

**Ключевые слова:**

комбикорм, макрофиты, ферментирование, молодь трепанга, прирост, кормовой коэффициент

**Keywords:**

compound feed, macrophytes, fermentation, juvenile sea cucumber, growth, feed ratio

## Комбикорма для промышленного выращивания молоди трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka)

DOI

Д-р техн. наук

**И.А. Кадникова** – главный научный сотрудник Лаборатории безопасности и морского растительного сырья; канд. биол. наук

**Н.М. Аминина** – заведующая Лабораторией безопасности и морского растительного сырья; канд. хим. наук **Е.В. Якуш** – заместитель руководителя – Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), г. Владивосток

@ irina.kadnikova@tinro-center.ru;  
natalya.aminina@tinro-center.ru;  
evyakush@mail.ru

### COMPOUND FEED FOR INDUSTRIAL REARING OF JUVENILES TREPANG *APOSTISHOPUS JAPONICUS* (SELENKA)

Doctor of technical sciences **I.A. Kadnikova** – chief researcher of Laboratory of safety and quality of marine plant raw materials

Candidate of biological sciences **N.M. Aminina** – Head of the laboratory of safety and quality of marine plant raw materials

Candidate of chemical sciences **E.V. Yakush** – Deputy Head of the Pacific Branch – Pacific branch of the Russian Federal Institute of Fisheries and Oceanography, Vladivostok

Application of enzymatic hydrolysis of macrophytes in the technology of feed for juvenile sea cucumber was justified. A basic recipe for compound feed based on fermented marine vegetable raw materials has been developed. Biological tests in the department for the reproduction of sea cucumber on the basis of the Pacific branch of the FSBSI VNIRO (TINRO) (Primorsky region, Popova island) confirmed the effectiveness of the use of fermented algae in the composition of feed. The average daily weight gains of sea cucumber individual increases, and the feed ratio decreases in comparison with feeds based on natural marine plants.

В новой отраслевой программе «Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса РФ на 2030 год» приоритетным направлением является выращивание, восстановление и сохранение популяций наиболее ценных видов водных биологических ресурсов – двустворчатых моллюсков, трепанга, морского ежа. Новая стратегия развития рыбохозяйственного комплекса до 2030 г. предполагает трехкратный рост производства аквакультуры. В связи

с этим одной из основных задач, стоящих перед рыбной отраслью РФ, является разработка технологий производства отечественных кормов для выращивания ценных гидробионтов, способных стимулировать рост и повышать их выживаемость.

Товарное выращивание трепанга впервые появилось в Китае, и в настоящее время составляет около 200 тыс. т в год. Продукция из него популярна в Китае и юго-восточной

Азии. Он используется в традиционной медицине и относится к продуктам высшей ценовой категории [1; 2]. Индустриальное выращивание трепанга *Apostichopus japonicus* (Selenka) – это новое направление марикультуры на Дальнем Востоке, и считается наиболее сложным среди других технологий гидробионтов. Помимо выращивания трепанга в заводских условиях, на первом этапе требуется еще культивирование микроводорослей или бактериальной биомассы для кормления личинок. На втором этапе, после превращения личинок в молодь, используются корма на основе макроводорослей китайского производства. В связи с этим первоочередной задачей для успешного развития марикультуры трепанга является разработка технологии отечественных кормов для выращивания молоди в искусственных условиях. В природе трепанг обитает предпочтительно на участках с зарослями макроводорослей, насыщенных детритом. Их органическая составляющая обеспечивается растительными остатками. В странах АТР в корм для молоди трепанга обычно добавляют культивируемый саргассум, который относится к фукусовым водорослям. В нашей стране этот вид водорослей имеет небольшую биомассу и не добывается. Поэтому в качестве перспективных компонентов в корма были отобраны анфельция тобучинская *Ahnfeltia tobuchiensis*, сахарина японская *Saccharina (Laminaria) japonica* и zostера морская *Zostera marina* [3]. В качестве объектов исследований использовали также два потенциально промысловых вида фукусковых водорослей – стефаноцистис (цистозира) длинноногий *Stephanocystis (Cystoseira) crassipes* и саргассум бледный *Sargassum pallidum*.

