

СОЗДАНИЕ КОРМОВ НА ОСНОВЕ БИОМАССЫ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПЛАНКТОНА ПРУДОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОВОДНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

© 2010 Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев

Астраханский государственный технический университет

Поступила в редакцию 06.05.2010

Реализован комплекс экологических, рыбоводно-биологических и химических исследований (в «пилотном», поисковом режиме). Впервые разработан и протестирован на объектах тепловодной аквакультуры корм на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем. Установлена питательная ценность сухой биомассы, предложены варианты выращивания австралийских раков.

Ключевые слова: *аквакультура, корм, австралийские раки, выращивание*

В последние десятилетия многие развитые страны, направляющие инвестиции на развитие аквакультуры [6], осуществили детальную проработку технологий выращивания и процессов кормления рыбы в условиях индустриальной аквакультуры и фермерских хозяйств, что обеспечило в свою очередь увеличение объемов производства объектов тепловодной аквакультуры [3]. С позиции обеспечения продовольственной безопасности сегодня существует острая потребность в разработке подхода к производству кормов для объектов тепловодной аквакультуры (а именно австралийских раков *Cherax quadricarinatus*) [4], имеющих высокую пищевую ценность и принципиальную возможность выращивания в климатических условиях юга России [5]. Проблемная ситуация формулируется следующим образом: существует необходимость разработки нового эффективного, адаптированного к российским условиям подхода для культивирования объектов тепловодной аквакультуры [7, 8], учитывающего различия экономических и экологических условий, а также технологий кормления в различных странах. Сложившаяся ситуация требует создания эффективного экономичного корма для австралийских раков, в состав которого входили бы все необходимые питательные элементы, отвечая биологическим потребностям объекта [4]. Именно с этой целью был реализован комплекс экологических, рыбоводно-биологических и химических исследований (в «пилотном», поисковом режиме) и в результате впервые разработан протестирован на объекте тепловодной аквакультуры корм на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем, установлена питательная ценность сухой биомассы, предложены варианты выращивания австралийских раков.

Лагуткина Лина Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Аквакультура и водные биоресурсы». E-mail: lagutkina_lina@mail.ru

Пономарев Сергей Владимирович, доктор биологических наук, заведующий кафедрой «Аквакультура и водные биоресурсы». E-mail: kafavb@yandex.ru

Новизна предполагаемой к решению задачи определяется комплексным подходом к разработке корма на основе биомассы и предполагает решение нескольких взаимосвязанных более дробных задач:

1. Разработку технологических приёмов получения и переработки биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем для получения кормовой добавки с использованием ресурсосберегающих, малозатратных методов.
2. Установление пищевой ценности этой добавки, определение питательных свойств, химического состава, качественного состава и количественного соотношения жирных кислот общих липидов, аминокислотного состава, содержания нуклеиновых кислот.
3. Определение перекисного числа жира, кислотного числа, а также общей токсичности после года хранения биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем.
4. Исследование возможности кормления австралийских раков с использованием биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем как монодиету и в составе искусственных сухих кормов.
5. Разработка и защита объектов интеллектуальной собственности (методов и способов).
6. Апробация технологии использования корма в производственных условиях.

Материал и методы. Для отлова биомассы используется устройство, принцип работы которого состоит в следующем: на участке сбросного канала осетрового завода перед рекой находится диагональный мостик, на котором устанавливаются деревянные рамки с металлической сеткой с ячейей 4-6 мм. Рамки вставляются в пазы, которые закреплены на мостике в периферийной и центральной части. Этот мостик служит для того, чтобы сконцентрировать молодь осетровых рыб в специальном накопителе, откуда молодь сбрасывается непосредственно в реку. Молодь, скатываясь по сбросному каналу, проходит под обслуживающим мостиком в тех ячейках, где не установлены рамки, а прудовая биомасса, проходя через стальную

сетку, накапливаются в мешках с газовым ситом. По мере их накопления рамка с газовым ситом поднимается на мостик обслуживания, газовое сито отстегивается и одевается новое, процесс повторяется снова.

