

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 639.55

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-70-15

EDN: RSSDRD

**Морские биотопы Дальневосточного бассейна – источник выделения дрожжей
*Rhodotorula spp.***

**Инга Владимировна Матросова¹, Екатерина Мироновна Панчишина²,
Надежда Леонидовна Корниенко³, Анастасия Андреевна Политаева⁴**

^{1, 2, 3, 4} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный универси-
тет, Владивосток, Россия

¹ matrosova.iv@dgtru.ru, ORCID: 0000-0001-5316-4955

² panchishina.em@dgtru.ru, ORCID: 0000-0002-5069-0316

³ kornienkonl@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7161-622X

⁴ politaeva.aa@dgtru.ru, ORCID: 0000-0002-8417-140X

Аннотация. В аквакультуре использование бактериальных культур рассматривается как экологичный и экономически эффективный подход к выращиванию здоровых, устойчивых к патогенам гидробионтов. Поиск новых высокопродуктивных штаммов дрожжей для получения пробиотических препаратов имеет большое значение для отечественной аквакультуры. На основании литературного обзора определено, что выделение морских дрожжей *Rhodotorula spp.* представляет теоретический и практический интерес. Дана характеристика исследуемых морских биотопов Дальневосточного бассейна (северо-восточная часть острова Кунашир) – морская вода и грунт (глубина от 0 до 35 м), водные биоресурсы (соскоб с поверхности трепанга). В статье приводятся атласы выделенных культур микроорганизмов, в том числе дрожжей из грунта, взятого с глубины 0, 5, 10, 15 и 20 м и соскобов с поверхности трепанга с глубины 0, 1, 5, 15 м в зал. Спокойный (Южно-Курильский пролив). Из 20 исследованных проб морских биотопов выделено 7 дрожжевых культур предположительно рода *Candida spp.* Результаты исследования показали отсутствие в произведенных микробиологических посевах искомого вида дрожжевой культуры *Rhodotorula spp.* На основании анализа литературы и результатов собственных наблюдений предположено влияние факторов внешней среды (сезон (лето), температура воды, соленость, глубина, неравномерное распределение органических соединений) на распространение дрожжей рода *Rhodotorula spp.* в объектах изученной морской экосистемы.

Ключевые слова: дрожжи, *Rhodotorula spp.*, биотопы, морская вода, грунт, дальневосточный трепанг

Финансирование: работа выполнена при финансовой поддержке НИР № 822/2023 «Научное обоснование получения кормовых препаратов пробиотической направленности на основе биомассы дрожжей *Rhodotorula spp.*, предназначенных для выращивания объектов аквакультуры».

Для цитирования: Матросова И. В., Панчишина Е. М., Корниенко Н. Л., Политаева А. А. Морские биотопы Дальневосточного бассейна – источник выделения дрожжей *Rhodotorula spp.* // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 148–157.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

Marine biotopes of the Far Eastern basin are the source of the yeast *Rhodotorula spp.*

**Inga V. Matrosova¹, Ekaterina M. Panchishina², Nadezhda L. Kornienko³,
Anastasia A. Politaeva⁴**

^{1, 2, 3, 4} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹ matrosova.iv@dgtru.ru, ORCID: 0000-0001-5316-4955

² panchishina.em@dgtru.ru, ORCID: 0000-0002-5069-0316

³ kornienkonl@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7161-622X

⁴ politaeva.aa@dgtru.ru, ORCID: 0000-0002-8417-140X

Abstract. In aquaculture, the use of bacterial cultures is seen as an environmentally friendly and cost-effective approach to growing healthy, pathogen-resistant aquatic organisms. The search for new highly productive yeast strains for the production of probiotic preparations is of great importance for domestic aquaculture. Based on the literature review, it is determined that the isolation of marine yeast *Rhodotorula spp.* is of theoretical and practical interest. The characteristics of the studied marine biotopes of the Far Eastern basin (north-eastern part of Kunashir Island) are given: sea water and soil (depth from 0 to 35 m), aquatic bioresources (scraping from the surface of sea cucumber). The article presents atlases of isolated cultures of microorganisms, including yeast from the soil taken from a depth of 0, 5, 10, 15 and 20 m and scrapings from the surface of trepang from a depth of 0, 1, 5, 15 m into the hall. Calm (South Kuril Strait). Out of 20 studied samples of marine biotopes, 7 yeast cultures were isolated presumably of the genus *Candida spp.* The results of the study showed the absence of the desired species of yeast culture *Rhodotorula spp.* in the microbiological cultures produced. Based on the analysis of the literature and the results of our own observations, the influence of environmental factors (season (summer), water temperature, salinity, depth, uneven distribution of organic compounds) on the distribution of yeast of the genus *Rhodotorula spp.* in the objects of the studied marine ecosystem was assumed.

