

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ  
TECHNOLOGY OF HYDROBIONTS PROCESSING**

Научная статья

УДК 639.3.043.2:639.55

DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-676-685

EDN: AFUFVR

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ МАКРОФИТОВ  
В ТЕХНОЛОГИИ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ИНДУСТРИАЛЬНОГО  
ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ ТРЕПАНГА *APOSTICHOPIUS JAPONICUS*****И.А. Кадникова, Н.М. Аминина\***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**Аннотация.** Изучен ферментативный гидролиз смесей макрофитов — анфельции *Ahnfeltia tobuchiensis*, сахарины *Saccharina (Laminaria) japonica* и zostеры *Zostera marina*. Показано, что ферментный препарат «Вискоферм» является наиболее эффективным для смеси макрофитов с высоким содержанием zostеры и сахарины в заданных условиях. Гидролиз при температуре 65 °С и рН 6,0 в течение 16 ч снижает в смесях содержание высокомолекулярных полисахаридов и увеличивает количество легкогидролизуемых углеводов. Использование ферментированной смеси из трех видов водорослей в комбикормах положительно влияет на физиологическое состояние молоди трепанга, они легко усваиваются животными и дают высокий прирост. Среднесуточный прирост массы молоди трепанга в промышленных условиях по сравнению с контролем увеличивается в 1,2 раза при кормлении стартовым комбикормом и в 1,5 раза — при использовании производственного комбикорма.

**Ключевые слова:** макрофиты, сахарина, анфельция, zostера, ферментный препарат, степень гидролиза, комбикорм, трепанг, прирост

**Для цитирования:** Кадникова И.А., Аминина Н.М. Использование ферментированных смесей макрофитов в технологии комбикормов для промышленного выращивания молоди трепанга *Apostichopus japonicus* // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 676–685. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-676-685. EDN: AFUFVR.

Original article

**Using fermented mixture of macrophytes in the technology of compound feed  
for industrial cultivation of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*****Irina A. Kadnikova\*, Natalia M. Aminina\*\***

\*, \*\* Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

\* D.Biol., principal researcher, irina.kadnikova@tinro.ru, ORCID 0000-0002-0439-2561

\*\* Ph.D., head of laboratory, natalya.aminina@tinro.ru, ORCID 0000-0002-7002-9154

**Abstract.** Enzymatic hydrolysis of seaweed and seagrass (anfelta *Ahnfeltia tobuchien-* *sis*, laminaria *Saccharina japonica*, and eelgrass *Zostera marina*) is investigated. The enzyme

\* Кадникова Ирина Арнольдовна, доктор технических наук, главный научный сотрудник, irina.kadnikova@tinro.ru, ORCID 0000-0002-0439-2561; Аминина Наталья Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, natalya.aminina@tinro.ru, ORCID 0000-0002-7002-9154.

preparation Viskoferm was the most effective for the mixture of these macrophytes, with high content of laminaria and eelgrass, under conditions of temperature 65 °C and pH 6.0. The hydrolysis in 16 hours reduced content of high-molecular polysaccharides and increased the portion of easily hydrolysable carbohydrates. Feeding of the sea cucumber juveniles by compound feeds with this fermented mixture of macrophytes had a positive effect on their physiological state; the food was easily digested by the animals and provided good gains. The average daily weight gain of juvenile sea cucumber in hatchery conditions had increased by 1.2 times in case of using the starter compound feed and by 1.5 times — for breeding with the productional compound feed.

**Keywords:** macrophyte, laminaria, anfeltia, eelgrass, enzyme preparation, hydrolysis, compound feed, sea cucumber, weight gain

**For citation:** Kadnikova I.A., Aminina N.M. Using fermented mixture of macrophytes in the technology of compound feed for industrial cultivation of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 676–685. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-676-685. EDN: AFUFVR.

