

DOI 10.25741/2413-287X-2021-01-2-131

УДК 633.85:664.8047

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЦЕННЫХ ПОРОД РЫБ

**В. АФАНАСЬЕВ**, д-р техн. наук, генеральный директор,**И. БОГОМОЛОВ**, канд. техн. наук, первый заместитель генерального директора, АО «НПЦ «ВНИИКП»**А. ОСТРИКОВ**, д-р техн. наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»**С. СТАРЦЕВА**, канд. мед. наук, ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н. Бурденко Минздрава России

E-mail: vnii\_kp@mail.ru

АО «НПЦ «ВНИИКП» была разработана инновационная технология производства высокоэффективных комбикормов для ценных пород рыб. Для ее реализации спроектирован и изготовлен комплект оборудования. Отличительными особенностями технологии являются: значительное сокращение использования дорогостоящих белковых компонентов животного происхождения за счет увеличения ввода растительных высокобелковых компонентов и повышения их усвояемости; глубокая баротермическая обработка; вакуумное напыление жидких компонентов на поверхность экструдированных гранул. Применение вакуумного напыления жировых компонентов увеличивает содержание жира в конечном продукте до 35%. Предлагаемая технология позволяет производить быстро тонущие, медленно тонущие и плавающие комбикорма. Использование разработанного комплекта оборудования позволит отказаться от закупок дорогостоящего зарубежного оборудования, сократить себестоимость производимых комбикормов на 12–15% и снизить материальные и энергетические затраты на 10–12%.

Ключевые слова: технология, оборудование, комбикорм, рыбы, экструдирование, вакуум, напыление.

Интенсивному развитию аквакультуры в нашей стране препятствуют, в частности, ограниченный ассортимент доступных высокопитательных кормовых компонентов и отсутствие современных технологий и комплектов оборудования для производства рыбных комбикормов. Для основной части отечественных кормов для рыб характерны недостаточная водостойкость, чрезмерная крошительность гранул, низкая питательность и несбалансированность [1, 5, 8].

Производство рыбных комбикормов в настоящее время является одним из самых высокочрезвычайных по сравнению с другими видами, так как к ним предъявляются повышенные требования. Рыбе необходим легкоперевариваемый корм, поскольку она имеет короткую пищева-

*An innovative technology of cost-effective compound feeds for the commercial fish production was developed by All-Russian Research Institute of Feed Industry (VNIICP). The corresponding set of the equipment was designed and manufactured. The characteristic features of the technology: substantially diminished inclusion of the expensive animal-derived protein ingredients due to the use of highly digestible vegetable protein sources; processing involving intense thermal extrusion; vacuum sputtering of liquid ingredients on the extruded pellets. Vacuum sputtering of fat ingredients allows for high resulting percentage of fat in the feeds (up to 35%). The technology involves variants for fast-sinking, slow-sinking and natatory feeds. The equipment can effectively substitute the expensive imported analogues, decrease the production cost of feeds by 12–15%, material and energy cost by 10–12%.*

Keywords: technology, equipment, feed stuff, fish, extrusion, vacuum, deposition.