Качественный и количественный состав остаточной, выловленной кормовой прудовой биомассы определяли при суточных станциях (через каждый час) и за определенные промежутки времени в течение всего периода спуска прудов. Для исключения возможности попадания молоди осетровых в уловитель использовали защитную решетку с ячейей 4x4 мм. Кутец для отлова гидробионтов был изготовлен из газа. Биомассу сырья за единицу времени измеряли весовым методом. Весь улов осматривали.

Качественный состав биомассы с прудов белужьих (А), севрюжьих (Б) и осетровых (В) изучали под биноклем в пробе массой 1 г. Для предварительной сушки отловленной биомассы, состоящей из водорослей, ракообразных, насекомых и их личинок, была разработана конструкция центробежной сушилки, а также опытный образец на основе центробежного вентилятора и термоподогрева.

Химический состав сухой прудовой биомассы, определение протеина, жира, золы, выполнялся общепринятым методом: содержание жира – при экстракции ацетоном; содержание золы – весовым методом; массу сухого вещества – весовым методом, также определяется количество белка и БЭВ. Фракционный состав общих липидов экспериментальных партий сухой прудовой биомассы выполнялся методом тонкослойной хроматографии по методике Rothenbuchleer et al. [12]. Качественный состав и количественное соотношение жирных кислот общих липидов определялся методом газожидкостной хроматографии. Пробы фиксировались в смеси хлороформа с метанолом 2:1. Анализ аминокислотного состава кормовой прудовой биомассы проводился по прописи Т.Е. Пасхиной [10]. Выделение аминокислот из белков осуществляется путем 24-часового гидролиза кормов в 6N HCl при температуре 110-120⁰ С. Разделение аминокислот проводилось на автоматическом анализаторе типа «Nevlett» – III поколения («Хромоспек», Великобритания). Содержание нуклеиновых кислот определялось методом Цанева-Маркова в модификации Бердышева (1973), [2]. Определение перекисного числа жира, кислотного числа, а также общей токсичности после года хранения биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем определяли общепринятыми экспресс-методами.

Итоговое испытание корма на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем проводили в качестве монокарма в первом варианте, во втором варианте в качестве корма с добавлением следующих компонентов (%): сухая биомасса – 70, пшеничная мука – 25; поливитаминный премикс – 1; (вариант 2), в качестве контроля использовали стартовый комбикорм ОСТ 5 следующего состава (%): мука рыбная – 43,5, мясокостная – 3,0 (рыбная), пшеничная – 5,0, кровяная (рыбная) – 5,0, шрот соевый – 10,0, сухой

обрат – 3,0, дрожжи – 22,0, жир рыбий – 5,0, премикс ПФ-2В – 1,5. Норма кормления в дневные сутки составила 2% от массы тела. Эффективность определяли по рыбоводно-биологическим показателям: выживаемость, абсолютный и среднесуточный приросты.

Испытание проводили в емкостях объемом 400 литров оснащенных биофильтром, для укрытия раков были сооружены домики из керамики. При этом был создан хороший водообмен и аэрация воды, количество растворенного в ней кислорода составило 7 мг/л, температура среды 25-27⁰С. Собранный материал подвергли статистической обработке.

Результаты исследований. Задачей первого этапа исследования являлось сбор, переработка и определение запасов остаточной кормовой базы прудов при выпуске молоди осетровых в естественный водоем. Общее количество этой биомассы, отлавливаемого в центральной части канала (10 секций), было равно 6,5 тонн. Через периферийные секции (22 секции) проходит около 4 тонн остаточной биомассы. Таким образом, общее количество биомассы растительного и животного планктона, которую можно отловить при сбросе прудов на осетровом заводе за весь период выпуска молоди составляет около 10 тонн, или около 2 тонн сухого вещества (20% от сырой массы).

В ходе следующего этапа эксперимента определили качественный состав собранной биомассы, где обнаружены практически все гидробионты, встречающиеся в планктоне прудов: циклопы, дафнии, стрептоцефалюсы, гаммариды, лептостерии, хирономиды, пиявки, водяные клопы, личинки стрекоз, жуков и молодь рыбы. В пробах также был гаммарус, отсутствующий в прудах, обитающий вероятно, в сбросном канале. Большая доля в пробах сырья в отдельное время принадлежала нитчатым водорослям. В незначительном количестве также встречалась ряска.