Методология исследований включала в себя четыре основных этапа:

- обоснование использования компонентов в составе кормов по химическим показателям;
- разработка и оптимизация состава кормов;
- оценка органолептических, химических показателей, пищевой и энергетической ценности кормов;
- проведение биологических испытаний кормов.

В результате проведенных исследований были определены доли макрофитов в рецептурах, показано их влияние на химический состав корма и соотношение питательных веществ в нем [4]. Установлено, что прирост молоди зависит от вида и состава, используемого в корме, макрофита (рис. 1).

Максимальный прирост массы тела особей трепанга наблюдали при введении в комбикорм фукусковых водорослей, минимальный – при использовании сахарины. Проблема в ее использовании состоит в быстром выделении на поверхность большого количества полисахаридов, обладающих густой вязкой консистенцией [5]. Для решения этой проблемы использовали ферментирование водорослей [10; 11]. Известно, что корма с ферментированными растениями повышают физиологический обмен трепанга и эффективность его кормления [12; 13]. Также было показа-

Обосновано применение ферментализации макрофитов в технологии кормов для молоди трепанга. На основе ферментированного морского растительного сырья разработан базовый рецепт комбикорма. Биологические испытания в цехе по воспроизводству трепанга на базе Тихоокеанского филиала ФГБНУ ВНИРО (ТИНРО) (Приморский край, о. Попова) подтвердили эффективность использования ферментированных водорослей в составе кормов. Среднесуточный прирост массы тела особи трепанга повышается, а кормовой коэффициент уменьшается в сравнении с кормами на основе натуральных морских растений.

но [14; 15; 16], что введение ферментированных водорослевых добавок усиливает иммунитет животных.

Для обработки сахарины использовали внутренности морских иглокожих: кукумарии японской (*Cucumaria japonica*) и морского ежа (*Strongylocentrotus intermedius*), ферменты кото-



**Рисунок 1.** Биологическая оценка комбикормов на основе разных видов морского растительного сырья  
**Figure 1.** Biological evaluation of compound feeds based on different types of marine plant raw materials



**Рисунок 2.** Биологическая оценка комбикормов на основе сахарины  
**Figure 2.** Biological evaluation of compound feeds based on *Saccharina japonica*



**Рисунок 3.** Научно-производственный центр аквакультуры на острове Попова  
**Figure 3.** Research and Production Center of Aquaculture on Popova Island

рых обладают альгиной активностью и осуществляют деструкцию полисахаридов бурых водорослей [6; 7]. В результате было установлено, что при ферментации происходит снижение количества альгиновой кислоты, клетчатки и увеличивается содержание в водоросли легкогидролизуемых полисахаридов [8]. При этом суточный прирост молоди трепанга, при питании кормом на основе обработанной сахарины, приближался по эффективности к корму на основе саргассума (рис. 2).

Полученные данные подтверждают эффективность использования ферментированных водорослей в составе кормов, в сравнении с натураль-



**Рисунок 4.** Прирост молоди трепанга и кормовой коэффициент комбикормов в зависимости от вида используемого сырья

1. Сахарина натуральная - (Н); 2. Сахарина ферментированная - (Ф); 3. Анфельция - Н;
4. Анфельция - Ф; 5. Зостера - Н;
6. Зостера - Ф; 7. Стефаноцистис - Н;
8. Стефаноцистис - Ф; 9. Саргассум - Н;
10. Саргассум - Ф; 11. Китайский корм

**Figure 4.** The growth of juveniles sea cucumber and the feed ratio of compound feeds, depending on the type of raw materials used

1. Natural saccharin (N); 2. Fermented saccharin (F);
3. Anfeltia-N; 4. Anfeltia-F; 5. Zostera-N; 6. Zostera-F;
7. Stephanocystis-N; 8. Stephanocystis-F; 9. Sargassum-N;
10. Sargassum-F; 11. Chinese food