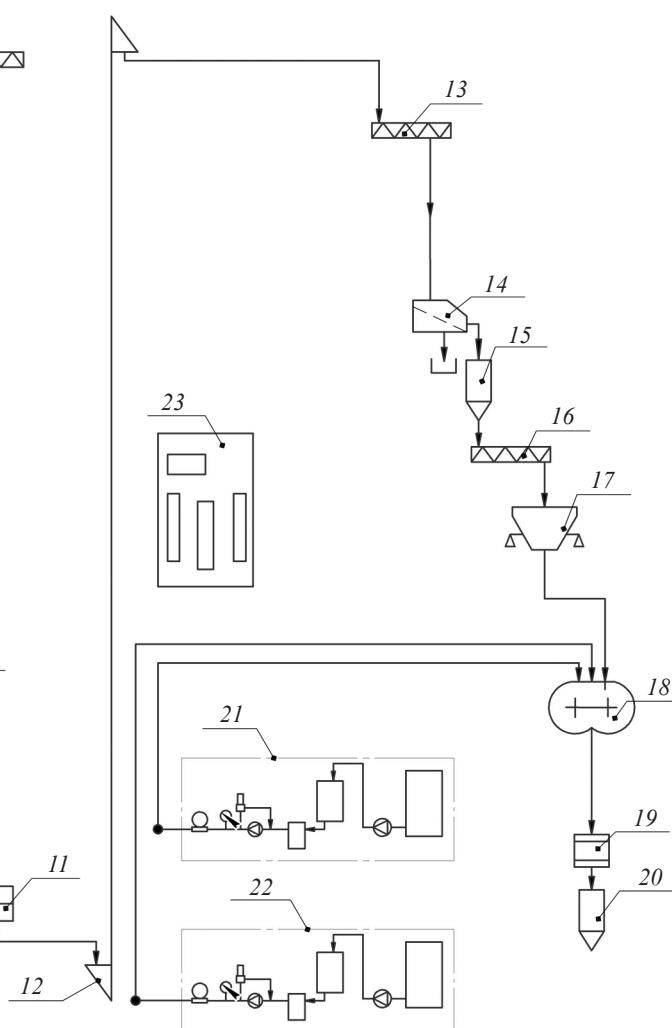
тельную систему [2]. Должно выделяться минимальное количество экскрементов, которые загрязняют воду. Форма и размер частиц корма должны соответствовать предпочтениям и размеру рыб [3], а его плотность (способность опускаться или плавать на поверхности воды) — естественному способу его потребления [4]. По расчетам специалистов, затраты российских рыбодоводов на корма достигают 65–70% себестоимости рыбной продукции, тогда как в Европе на кормовую составляющую приходится 25–35%.

В настоящее время российские предприятия, вырабатывающие комбикорма для ценных пород рыб, оснащены импортным технологическим оборудованием. В России подобные полнокомплектные линии не производятся.

Цель данной работы — разработка отечественного комплекта оборудования для производства высокоэффективных комбикормов для ценных пород рыб, выпуск которых позволит отказаться от закупок дорогостоящего импортного оборудования. В рамках научно-технической программы Союзаного государства «Разработка инновационных энергосберегающих технологий и оборудования для производства и эффективного использования биобезопасных комбикормов для ценных пород рыб, пушных зверей и отдельных видов животных» («Комбикорм-СГ») на 2018–2021 годы АО «НПЦ «ВНИИКП» была разработана инновационная технология для производства высокоэффективных комбикормов для ценных пород рыб, и изготовлен комплект оборудования ДРО-1 (рис. 1) производительностью 1 т/ч, включающий 15 видов разработанного оборудования. Комплект оборудования успешно прошел приемочные испытания и рекомендован для серийного производства. Технологические режимы работы этого оборудования позволяют производить корма для всех возрастных групп рыб с различными физическими характеристиками — быстро тонущие, медленно тонущие и плавающие.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ

Разработанная линия по производству комбикормов работает следующим образом. Измельченное сырье и компоненты, не требующие измельчения, конвейером 1 подаются в блок бункеров 2, а из них питателями 3 в порционные тензометрические весы 4. Взвешенные компоненты поступают сначала в надсмесительный бункер 6, затем в смеситель 7, откуда смешанные компоненты выгружаются в подсмесительный бункер 8. Далее через магнитную колонку 9 смесь транспортируется в модуль экструдирования 10, состоящий из питателя, модуля пропаривания и экструдера (диаметр отверстия в матрице 2–6 мм).