## Введение

Оценка различных представителей макрофитов с позиции их доступности для использования в качестве компонентов разрабатываемых кормов [Кадникова и др., 2016] определила выбор в качестве перспективных компонентов кормов анфельции *Ahnfeltia tobuchiensis*, зостеры *Zostera marina* и сахарины *Saccharina (Laminaria) japonica* [Кадникова и др., 2015; Рогов и др., 2015]. Эти виды макрофитов имеют кво-тируемые ресурсы, являются массовыми в Японском море, на побережье которого и располагаются марикультурные участки по выращиванию трепанга. Морские растения формируют детритную взвесь, продуцируют продукты метаболизма для питания ранних стадий трепанга, районы их произрастания совпадают с местами обитания трепанга [Кадникова, Мокрецова, 2017]. Водоросли-макрофиты из-за высокого содержания структурных высокомолекулярных белково-полисахаридных комплексов клеточных стенок являются трудноусвояемым сырьем, особенно для молодых животных. Для повышения усвояемости кормов на основе растительного сырья используют низкомолекулярные углеводы, пептиды, ферменты [Кадникова и др., 2014; Рогов, 2016]. Известно, что корма с ферментированными растениями повышают физиологический обмен трепанга и эффективность его кормления [Wang et al., 2015; Рогов и др., 2017; Rogov, Kadnikova, 2019]. Также показано, что введение ферментированных водорослевых добавок усиливает иммунитет животных [Uchida, Murata, 2002; Uchida, Miyoshi, 2013].

Целью настоящей работы является использование ферментированных смесей макрофитов в технологии комбикормов для промышленного выращивания молоди трепанга.

## Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали натуральные и ферментированные макрофиты — сахарину японскую *S. (Laminaria) japonica*, анфельцию тобучинскую *A. tobuchiensis*, зостеру морскую *Z. marina* — и их смеси. Ферментативную обработку макрофитов и их смесей проводили жидкой формой комплексного ферментного препарата «Вискоферм» (табл. 1).

Таблица 1  
Характеристика комплексного ферментного препарата «Вискоферм»

Table 1  
Characteristics of the complex enzyme preparation Viskoferm

Ферменты	Оптимальные условия		Рабочий диапазон работы	
	pH	°C	pH	°C
Целлюлаза, эндо-1,4-ксилаза, эндо-1,3(4)-β-глюконаза	5,0–6,5	60–65	5,0–6,5	30–80

Препарат «Вискоферм» содержит комплекс ферментов, действующих на углеводы морских растений. Концентрация ферментного препарата была задана на уровне 1,0 % к массе макрофитов при продолжительности гидролиза 16 ч при температуре 65 °С и рН 6. Эффективность оценивали по степени гидролиза основных полисахаридов макрофитов.

Для оценки эффективности расщепления полисахаридов определена степень гидролиза по формуле

$$\alpha = \left( \frac{C_{гидр}}{C_{общ}} \right) \cdot 100\%,$$

где  $C_{гидр}$  — количество гидролизованных полисахаридов, %;  $C_{общ}$  — общее количество полисахаридов, %.

Для оценки химического состава ферментированных макрофитов и их смесей использовали стандартные методы исследований. Общее содержание азотистых веществ в сырье определяли по методу Кьельдаля на приборе «Kjeltec 2300» Tecator (Foss, Дания). Содержание агара, пектина определяли весовым методом, альгиновой кислоты — титриметрическим методом согласно ГОСТ 26185-84, а легкогидролизуемых полисахаридов (ЛГП) — титрованием по Бертрану [Бурштейн, 1963].

Испытания комбикормов для трепанга проводили на базе структурного подразделения марикультуры на о. Попова Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО), на котором внедрен заводской способ получения и выращивания личинок и молоди трепанга. Молодь трепанга для выращивания отбирали в соответствии с требованиями технологических нормативов [Инструкции..., 2012].

Для биологических испытаний использовали опытные партии стартового и продукционного комбикормов на основе ферментированной смеси макрофитов, которые были произведены в условиях кормового цеха ТИНРО. В качестве контроля использован комбикорм китайского производства.

Эффективность комбикормов для трепангов на основе ферментированных смесей макрофитов оценивали по следующим рыбоводно-биологическим показателям: абсолютный, относительный, среднесуточный прирост молоди трепанга, кормовой коэффициент, выживаемость [Винберг, 1956; Правдин, 1966; Щербина, Гамыгин, 2006].

### Результаты и их обсуждение

В результате ферментативной обработки макрофитов основные изменения отмечены в количественном составе углеводов. Ферментированные водоросли отличаются от натуральных высоким содержанием ЛГП и пониженным — клетчатки и основных полисахаридов. Степень гидролиза у исследованных макрофитов сравнивали по полисахаридам, которые являются обязательным компонентом всех отделов растений. Максимальную степень гидролиза имеет полисахаридный комплекс зостеры, минимальную — комплекс сахарины (табл. 2).