Keywords: yeast, *Rhodotorula spp.*, biotopes, seawater, soil, Far Eastern sea cucumber

Funding: the work was carried out with the financial support of Research No. 822/2023 «Scientific justification for the production of probiotic feed preparations based on the biomass of yeast *Rhodotorula spp.* intended for the cultivation of aquaculture facilities».

For citation: Matrosova I. V., Panchishina E. M., Kornienko N. L., Politaeva A. A. Marine biotopes of the Far Eastern basin are the source of the yeast *Rhodotorula spp.* *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 70(4): 148–157. (In Russ.).

Введение

Дрожжевая клетка богата питательными веществами: белки составляют приблизительно 90 %, значительно содержание фосфора и калия. В связи с этим аспорогенные дрожжи находят широкое применение как белковые препараты в кормопроизводстве.

Основная информация по изучению морских дрожжей относится к 50-70-м гг. XX столетия. Лабораторные опыты убедительно доказали пищевую ценность дрожжевых грибов

для многих водных беспозвоночных и молоди рыб [1–4]. Достигнуты значительные успехи в изучении экологии водных дрожжей. Накоплены данные о видовом составе дрожжевых организмов, обитающих в морских и пресных водоемах, проанализированы некоторые закономерности их географического распределения, отношения дрожжей к минерализации воды и температурным условиям.

Анализ обширного материала о видовом составе дрожжей в различных районах Мирового океана показывает, что наиболее распространены в морях виды дрожжей *Candida guilliermondii*, *C. parapsilosis*, *C. tropicalis*, *Cryptococcus albidus*, *Debaryomyces hansenii*, *D. Subgloboseus*, *Rhodotorula rubra*, *Rh. glutinis*, *Rh. mucilaginosa*, *Rh. minuta*, *Rh. aurantiaca*, *Torulopsis aerea*, *T. candida*, *T. famata* и черные дрожжи.

Учитывая, что дрожжи являются постоянными обитателями водной толщи и грунтов, образуют значительную биомассу и обладают большой скоростью размножения, они могут служить хорошим источником пищи для многих представителей водной фауны. В этой связи интересно отметить, что дрожжи способны к синтезу многих витаминов, а окрашенные формы содержат каротиноиды. В водоемах, особенно на больших глубинах, куда не проникает свет и не развиваются водоросли, дрожжи служат единственной и незаменимой пищей для водных организмов. Многие исследователи в модельных опытах доказали преимущество дрожжевой пищи для многих представителей водных животных, включая молодь рыб [1–6].

Продолжение исследований представляет интерес для ученых, поскольку морские дрожжи входят в кормовые смеси для гидробионтов, выращиваемых в аквакультуре. Настоящее время диктует необходимость совершенствования имеющихся подходов к искусственному воспроизводству. Нужны новые технические решения для устойчивого воспроизводства объектов аквакультуры. Так, возобновились работы по изучению дрожжей Черного моря [7–12]. Выделение дрожжей *Rhodotorula*, содержащих каротиноидные пигменты, представляет теоретический и практический интерес [13, 14]. Таким образом, приобретают актуальность исследования по изучению дрожжевого сообщества морских мест обитания и объектов водных биоресурсов Дальневосточного бассейна, с целью выделения дрожжей *Rhodotorula spp.*

Объекты и методы исследований

Объектами микробиологических исследований на предмет изучения возможного источника выделения дрожжевой культуры *Rhodotorula spp.* стали природные биотопы – морская вода, грунт, водные биоресурсы, характеристика которых приведена ниже.

Отбор проб грунта производился на акватории зал. Спокойный (Южно-Курильский пролив) в северо-восточной части острова Кунашир с 11 по 14 июля 2023 г. Пробы отбирались водолазным способом на глубине от 0 до 35 м. Температура воды на дне варьировалась от 6,1 до 16,7 °С. Данные о местоположении района исследования и точках сбора проб представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Материал, положенный в основу работы

Table 1

The material used as the basis of the work

№ точки	Координаты		Температура воды, °С	Глубина, м	Количество проб грунта, экз.	Количество проб с поверхности трепанга, экз.
	с.ш.	в.д.				
1	44.33373	146.36669	16,7	0	1	1
2	44.33275	146.37037	16,6	1	1	1
3	44.34162	146.37891	15,2	2	1	1
4	44.33701	146.37943	13,9	5	1	1