**Рис. 1. Технологическая схема ДРО-1:**

- 1 — конвейер; 2 — блок бункеров; 3, 5, 13, 16 — питатель шнековой; 4, 17 — весы; 6 — надсмесительный бункер; 7 — смеситель; 8 — подсмесительный бункер; 9 — магнитная колонка; 10 — модуль экструдирования; 11 — сушилка; 12 — нория; 14 — просеивающая машина; 15 — бункер; 18 — смеситель вакуумный; 19 — охладитель; 20 — бункер готовой продукции; 21 — установка ввода рыбьего жира; 22 — установка ввода масла; 23 — блок управления

вания 10, состоящий из питателя, модуля пропаривания и экструдера (диаметр отверстия в матрице 2–6 мм).

Экструдер — одна из основных единиц комплекта оборудования. Именно процесс экструзии во многом определяет качество комбикорма для рыб. Начальная влажность продукта, направляемого на обработку, составляет 19%. В I зоне экструдера происходит нагрев до температуры 85–95°C, во II зоне — до 95–120°C, в III зоне — до 120–135°C, в IV зоне — до 135–140°C, в V зоне — до 145°C. Обработка осуществляется под давлением 0,65–0,70 МПа.

В конвейерной сушилке 11 экструдат высушивается до конечной влажности примерно 12% при температуре 60–80°C, на выходе из сушилки его температура составляет 35–45°C. Сухие гранулы норией 12 и шнековым питателем 13 транс-

портируются в просеивающую машину 14. После просеивания они подаются в бункер 15, а оттуда шнековым питателем 16 в порционные тензометрические весы 17. Далее гранулы загружаются в вакуумный смеситель 18, где на их поверхность напыляются жидкие компоненты. Для этого смеситель соединен с установками для ввода рыбьего жира 21 и масла 22. Поступают они через коллектор с эжекторными соплами. Форсунки расположены по всей длине вакуумного аппарата, что позволяет равномерно наносить жидкие компоненты на продукт. Наносятся они при заполненной на 30–65% рабочей камере двухвального лопастного смесителя и смешиваются в течение 120–145 с при частоте вращения вала  $4,19\text{--}20,93\text{ с}^{-1}$ . Начальная влажность экструдата может составлять 17,8–27,0%, содержание жира — 8–25%. В вакуумном смесителе поддерживается пониженное давление 0,02–0,04 МПа для лучшего проникновения жировых компонентов внутрь гранулы.

Следует отметить, что применение вакуумного напыления дает возможность повысить содержание жира в комбикорме для рыб до 35%, стабилизировать питательность корма, снизить разрушение гранул экструдата на 10%, улучшить его физические качества, повысить уровень насыщения жидкими компонентами на 25–30%.

Установки 21 и 22 включают в себя насос с приводом, комплекс измерительной и регулирующей аппаратуры, приборов, трубопроводную арматуру, которые позволяют оператору с пульта управления задавать определенный расход жира, контролировать и при необходимости корректировать его.

Далее гранулы подаются в охладитель 19 для охлаждения воздухом до температуры, не превышающей температуру окружающей среды более чем на  $10^{\circ}\text{C}$ . Для охлаждения 1 т продукта требуется примерно  $1500\text{--}2000\text{ м}^3$  воздуха, который нагнетается в камеру со скоростью  $0,65\text{--}0,8\text{ м/с}$ . Температура его в зоне сушки составляет  $60\text{--}75^{\circ}\text{C}$ , в зоне охлаждения  $20^{\circ}\text{C}$ . Удельная нагрузка продукта на решетку  $18\text{--}22\text{ кг/м}^2$ .

Экструдированный комбикорм выгружается в бункер готовой продукции 20, а из него направляется на фасовку и реализацию.

Управление технологическими процессами осуществляется посредством блока управления контрольно-измерительными приборами и автоматикой 23. Обслуживают разработанную линию по производству комбикормов для рыб два человека.

## РАЗРАБОТАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) были разработаны ори-



Рис. 2. Веса порционные тензометрические ДРОВ-1.01



Рис. 3. Смеситель ДРОС-1



Рис. 4. Экструдер ДРОЭ-1

гинальные конструкции высокотехнологичного оборудования: весы порционные тензометрические ДРОВ-1.01 (рис. 2); смеситель ДРОС-1 (рис. 3); экструдер ДРОЭ-1 (рис. 4); сушилка конвейерная ДРОСК-1 (рис. 5); просеивающая машина ДРОМП-1 (рис. 6); вакуумный смеситель ДРОСВ-1 (рис. 7); охладитель ДРОО-1 (рис. 8); установка ввода жира ДРОЖ-1 (рис. 9) и др.

Технические характеристики комплекта оборудования ДРО-1 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики комплекта оборудования ДРО-1

Параметр	Значение
Производительность, т/ч	1
Установленная мощность, кВт	195,17
Габаритные размеры, мм	
длина	25 039
ширина	14 055
высота	24 400
Масса, кг	22 212





Рис. 5. Сушилка конвейерная ДРОСК-1



Рис. 6. Просеивающая машина ДРОМП-1



Рис. 7. Смеситель вакуумный ДРОСВ-1



Рис. 8. Охладитель ДРОО-1



Рис. 9. Установка ввода жира ДРОЖ-1

Таблица 2. Питательность и нормы обменной и перевариваемой энергии комбикормов для осетровых

Показатель	Стартовый	Производственный		Для ремонтно-маточного стада
	для рыб массой 5–100 г	для рыб массой 100–500 г	для рыб массой свыше 500 г	
Сырой протеин, %	52,0	45,0	42,0	50,0
Сырой жир, %	15,0	10,0	12,0	10,0
Легкоусваиваемые углеводы, %	15,4	27,6	35,6	23,0
Сырая клетчатка, %	2,0	2,2	2,4	1,5
Минеральные вещества, %	8,6	8,2	8,0	8,5
Кальций, %	3,1	3,0	2,8	3,2
Фосфор, %	2,1	2,1	1,8	2,5
Незаменимые жирные кислоты				
линоленового ряда (ω3), %	2,2	2,0	2,1	2,0
линолевого ряда (ω6), %	1,0	1,0	1,0	1,0
Влага, %	6–7	6–7	6–7	6–7
<b>Обменная энергия,</b>				
<b>МДж/кг</b>	<b>21,0</b>	<b>19,6</b>	<b>21,0</b>	<b>20,0</b>
<b>ккал/кг</b>	<b>5036</b>	<b>4647</b>	<b>5029</b>	<b>4766</b>
<b>Перевариваемая энергия,</b>				
<b>МДж/кг</b>	<b>16,6</b>	<b>15,5</b>	<b>16,6</b>	<b>15,8</b>
<b>ккал/кг</b>	<b>3978</b>	<b>3692</b>	<b>3973</b>	<b>3765</b>



Разработанные виды оборудования по основным техническим характеристикам не уступают мировым образцам аналогичного оборудования, а по некоторым показателям (эксплуатационная надежность, занимаемая площадь, удельные энергозатраты) их превосходят. Они в 2,0–2,7 раза дешевле зарубежных аналогов. В сумме материальные и энергетические затраты снижаются на 10–12%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ И ХАРАКТЕРИСТИКА КОМБИКОРМОВ

Для производства комбикормов на предлагаемом комплексе оборудования были специально разработаны рецепты нового поколения для ценных пород рыб. В их составе значительно меньше используется дорогостоящих белковых компонентов животного происхождения за счет увеличения ввода растительных высокобелковых компонентов и повышения их усвояемости путем глубокой экстракции [6]. Себестоимость комбикормов, таким образом, сократилась на 12–15%.

В Астраханском государственном техническом университете под руководством профессора С.В. Пономарёва были разработаны рецепты комбикорма для ценных пород рыб [7], выработанные по предлагаемой технологии и прошедшие испытания в КФХ «Малахов» (Воронежская область). С учетом данных по взвешиванию рыб и наблюдаемого общего их состояния были установлены нормы обменной и перевариваемой энергии для осетровых рыб (табл. 2).