Введение в состав корма ферментированных водорослей вместо натуральных увеличивает в нем содержание ЛГП в 2,2 раза и снижает количество трудногидролизуемых полисахаридов в 1,5–2,0 раза. Уменьшение доли высокомолекулярных полисахаридов в комбикорме объясняется доступностью этих полисахаридов для расщепления комплексным ферментным препаратом и перевода их в более простые углеводы.

Эффективность использования разных видов ферментированных водорослей в составе кормов оценивали по приросту молоди трепанга (см. рисунок). Контролем служил корм на основе саргассума.

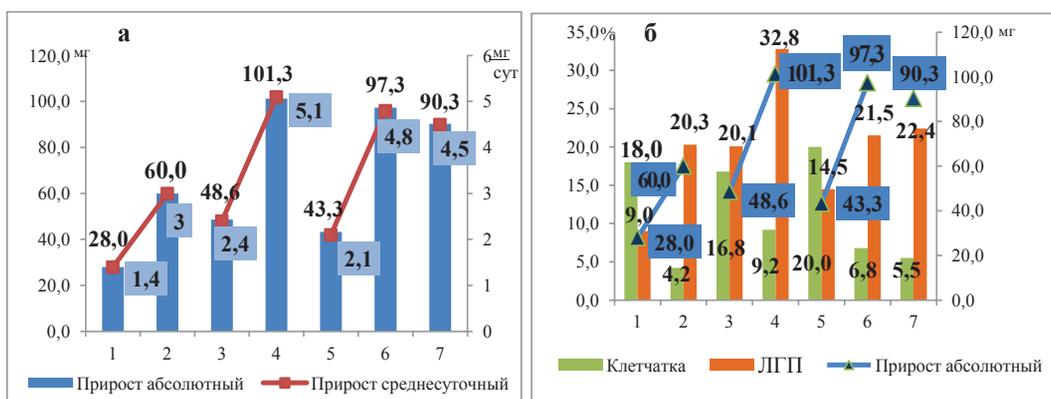
Сравнительный анализ результатов кормления комбикормами с натуральными водорослями и ферментированным морским сырьем показал существенные различия в росте трепанга. Меньший абсолютный прирост массы тела особи отмечен у комбикормов с натуральными водорослями и травами (28,0–48,6 мг), за исключением контроля (см. рисунок, а). Наиболее интенсивный рост наблюдается у молоди трепанга в вариантах, содержащих ферментированные водоросли: за 20 сут кормления трепанга

Химический состав и степень гидролиза макрофитов до и после обработки препаратом «Вискоферм», %

Table 2

Chemical composition and degree of the macrophytes hydrolysis before and after the treatment with Viskoferm, %

Наименование макрофита	Вода	ЛГП	Клетчатка	Полисахариды (агар, альгиновая кислота, пектин)	Белок	Липиды	Зола	Степень гидролиза
Анфельция	10,7	16,5	15,8	12,0	25,6	0,5	14,8	–
Ферментированная анфельция	11,0	29,3	7,0	10,0	22,8	0,4	13,8	38,8
Сахарина	10,2	5,3	17,4	35,5	7,4	1,0	22,7	–
Ферментированная сахарина	10,1	14,5	6,8	26,0	6,8	0,8	19,8	37,9
Зостера	10,0	11,0	15,9	17,2	20,6	1,0	22,4	–
Ферментированная зостера	10,2	25,0	6,8	12,0	19,1	0,9	20,6	43,2



Прирост особи молоди трепанга при кормлении комбикормами на основе натуральных и ферментированных морских растений: **а** — в зависимости от вида используемого сырья; **б** — в зависимости от содержания ЛГП и клетчатки в комбикорме; 1 — натуральная сахарина; 2 — ферментированная сахарина; 3 — натуральная анфельция; 4 — ферментированная анфельция; 5 — натуральная зостера; 6 — ферментированная зостера; 7 — саргассум (контроль)

Weight growth of juvenile sea cucumber fed by compound feeds based on natural and fermented macrophytes in dependence on type of raw materials (**а**) and EHP and fiber content in the feed (**б**): 1 — natural laminaria *Saccharina japonica*; 2 — fermented laminaria; 3 — natural anfeltia *Ahnfeltia tobuchiensis*; 4 — fermented anfeltia; 5 — natural eelgrass *Zostera marina*; 6 — fermented eelgrass; 7 — sargassum (control)

абсолютный прирост увеличился на 60,0–101,3 мг в зависимости от вида сырья. Выживаемость молоди составила 100 % во всех случаях кормления экспериментальными кормами.

