интенсивность погружения в воду желатина и агара были выше. Гранулы, у которых содержалось влаги 10%, были стабильнее[2]
	Желатин			
	Каррагинан			
	КМЦ			
4.	Агар	Для раков	2,5%	Гранулы были стабильны в воде в течении 8 часов. Однако там, где содержался пектин, масса увеличивалась в 2,4 раза, для альгината и агара в 3,0 и 3,2 раза. Наибольший прирост наблюдался при использовании пектина (80%), 36% при использовании агара. Показатель выживаемости
	Альгинат			
	Пектин			

				при использовании каждого из трех компонентов – 97-100% [2]
5.	Лигносульфат кальция	Осетровые рыбы	3,5-5,0%	Наилучшие показатели качества гранул (разбухаемость и крошимость) наблюдается при включении в состав комбикормов связующие вещества в количестве 3,5-5%, температуре экструдирования 100-130°C и массовой доли влаги экструдируемого сырья 20-25% [3]
	Сульфат кальция			
	Гуаровая камедь			
6.	Пшеничный крахмал	Для рыб	5,0%	Гранулы демонстрировали 96% однородность, высокую устойчивость к деструкции в воде и низкое загрязняющее воздействие на водную среду [2]
7	Крахмал	Радужная форель	5,0%	Установлено снижение прочности на 75% относительно стандартного закрепителя. Структурная целостность ухудшалась при 20%-ной жирности. Повышенные дозы крахмала не рекомендуются в связи с риском метаболических нарушений, характерных для диабета, у радужной форели. [1]

**Выводы.** Использование правильно подобранного связующего вещества очень важно, так как от этого зависит прочность гранул, питательные свойства комбикорма, технологический процесс, крошимость, твердость, пищевая ценность и усвоемость. Стоит учитывать совместимость связующих веществ с другими компонентами, а также влияние на организм гидробионтов. Доля внесения связующего вещества в комбикорм не должна превышать 5,0%. Для объектов аквакультуры могут быть использованы следующие связующие вещества: СинерджиСорб Детокс-мико (SynergySord Detox-мусо) от 1,0% до 2,0%; СинерджиСорб Лиграфикс (SynergySorb Ligrafix) от 0,1 до 0,3%; Lignosol AR™ и Агар –

2%; Агар, Желатин, Каррагинан, КМЦ - 3 и 5%; Агар, Альгинат, Пектин – 2,5%; Лигносульфат кальция, Сульфат кальция, Гуаровая камедь – 3,5-5,0%; Крахмал (пшеничный крахмал) – 5%.

**Финансирование.** Работа проведена в рамках выполнения проекта «Разработка персонифицированных кормов нового поколения с растительными и пробиотическими добавками для повышения выживаемости и улучшения здоровья рыб» (FZNE-2023-0003).

## Литература

1. Кошак Ж. и др. Влияние связующих веществ на качество гранул комбикорма для радужной форели // Комбикорма. 2023. № 9. С. 21-24. DOI 10.25741/2413-287X-2023-09-2-203.
3. Артемов Р. В. и др. Применение связующих веществ при производстве комбикормов для объектов аквакультуры // Рыбоводство и рыболовство. – 2021. – № 11(190). С. 54-65. DOI 10.33920/sel09211105.
3. Артемов Р. и др. Связующие вещества при производстве стартовых кормов для рыб // Комбикорма. 2023. № 3. С. 21-24. DOI 10.25741/2413-287X-2023-03-2-196.

## References

1. Koshak Zh. i dr. Vlijanie svjazujushhih veshhestv na kachestvo granul kombikorma dlja raduzhnoj foreli // Kombikorma. 2023. № 9. S. 21-24. DOI 10.25741/2413-287X-2023-09-2-203.
3. Artemov R. V. i dr. Primenenie svjazujushhih veshhestv pri proizvodstve kombikormov dlja ob#ektov akvakul'tury // Rybovodstvo i rybolovstvo. – 2021. – № 11(190). S. 54-65. DOI 10.33920/sel09211105.
3. Artemov R. i dr. Svjazujushhie veshhestva pri proizvodstve startovyh kormov dlja ryb // Kombikorma. 2023. № 3. S. 21-24. DOI 10.25741/2413-287X-2023-03-2-196.