При анализе и оценке качества кормовых добавок были исследованы все образцы прудов (А, Б, В). В период спуска белужьих прудов доминирующее место принадлежало дафниям (18-64%) и лептостериям (20-45%). Количество нитчатых водорослей колебалось от 7,5% до 82%. Среди прочих организмов встречались личинки жуков и циклопы (до 5%). При сбросе осетровых прудов, содержание дафний варьировало в пределах от 4% до 92%. Количество лептостерий в пробах снизилось и составляло не более 17%. Отмечено попадание в уловитель стрептоцефалюса (7-15%). Среди прочих организмов встречались гаммариды, пиявки, клопы, личинки стрекоз и жуков (7-20%). Содержание нитчатых водорослей в пробе колебалось в пределах 5-95%.

В период спуска севрюжьих прудов видовой состав гидробионтов в целом имел аналогичное распределение. Содержание нитчатки было равно 10-98%, дафний – 2-84%, лептостерий – до 1%, гаммарид – до 5%, клопов, личинок стрекоз – 10-15%. Однако количество нитчатых водорослей в течение суток подвергалось резким изменениям. При спуске всех трех групп прудов биомасса

нитчатки снижалась в ночные и утренние часы и увеличивалась днем.

Образец кормовой добавки из белужьих прудов состоял преимущественно из дафний (41%) и лептостерий (32,5%). Образец Б из осетровых прудов содержал и нитчатые водоросли (50%).

Образец В содержал нитчатку (54%) и дафний (43%).

В составе прудовой биомассы растительного и животного планктона из прудовых экосистем, где выращивали молодь осетровых, установлены следующие показатели общего химического состава (табл. 1).

Таблица 1. Общий химический состав биомассы

Проба прудовых экосистем	В сыром веществе, %			Сухое вещество, %
	протеин	жир	зола	
А	64±0,08	5,2±0,6	11,7±0,1	28,6±0,3
Б	56±0,2	4,4±0,3	11,9±0,3	28,7±0,5
В	60±0,5	3,9±0,07	11,9±0,2	28,8±0,1

Из данных таблицы 1 заметно, что содержание протеина, жира и золы варьируют в пробах, что свидетельствует о неоднородности состава самой биомассы растительного и животного планктона ($p < 0,01$). Увеличенная доля золы в пробах объясняется наличием хитиноподобных веществ. В настоящее время хитин (из отходов переработки ракообразных) вводится в корма для рыб и сельскохозяйственных животных для связки кормосмесей и в качестве биологически активных добавок (БАД). Экстрактивные безазотистые вещества (углеводы) представлены ценными простыми сахарами, также необходимыми для развития организма, образования структурных специальных элементов – гликолипидов и гликопротеидов, а также как источник энергии. Липиды биомассы растительного и животного планктона содержали все необходимые жирные кислоты.

Образцы прудов А и Б отличались высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот линоленового ряда (8,2-19,8%), которые являются предшественниками регуляторов роста и отвечают за транспорт веществ через биомембраны клеток. Данные жирнокислотного состава общих липидов образца А показали, что на долю насыщенных кислот приходится 18% от общей суммы. Преобладают пальмитиновая и стеариновая (15,1% и 2,1%) жирные кислоты. Мононенасыщенных кислот содержится в 1,7 раза больше, чем насыщенных. Из полиненасыщенных, на долю которых приходится около 36,5%, наибольшее значение имеет докозапентаеновая (7,6%), затем эйкозапентаеновая (6,8%), докозагексаеновая (6,6%), линоленовая

(5,4%) и линолевая (4,3%) кислоты. Сумма содержания жирных кислот п6 и п3 прудовой биомассы образца А, соответственно, составляет 9,7% и 26,4%, особенно важно высокое содержание п3 кислот. В образцах биомассы общих липидов содержание п3 кислот достигает 22,4%, п6 – 7,6%. В общих липидах биомассы в образце В уровень насыщенных кислот выше – до 20,8% по сравнению с образцами А и Б (18,1% и 15,1%) за счет эйкозановой и стеариновой кислот. Анализ содержания п3 и п6 кислот показывает, что уровень п3 выше в 3,2-2,7 раза, а содержание кислот п6 ниже в 3-3,7 раза. Общие липиды содержат много ценных триацилглицеринов (до 41%) и фосфолипидов (до 35%). Эти липидные фракции, в основном триацилглицерины, предохраняют органы от повреждений, осуществляют механическую и теплоизолирующую функции, и в свою очередь, представлены незаменимыми жирными кислотами линоленового ряда. Именно такой состав общих липидов может определять высокую жизнеспособность молоди рыб, потребляющую корм на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем.