Полученные данные показали, что интенсивность ростовых процессов трепанга различна. Среднесуточный прирост массы тела особи при использовании в комбикормах ферментированных водорослей варьирует от 3,0 до 5,1 мг/сут в зависимости от вида используемого сырья.

Применение комбикормов с ферментированным морским сырьем повышает среднесуточный прирост массы тела особи в 2,0–2,2 раза. Увеличение прироста на всех комбикормах с использованием ферментированного сырья связано с возрастанием в нем содержания легкогидролизуемых полисахаридов и снижением количества клетчатки (см. рисунок, б). Продуктивное действие корма оценивали по величине кормового ко-

эффициента. Молодь, получавшая комбикорм на основе ферментированных морских растений, имела высокие приросты при низком кормовом коэффициенте, равном 1,3.

Таким образом, биологические испытания показали, что использование макрофитов после ферментации в составе комбикормов повышает прирост молоди трепанга. При этом в эксперименте была определена разная скорость роста молоди в зависимости от вида макрофитов и степени гидролиза сырья.

С целью выравнивания показателей прироста исследовали ферментативную обработку смесей макрофитов. Эксперименты показали, что наибольшую эффективность дает предварительная ферментативная обработка с использованием препарата «Вискоферм» при сочетании трех видов макрофитов. В результате такой обработки происходили изменения в количественном составе полисахаридов с их переходом в легкогидролизуемую форму (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав и степень гидролиза смесей макрофитов до и после обработки препаратом «Вискоферм», %

Table 3

Chemical composition and degree of the macrophyte mixture hydrolysis before and after the treatment with Viskoferm, %

Наименование смеси	Вода	ЛГП	Клетчатка	Полисахариды (агар, пектин, альгиновая кислота)	Белок	Липиды	Зола	Степень гидролиза
Зостера : сахарина (1 : 1), без обработки	10,0	10,0	12,8	25,8	13,0	0,8	25,0	–
То же, ферментированная	9,7	23,0	8,5	17,2	12,2	0,7	26,5	33,0
Анфельция : зостера : сахарина (2 : 2 : 1), без обработки	6,8	18,2	13,2	17,7	19,1	0,6	22,4	–
То же ферментированная	7,2	27,6	9,1	12,2	18,1	0,6	23,0	29,6
Анфельция : зостера : сахарина (1,0 : 2,5 : 1,5), без обработки	9,0	11,0	13,3	22,6	17,6	0,7	23,8	–
То же, ферментированная	10,5	23,5	8,6	14,6	15,5	0,6	24,5	35,0

Анализ показал, что химический состав и степень гидролиза смесей макрофитов определяются их соотношением. Установлена минимальная степень гидролиза (29,6 %) смеси макрофитов, состоящей из трех промысловых видов анфельция : зостера : сахарина в соотношении 2 : 2 : 1. Количество ЛГП при этом повышается в 1,5 раза — с 18,0 до 27,6 %.

При обработке смеси зостера : сахарина в соотношении 1 : 1 степень гидролиза достигает 33,0 %. Доля полисахаридов уменьшается с 25,8 до 17,0 %, а клетчатки — с 12,8 до 8,4 %. Содержание ЛГП увеличивается до 23,2 %.

При обработке смеси анфельция : зостера : сахарина в соотношении 1,0 : 2,5 : 1,5 гидролиз полисахаридов усиливается. Степень гидролиза увеличивается и составляет 35,0 %. Доля клетчатки уменьшается до 8,6 %, а количество ЛГП увеличивается в 2,5 раза.

Количество белка и минеральных веществ при обработке препаратом «Вискоферм» во всех смесях находится на одном уровне с их содержанием в смесях до обработки.