Высокоэффективный комбикорм, вырабатываемый по предлагаемой технологии на разработанном комплексе оборудования, представляет собой экологически чистый продукт без стимуляторов роста и антибиотиков, при этом содержит достаточное количество протеина, жира, минеральных веществ, витаминов и незаменимых жирных кислот. Использование данного корма способствует повышению репродуктивных функций рыб, общей сопротивляемости болезням и выводу из организма токсичных продуктов пищеварения. Характеризуется он высокими питательностью и потреблением, что положительно сказывается на развитии рыб, на темпах их роста. Благодаря повышению усвояемости корма на 10–12% увеличиваются привесы рыб на 10–12%, улучшается конверсия корма на 15%, снижается стоимость товарной продукции рыбоводства на 10–15%.

## Литература

1. Волик, В. Г. Инновационные технологические решения при переработке вторичного сырья позволяют заменять рыбную муку в комбикормах / В. Г. Волик, Д. Ю. Исмаилова, С. В. Зиновьев // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. — 2014. — Т. 3. — № 7. — С. 366–370.
2. Совершенствование состава обогатительных добавок из бобовых культур для замещения рыбной муки в комбикормах / Г. М. Шулаев [и др.] // Главный зоотехник. — 2015. — № 9. — С. 18–24.
3. Бедарева, О. М. Сельскохозяйственные культуры как сырье растительного происхождения для производства рыбных комбикормов / О. М. Бедарева, Л. С. Мурачева, Т. Н. Троян // Проблемы региональной экологии. — 2018. — № 5. — С. 6–9.
4. Клыбик, В. К. Обзор перспективных технологий производства рыбных комбикормов / В. К. Клыбик, И. С. Пылило, В. В. Никончук // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Актуальные проблемы животноводства: мат. Международной науч.-практ. конф. — Нижний Новгород: ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА», 2020. — С. 144–147.
5. Современные тенденции в разработке эффективных комбикормов для рыб / В. Ю. Агеев [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. — 2019. — Т. 57. — № 3. — С. 323–333.
6. Агеев, В. Качественный комбикорм — здоровая рыба — экологически чистая продукция / В. Агеев, Ж. Кошак // Наука и инновации. — 2020. — № 3 (205). — С. 17–21.
7. Грозеску, Ю. Н. Использование в рационах осетровых рыб нетрадиционного кормового сырья и биологически активных препаратов / Ю. Н. Грозеску, С. В. Пономарев // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. — 2017. — № 2. — С. 3–20.
8. Whole Foods Market Quality Standards for Farmed Seafood: Salmon, Other Finfish, and Shrimp Including Guidance for Producers and Auditors [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://assets.wholefoodsmarket.com/www/ility/Whole-FoodsMarket\\_QualityStandardsFarmedFinfishandShrimp\\_2019.pdf](https://assets.wholefoodsmarket.com/www/ility/Whole-FoodsMarket_QualityStandardsFarmedFinfishandShrimp_2019.pdf). — Дата доступа: 29.10.2019.
9. Анализ состояния и перспективные направления развития аквакультуры: науч. аналит. обзор. — М.: ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2019. — 88 с. ■

**БУДЕМ РАДЫ ВИДЕТЬ ВАС В ЧИСЛЕ НАШИХ ПОДПИСЧИКОВ!**

**КОМБИ-КОРМА**  
Compound feeds

В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



Подписной индекс в каталоге  
**ПОЧТА РОССИИ** — ПО037.

Также вы можете подписаться,  
отправив заявку  
по **E-MAIL:** [red-kombikorma@yandex.ru](mailto:red-kombikorma@yandex.ru),  
или **НА САЙТЕ** [www.kombi-korma.ru](http://www.kombi-korma.ru)