Особый интерес представляет собой состав незаменимых аминокислот и нуклеиновых кислот, которые определяют продуктивное действие кормовой биомассы. Белок биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем богат незаменимыми аминокислотами, в том числе такими ценными как лизин (9,0%), аргинин (5,2%), триптофан (0,9%), метионин (2,0) (табл. 2).

Таблица 2. Фракционный состав общих липидов биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем, %

Показатели	Пробы		
	А	Б	В
триацилглицерины	41,2±0,4	40,0±0,3	32,6±0,4
фосфолипиды	31,0±0,3	28,4±0,3	34,6±0,3
холестерин	13,6±0,3	11,6±0,2	8,6±0,2
эфирные холестерина	4,2±0,3	3,2±0,2	3,8±0,2
диацилглицерины	3,0±0	2,4±0,3	4,0±0
неэстерифицированные ЖК	4,0±0	4,0±0	9,0±0

Примечание: различия показателей достоверны при $P < 0,01$

Таблица 3. Содержание незаменимых аминокислот в пробах образцов А, Б, В, мг%

Аминокислоты	Содержание	Аминокислоты	Содержание
лизин	9,04±0,2	пролин	4,0±0,1
гистидин	7,1±0,7	глицин	4,2±0,6
аргинин	5,2±0,3	аланин	7,9±4
аспарагиновая к-та	5,9±0,5	метионин	2,0±0,3
треонин	5,1±0,5	изолейцин	2,3±0,2
глутаминовая к-та	3,7±0,5	тирозин	1,7±0,1
триптофан	0,9±0,5	фенилаланин	3,8±0,2
валин	2,0±0,5	лейцин	3,0±0,2

Весьма показательными являются данные состава нуклеиновых кислот биомассы зоопланктона прудовых экосистем (табл. 4), что также определяет её питательность. Как показывает данные, биомасса богата нуклеиновыми кислотами, что крайне важно для формирования молодого

организма. Больше нуклеиновых кислот в мелком зоопланктоне, который представлен коловратками и молодью кладоцер, копепод. Крупный зоопланктон состоял из дафний, лептостерий и стрептоцефалюса.

Таблица 4. Содержание нуклеиновых кислот в биомассе крупного зоопланктона прудовых экосистем, в 100 г абсолютно сухой пробы

Компоненты НК	Содержание биомассы крупного зоопланктона прудовых экосистем, г	Содержание биомассы мелкого зоопланктона прудовых экосистем, г
общий азот	7,4 ± 0,5	7,8 ± 0,6
КФ	0,51 ± 0,05	0,61 ± 0,04
РНК	1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,3
ДНК	0,24 ± 0,02	0,44 ± 0,06
КФ и НК	2,55 ± 0,3	3,95 ± 0,4

Примечание: НК – нуклеиновые кислоты, КФ – кислорастворимые фракции, РНК – рибонуклеиновые кислоты, ДНК – дезорибонуклеиновые кислоты

По своему составу питательных веществ корм на основе биомассы растительного и животного планктона прудовых экосистем довольно близок к ценным компонентам сухих гранулированных кормов, например рыбной муке. Ему она уступает по содержанию протеина (на 22-28%), хотя значительно превосходит рыбную муку по наличию ценного жира и БЭВ. Вместе с этим следует добавить, что высокое содержание легкоусвояемого белка делает эту кормовую добавку (КД) альтернативой для замены в рецептах низкомолекулярного белка. Заготовка такой биомассы

производится в летнее время, и в случае необходимости 1 года хранения было важно оценить качество. После хранения кормовой биомассы (1 год) на основании требований ТУ-15-1034-89 на комбикорма для индустриального рыбоводства установили показатели её качества: перекисное число жира, кислотное число, а также общую токсичность (табл. 5 и 6). Данные таблиц 6 и 7 показывают, что перекисное и кислотное числа образцов КД не превышают нормы по ТУ-15-1034-89, поэтому следует считать, что данное сырье имеет достаточно высокое качество.