По-видимому, препарат «Вискоферм» содержит комплекс ферментов, которые действуют специфично на полисахаридные комплексы зостеры и сахарины, содержащие клетчатку, пектин и альгиновую кислоту. Полисахаридный комплекс анфельции, содержащий агар, гидролизуется слабее. Максимальная степень гидролиза полисахаридов выявлена при обработке смесей с низким содержанием анфельции либо без нее. После гидролиза при температуре 65 °С, концентрации 1,0 % к массе воздушно-сухих водорослей, рН 6,0 и продолжительности 16 ч содержание ЛГП увеличивается до 23,2–23,5 % по сравнению с их начальным значением (10,0–11,0 %).

На основании данных о степени гидролиза водорослевой смеси уточнены параметры ферментной обработки препаратом «Вискоферм» в концентрации 1,0 % к смеси макрофитов. Установлено, что при температуре 65 °С, рН 6, продолжительности 16 ч в качестве субстрата рекомендуется смесь макрофитов анфельция : сахарина : зостера в соотношении 1,0 : 1,5 : 2,5 либо без содержания анфельции в смеси, которая показала максимальную степень гидролиза полисахаридного комплекса.

Для проведения промышленных испытаний комбикормов в центре аквакультуры (о. Попов) были подготовлены стартовый и продукционный корма на основе ферментированной смеси промысловых макрофитов с максимальной степенью гидролиза для кормления молоди трепанга. В качестве контроля использовали комбикорма китайского производства.

Опытные партии комбикормов для молоди трепанга выпущены в условиях экспериментального кормового цеха ТИПРО. До начала приготовления комбикорма все компоненты по рецептуре дополнительно сушат, измельчают, просеивают и смешивают с ферментированной смесью макрофитов. Комбикорма на основе ферментированной смеси представляют собой порошки тонкого помола с размером частиц 15,0–17,8 мкм.

Биологические испытания стартового комбикорма начинают с кормления непигментированной молоди трепанга после окончания оседания личинок. После появления у 70–80 % молоди пигментации и достижения размера 1 см переходят на продукционный корм.

Рыбоводно-биологические показатели молоди трепанга при кормлении экспериментальным стартовым комбикормом представлены в табл. 4. В ходе экспериментов молодь трепанга активно поедала комбикорм и интенсивно росла. Никаких видимых отклонений от нормы по внешним признакам у молоди трепанга, выращенной на экспериментальном комбикорме, не отмечено.

Таблица 4

Биологические показатели молоди трепанга за период выращивания в индустриальных условиях при кормлении стартовым комбикормом

Table 4

Dynamics of biological parameters for juvenile sea cucumber during the period of their cultivation in industrial conditions with feeding by starter compound feed

Показатель		Опытный	Контроль
Масса особи, мг	Начальная	10,0 ± 25,0	10,5 ± 20,0
	Конечная	54,3 ± 50,0	49,0 ± 40,0
Прирост особи	Абсолютный, мг	44,3 ± 5,0	38,5 ± 3,0
	Среднесуточный, мг/сут	2,1 ± 0,3	1,8 ± 0,1
	Относительный, %	443,0	366,6
Выживаемость, %		92	93
Кормовой коэффициент		0,9	1,0

За период кормления трепанга стартовым комбикормом масса особей увеличилась в 5,4 раза, в контроле — в 4,6 раза. Масса одной особи увеличилась с 10,0 до 54,3 мг при величине кормового коэффициента 0,9. При этом пигментация особей трепанга достигла 80 %. Среднесуточный прирост массы особи при кормлении экспериментальным комбикормом (2,1 мг/сут) был выше, чем в контроле (1,8 мг/сут).

При кормлении продукционным комбикормом наблюдался интенсивный рост пигментированной молоди трепанга (табл. 5).

Масса особей трепанга в экспериментальной группе увеличилась в 5,9 раза, с 62,0 до 365,5 мг, абсолютный прирост составил 303,5 мг при величине кормового коэффициента 1,1. В контрольной группе животные несколько отставали в росте: масса особей за период кормления выросла в 4,3 раза, абсолютный прирост составил 205,8 мг.