ными [9]. При разработке технологии ферментированных водорослей использовали промышленно выпускаемые ферменты для растительного сырья. В результате были установлены рациональные параметры гидролитического расщепления водорослей 5 препаратами (Целлолюкс F, Вискофло MG, Оллзайм BG, Оллзайм РТ и Оллзайм ВегПро). В их составе присутствуют ферменты, специфичные для гидролиза растительных полисахаридов: целлюлаза, глюконаза, ксиланаза, гемицеллюлаза, целлобиаза, пентозаназа.

Базовый рецепт комбикорма разрабатывали с учетом информации, имеющейся в научных публикациях, и результатов собственных исследований. В его составе до 40 % составляют морские растения, в качестве белковых добавок использовали рыбную муку, соевый шрот, отходы мягких тканей моллюсков, дрожжи, в качестве минеральных веществ – природный детрит, отходы твердых тканей моллюсков. Биологические испытания комбикорма, на основе ферментированных морских растений, проводили на базе Тихоокеанского филиала ФГБНУ ВНИРО («ТИНРО») (Приморский край, о. Попова) (рис. 3).

Установлено, что комбикорма с ферментированным морским сырьем повышают среднесуточный прирост массы тела особи трепанга в 1,8-2,2 раза (рис. 4), по сравнению с комбикормами на основе натурального сырья.

Кормовой коэффициент, при переходе на комбикорм с ферментированными растениями, уменьшался (рис. 4).

В настоящее время в «ТИНРО» проводится отработка технологии приготовления комбикорма в промышленных условиях для наработки опытной партии и проведения производственной проверки в цехе по воспроизводству трепанга на базе Обособленного подразделения марикультуры «ТИНРО» на о. Попова (рис. 5).

## ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Акулин В.Н. Марикультура в КНР / В.Н. Акулин, Г.С. Гаврилова, С.Л. Иванов // Рыбное хозяйство. – 2005. – №4. – С.42-43.
1. Akulin V.N. Mariculture in China/ V. N. Akulin [and other] / V.N. Akulin, G.S. Gavrilova, S.L. Ivanov // Fisheries. - 2005. - No. 4. - Pp. 42-43.
2. О ситуации на рынке трепанга в Китае //https://fishretail.ru/news/o-situatsii-na-rinke-trepanga-v-kr-389235.
2. About the situation on the market of sea cucumber in China //https://fishretail.ru/news/o-situatsii-na-rinke-trepanga-v-kr-389235.
3. Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2018 г. (краткая версия). – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2019. – 434 с.
3. The state of fisheries resources. Forecast of the total catch of hydrobionts in the Far Eastern fisheries basin for 2018 (short version). - Vladivostok: TINRO-Center, 2019 - 434 p.
4. Кадникова И.А. Применение разных видов водорослей в составе кормов для молоди трепанга / И.А. Кадникова, Н.М. Аминина, Н.Д. Мокрецова // Вестник АГТУ. – 2015. – №4. – С.62-68.
4. Kadnikova I.A. Application of different types of algae in the composition of feed for trepang juveniles / I.A. Kadnikova, N.M. Aminina, N.D. Mokretsova // Bulletin of ASTU. - 2015. - No. 4. - Pp. 62-68.