Таблица 5. Показатели перекисного и кислотного чисел образцов биомассы (А, Б, В) в конце срока хранения (1 год)

Показатели	Образцы		
	А	Б	В
перекисное число, % йода	0,18	0,16	0,19
кислотное число, мг КОН	25	22	16

Таблица 6. Общая токсичность кормовой добавки в конце хранения за 1 год

Образцы	Выживаемость инфузорий стилонихий в % от посадки через 1 час опыта	Оценка образца по ТУ-15-1034-89
А	97	нетоксичный
Б	96	нетоксичный
В	95	нетоксичный

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Ахрем, А.Л.* Тонкослойная хроматография / А.Л. Ахрем, А.И. Кузнецова. – М., 1965. – 175 с.
2. *Бердышев, Г.Д.* Нуклеиновые кислоты пойкиломитерных морских животных. – Киев, 1973. – 170 с.
3. *Лагуткина, Л.Ю.* Системный подход в развитии марикультуры // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2006. - 3 (32). – С. 29-34.
4. *Лагуткина, Л.Ю.* Новый объект тепловодной аквакультуры – австралийский красноклешневый рак (*Cherax quadricarinatus*) / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2008. – 6 (47). – С. 220-223.
5. *Лагуткина, Л.Ю.* Новые возможности для формирования стратегии аквабизнеса при долгосрочном планировании / Л.Ю. Лагуткина, С.В. Пономарев // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2009. - №1. – С. 90-95.
6. *Пономарев, С.В.* Марикультура. Культивирование креветок / С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2005. – 72 с.
7. *Пономарев, С.В.* Технология фермерского рыбоводства / С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина. – Астрахань: ООО «ЦНТЭП», 2008. – 304 с.
8. *Пономарев, С.В.* Фермерское рыбководство / С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина. – М.: Колос, 2008. – 347 с.
9. *Пустовой, В.К.* Инструкция по газохроматографическому определению жирных кислот в кормах и биологических субстратах сельскохозяйственных животных. – Боровск, 1978. – 32 с.
10. *Пасхина, Т.С.* Количественное определение аминокислот на бумаге. – В кн: Современные методы биохимии. – М., 1964. – С. 162-177.
11. *Яржомбек, А.А.* Временные рекомендации по определению физиологического состояния рыб по физиолого-биохимическим данным / А.А. Яржомбек, Н.Ф. Шмаков, В.В. Лиманский, Е.Н. Бекина. – М., 1981. – 54 с.
12. *Rothenbacher, E.* An improved method for the separation of peptides and L- amino acids on copper-sephadex. / E. Rothenbacher, R. Waibel, S. Sooms // *Analit. Biochem.* – 1979. – Vol. 97. – P. 367-375.

**FEEDSTUFF CREATION ON THE BASIS OF PHYTO- AND
ZOOPLANKTON BIOMASS FROM POND ECOSYSTEMS FOR
THE OBJECTS OF WARM-WATER AQUACULTURE**

© 2010 L.Yu. Lagutkina, S.V. Ponomarev

Astrakhan State Technical University

The complex of ecological, fish-biological and chemical researches (in a "pilot", search regime) is realized. For the first time the feedstuff on the basis of phyto- and zooplankton biomass from pond ecosystems is developed and tested on the objects of warm-water aquaculture. Nutritional value of dry biomass is established, variants of cultivation of the Australian cancers are offered.

Key words: *aquaculture, feedstuff, Australian cancers, cultivation*

Lina Lagutkina, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of "Aquaculture and Water Resources". E-mail: lagutkina_lina@mail.ru
Sergey Ponomarev, Doctor of Biology, Head of the Department "Aquaculture and Water Resources". E-mail: kafavb@yandex.ru