Биологические показатели молоди трепанга за период выращивания в индустриальных условиях при кормлении продукционным кормом

Table 5

Dynamics of biological parameters for juvenile sea cucumber during the period of their cultivation in industrial conditions with feeding by productional compound feed

Показатель		Опытный	Контроль
Масса особи, мг	Начальная	62,0 ± 30,0	61,0 ± 30,0
	Конечная	365,5 ± 65,0	266,8 ± 55,0
Прирост особи	Абсолютный, мг	303,5 ± 5,0	205,8 ± 3,0
	Среднесуточный, мг/сут	7,6 ± 1,0	5,1 ± 1,0
	Относительный, %	489	337
Выживаемость, %		96	96
Кормовой коэффициент		1,1	1,0

Среднесуточный прирост массы особи (7,6 мг/сут) при кормлении экспериментальным комбикормом был выше, чем в контроле (5,1 мг/сут).

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что ферментативная обработка смеси морского растительного сырья на основе анфельции, сахарины и зостеры повышает эффективность комбикормов для выращивания молоди трепанга в индустриальных условиях. По результатам биологической оценки рекомендовано использовать ферментированную смесь из трех видов морских растений для производства стартового и продукционного комбикормов.

### Заключение

Изучен ферментативный гидролиз смесей перспективных макрофитов — анфельции, сахарины и зостеры — в технологии изготовления стартовых и продукционных комбикормов для индустриального выращивания молоди трепанга. Показано, что ферментный препарат «Вискоферм» является эффективным для смеси макрофитов с высоким содержанием зостеры и сахарины и при гидролизе в течение 16 ч при температуре 65 °С, рН 6,0 снижает в них содержание высокомолекулярных полисахаридов и увеличивает количество легкогидролизуемых углеводов. Представлены результаты биологических испытаний по оценке эффекта применения стартового и продукционного комбикормов для выращивания молоди трепанга в заводских условиях. Прирост массы молоди трепанга в индустриальных условиях увеличивается в 5,4 раза при кормлении стартовым комбикормом и в 5,9 раза при использовании продукционного корма. Разработаны рекомендации по применению комбикормов на основе ферментированных макрофитов для выращивания молоди трепанга на экспериментальных комбикормах в индустриальных условиях.

### Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам. Их конструктивные замечания в значительной мере способствовали повышению качества данной статьи.

The authors are grateful to the reviewers, whose constructive comments have contributed greatly to improvement of the article.

### Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.  
The study had no sponsor funding.

## **Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)**

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

The authors declare that they have no conflict of interest.

## **Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)**

Авторы в равной мере участвовали в сборе и обработке данных, обсуждении полученных результатов и написании статьи.

The authors made equal contribution to the data collection and processing, discussed together results of the data analysis, and wrote and illustrated the article jointly.

## **Список литературы**

**Бурштейн А.И.** Методы исследования пищевых продуктов : моногр. — Киев : Госмедиздат УССР, 1963. — 643 с.

**Винберг Г.Г.** Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб : моногр. — Минск : Изд-во Белорус. ун-та, 1956. — 251 с.

**Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях** / сост. Н.Д. Мокрецова, Г.И. Викторовская, И.Ю. Сухин и др. — Владивосток : ТИПРО-Центр, 2012. — 104 с.

**Кадникова И.А., Аминина Н.М., Мокрецова Н.Д., Рогов А.М.** Применение разных видов водорослей в составе кормов для молоди трепанга // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. — 2015. — № 4. — С. 62–68.

**Кадникова И.А., Аминина Н.М., Рогов А.М.** Ферментативная обработка морских водорослей — перспективный способ получения кормовых добавок для марикультуры // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья : мат-лы 6-й Всерос. конф. с междунар. участ. / под ред. Н.Г. Базарновой, В.И. Маркина. — Барнаул : Алт. гос. ун-т, 2014. — С. 415–416.

**Кадникова И.А., Мокрецова Н.Д.** Показатели биологических испытаний кормов на основе анфельдии и зостеры для молоди трепанга // Аквакультура: мировой опыт и российские разработки : мат-лы всерос. науч. конф. — Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2017. — С. 465–468.

**Кадникова И.А., Мокрецова Н.Д., Аминина Н.М., Дзизюров В.Д.** Перспективы использования водорослей в технологии комбинированных кормов для марикультуры // Инновации в биотехнологии аквакультуры и водных биоресурсов Японского моря : мат-лы междунар. науч. конф. — Владивосток : ДВФУ, 2016. — С. 55–60.