**Рисунок 5.** Цех по воспроизводству трепанга

**Figure 5.** Department for the reproduction of sea cucumber

5. Кадникова И.А. Использование *Laminaria (Saccharina) japonica* в составе кормов для молоди трепанга, полученной в искусственных условиях /И.А. Кадникова, Н.М. Аминина, Н.Д. Мокрецова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2014. – № 9. – С.41-48.
5. Kadnikova I.A. The use of kelp (*Saccharina*) Japanese in the composition of the feed for juveniles of the sea cucumber, obtained in vitro /I.A. Kadnikova, N.M. Aminina, N.D. Mokretsova // *Fish and fisheries*. - 2014. - No. 9. - Pp. 41-48.
6. Рассказов В.А. Ферменты из морских организмов. Основные свойства и перспективы их использования / В.А. Рассказов, Т.Н. Звягинцева, В.В. Сова // Вестник ДВО РАН. – 1999.– № 4. – С. 56–66.
6. Rasskazov V.A. Ferments from marine organisms. Basic properties and prospects of their use / V.A. Rasskazov, T.N. Zvyagintseva, V.V. Sovo // *Vestnik DVO RAN*. - 1999. - No. 4. - Pp. 56-66.
7. Агаркова В.В. Биохимические основы биотических взаимоотношений серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* и бурой водоросли *Laminaria japonica*. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / В.В. Агаркова // Владивосток. – 2007. – 20 с.
7. Agarkova V.V. Biochemical basis of biotic relationships between the gray sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* and the brown algae *Laminaria japonica*. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences / V.V. Agarkova // *Vladivostok*. - 2007. - 20 p.
8. Рогов А.М. Влияние ферментной обработки на химический состав сахарины японской / А.М. Рогов, И.А. Кадникова, Н.М. Аминина // Вестник КамчатГТУ. – 2016. – №38. – С.44-50. DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-44-50.
8. Rogov A.M. The effect of enzyme processing on the chemical composition of *Saccharina japonica* / A.M. Rogov, I.A. Kadnikova, N.M. Aminina // *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. - 2016. - No. 38. - Pp. 44-50. DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-44-50.
9. Рогов А.М. Исследование влияния ферментации сахарины японской на химический состав комбикормов для молоди трепанга / А.М. Рогов // Известия ТИНРО – 2017. – Т. 190. – № 4. – С.196-203.
9. Rogov A.M. Investigation of the effect of fermentation of *Saccharina japonica* on the chemical composition of compound feeds for trepang juveniles / A.M. Rogov // *Izvestiya TINRO-2017*. - Vol. 190. - No. 4. - Pp. 196-203.
10. Uchida M., Murata M. Fermentative preparation of single cell detritus from seaweed, *Undaria pinnatifida*, suitable as a replacement hatchery diet for unicellular algae/ M. Uchida, M. Murata // *Aquaculture*. – 2002. – Vol. 202. – Pp.345–357.
11. Uchida M., Miyoshi T. Algal Fermentation-the Seed for a New Fermentation Industry of Foods and Related Products /M. Uchida, T. Miyoshi // *Japan Agricultural Research Quarterly*. – 2013. – Vol. 47. – №1. – Pp. 53–63.
12. Nakagawa H., Kasahara S. Effect of *Ulva*-meal supplement to diet in the lipid metabolism of red sea bream / H. Nakagawa, S. Kasahara // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* – 1986. – Vol.52. – Pp.1887–1893.
13. Yuan X. The influence of diets containing dried bivalve feces and/or powdered algae on growth and energy distribution in sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata: Holothuroidea) / X. Yuan, H. Yang, Y. Zhou et al. // *Aquaculture*. – 2006. – Vol. 256. – Pp. 457–467.
14. Yi Y-H., Chang Y.- J. Physiological effects of sea mustard supplement diet in the growth and body composition of young rockfish, *Sebastes schlegelii* / Y.-H.Yi, Y.- J.Chang // *Bull. Kor.Fish. Soc.* – 1994. – Vol.27. – Pp. 69–82.
15. Ashida T., Okimasu E. Immunostimulatory effects of fermented vegetable product on the non-specific immunity of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* / T. Ashida, E. Okimasu // *Fish Sci.* – 2005. – Vol. 71. – Pp. 257–262.
16. Ashida T. The dietary effects of a fermented vegetable product on glutathione peroxidase activity and lipid peroxidation of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* / T. Ashida, Yu.Takei, M.Takagaki et al. // *Fish. Sci.* – 2006. – Vol. 72. – Pp. 179–184.