**Правдин И.Ф.** Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) : моногр. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Пищепромиздат, 1966. — 375 с.

**Рогов А.М.** Сахарина японская ферментированная — перспективный компонент кормов для марикультуры трепанга // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : мат-лы IV междунар. науч.-техн. конф. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2016. — С. 197–200.

**Рогов А.М., Кадникова И.А., Аминина Н.М.** Применение ферментированной сахарины японской в кормах для молоди трепанга // Аквакультура: мировой опыт и российские разработки : мат-лы всерос. науч. конф. — Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2017. — С. 483–486.

**Рогов А.М., Кадникова И.А., Аминина Н.М., Мокрецова Н.Д.** Перспектива использования морских водорослей в биотехнологии кормов для марикультуры // Биотехнология: состояние и перспективы развития : мат-лы VIII моск. междунар. конгр. — М. : ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. — С. 122–123.

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

**Bligh E.G., Dyer W.J.** A rapid method of total lipid extraction and purification // Can. J. Biochem. Physiol. — 1959. — Vol. 37, № 8. — P. 911–917. DOI: 10.1139/o59-099.

**Rogov A.M., Kadnikova I.A.** Prospect of using enzyme algae processing in the feed additives technology for mariculture // Морские науки и современные технологии для устойчивого развития : тез. докл. 26-й междунар. конф. Тихоокеан. конгр. морских наук и технологий (РАСОН-2019). — Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2019. — P. 306.

**Uchida M., Miyoshi T.** Algal Fermentation — the Seed for a New Fermentation Industry of Foods and Related Products // Japan Agricultural Research Quarterly. — 2013. — Vol. 47, Iss. 1. — P. 53–63. DOI: 10.6090/jarq.47.53.

**Uchida M., Murata M.** Fermentative preparation of single cell detritus from seaweed, *Undaria pinnatifida*, suitable as a replacement hatchery diet for unicellular algae // Aquaculture. — 2002. — Vol. 207. — P. 345–357.

**Wang X., Wang L., Che J. et al.** Improving the quality of *Laminaria japonica* — based diet for *Apostichopus japonicus* through degradation of its algin content with *Bacillus amyloliquefaciens* WB1 // App. Microbiol. Biotechnol. — 2015. — Vol. 99, Iss. 14. — P. 5843–5853. DOI: 10.1007/s00253-015-6583-4.

## References

**Burshtein, A.I.**, *Metody issledovaniya pishchevykh produktov* (Food research methods), Kiev: Gosmedizdat USSR, 1963.

**Vinberg, G.G.**, *Intensivnost' obmena i pishchevyye potrebnosti ryb* (Intensity of metabolism and nutritional needs of fish), Minsk: Izd-vo Belarus. Univ., 1956.

**Mokretsova, N.D., Viktorovskaya, G.I., Sukhin, I.Yu., Dzizyurov, V.D., Kurgansky, G.N., and Gostyukhina, O.B.**, *Instruktsiya po tekhnologii polucheniya zhiznestoykoy molodi trepanga v zavodskikh usloviyakh* (Instructions for the technology of obtaining viable sea cucumber fry in the factory), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2012.

**Kadnikova, I.A., Aminina, N.M., Mokretsova, N.D., and Rogov, A.M.**, Use of various algae species in the feed composition for sea cucumber juvenils, *Vestnik Astrakh. Gos. Tekh. Univ., Ser. Ryb. khoz-vo*, 2015, no. 4, pp. 62–68.

**Kadnikova, I.A., Aminina, N.M., and Rogov, A.M.**, Enzymatic processing of seaweed is a promising method for obtaining feed additives for mariculture, in *Novyye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya : mat-ly 6-y Vseros. konf. s mezhdunar. uchast.* (New achievements in chemistry and chemical technology of plant raw materials: materials of the 6<sup>th</sup> All-Russian conf. from the international participation), N.G. Bazarnova, V.I. Markin, eds, Barnaul: Alt. gos. un-t, 2014, pp. 415–416.

**Kadnikova, I.A. and Mokretsova, N.D.**, Indicators of biological testing of feeds based on anfeltia and zoster for young trepan, in *Akvakul'tura: mirovoy opyt i rossiyskiye razrabotki : mat-ly vseros. nauch. konf.* (Aquaculture: world experience and Russian developments: materials of all-Russian scientific conf.), Rostov-on-Don: Yuzhn. Nauchn. Tsentr, Ross. Akad. Nauk, 2017, pp. 465–468.

**Kadnikova, I.A., Mokretsova, N.D., Aminina, N.M., and Dzizyurov, V.D.**, Prospects for the use of algae in the technology of combined feed for mariculture, in *Innovatsii v biotekhnologii akvakul'tury i vodnykh bioresursov Yaponskogo morya : mat-ly mezhdunar. nauch. konf.* (Innovations in biotechnology of aquaculture and aquatic bioresources of the Sea of Japan: materials of the International scientific conf.), Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2016, pp. 55–60.

**Pravdin, I.F.**, *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)* (Guide to the Study of Fish (Mainly Freshwater)), 4<sup>th</sup> ed., Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1966.

**Rogov, A.M.**, The fermented Saccharina japonica is a perspective feed component for the sea cucumber mariculture, in *Aktual'nyye problemy osvoyeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana : mat-ly IV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* (Actual problems of the development of biological resources of the World Ocean: materials of the IV Intern. sci.-tech. conf.), Vladivostok: Dal'rybvtuz, 2016, pp. 197–200.

**Rogov, A.M., Kadnikova, I.A., and Aminina, N.M.**, The use of fermented Japanese saccharin in feed for sea cucumber juveniles, in *Akvakul'tura: mirovoy opyt i rossiyskiye razrabotki : mat-ly vseros. nauch. konf.* (Aquaculture: world experience and Russian developments: materials of all-Russian scientific conf.), Rostov-on-Don: Yuzhn. Nauchn. Tsentr, Ross. Akad. Nauk, 2017, pp. 483–486.

**Rogov, A.M., Kadnikova, I.A., Aminina, N.M., and Mokretsova, N.D.**, Use of algae in the feed biotechnology for mariculture, in *Biotekhnologiya: sostoyaniye i perspektivy razvitiya : mat-ly VIII mosk. mezhdunar. kongr.* (Biotechnology: state and development prospects: materials of VIII mosk. intl. congr.), Moscow: ZAO «Ekspo-biokhim-tekhnologii», RKHTU im. D.I. Mendeleyeva, 2015, pp. 122–123.

**Shcherbina, M.A. and Gamygin, E.A.**, *Kormleniye ryb v presnovodnoy akvakul'ture* (Feeding fish in freshwater aquaculture), Moscow: VNIRO, 2006.

**Bligh, E.G. and Dyer, W.J.**, A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 1959, vol. 37, no. 8, pp. 911–917. doi 10.1139/o59-099

**Rogov, A.M. and Kadnikova, I.A.**, Prospect of using enzyme algae processing in the feed additives technology for mariculture, in *Marine Science and Technology for Sustainable Development:*

Abstracts of the 26<sup>th</sup> International Conference of Pacific Congress on Marine Science and Technology (PACON-2019), Vladivostok: TOI DVO RAN, 2019, pp. 306.

**Uchida, M. and Miyoshi, T.**, Algal Fermentation — the Seed for a New Fermentation Industry of Foods and Related Products, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 2013, vol. 47, no. 1, pp. 53–63. doi 10.6090/jarq.47.53

**Uchida, M. and Murata, M.**, Fermentative preparation of single cell detritus from seaweed, *Undaria pinnatifida*, suitable as a replacement hatchery diet for unicellular algae, *Aquaculture*, 2002, vol. 207, pp. 345–357.

**Wang, X., Wang, L., Che, J., Li, Zh., Zhang, J., Li, X., Hu, W., and Xu, Y.**, Improving the quality of *Laminaria japonica* — based diet for *Apostichopus japonicus* through degradation of its algin content with *Bacillus amyloliquefaciens* WB1, *App. Microbiol. Biotechnol.*, 2015, vol. 99, no. 14, pp. 5843–5853. doi 10.1007/s00253-015-6583-4

*Поступила в редакцию 11.08.2023 г.*

*После доработки 22.08.2023 г.*

*Принята к публикации 4.09.2023 г.*

*The article was submitted 11.08.2023; approved after reviewing 22.08.2023;  
accepted for publication 4.09.2023*