5	44.34687	146.39248	12,4	10	1	1
6	44.34643	146.39973	10,3	15	1	1
7	44.3514	146.4062	8,7	20	1	1
8	44.34592	146.41151	8,2	25	1	1
9	44.34445	146.41563	7,3	30	1	1
10	44.34162	146.41838	6,1	35	1	1

Пролив располагается в южной части Курильской гряды и ограничивается от вод Охотского моря островом Кунашир. От Тихого океана его отделяет Малая Курильская гряда, с юго-запада ограничен островом Хоккайдо и имеет открытую границу в районе зал. Спокойный (44.34816 с.ш., 146.42029 в.д.) на северо-востоке [15].

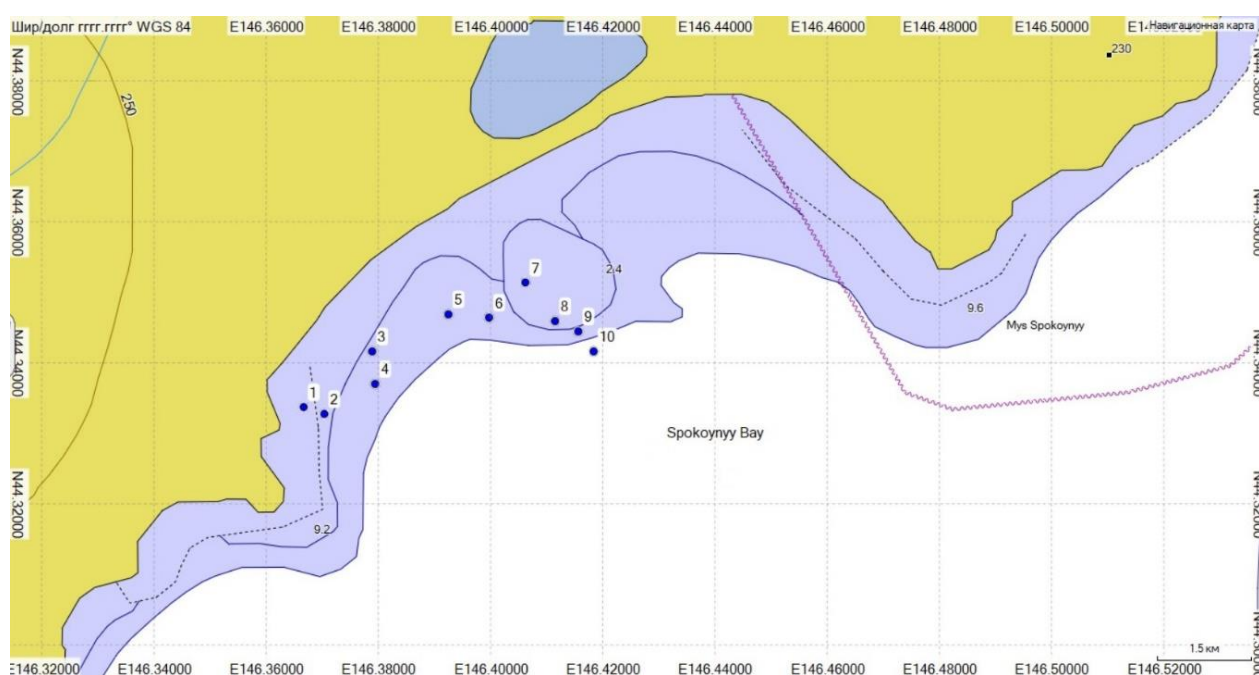


Рис. 1. Карта района отбора проб (зал. Спокойный, Южно-Курильский пролив).
Составлено авторами

Fig. 1. Map of the sampling area (Spokoynyy Bay, South Kuril Strait). Compiled by the authors

Специфические условия данной акватории – ее относительная мелководность, достаточно большие размеры и защищенность с различных сторон островами, наличие многочисленных проливов, через которые поступают и смешиваются охотоморские и океанские воды, являются причиной его высокой биологической продуктивности и биоразнообразия.

Водообмен с Охотским морем осуществляется преимущественно через Кунаширский пролив, глубина которого резко уменьшается в районе соединения с изучаемой акваторией, и в меньшей степени – через пролив Екатерины. Проникновение океанских вод в него более свободное, однако хорошо известно, что в летний период здесь преобладают теплые воды с высокой соленостью, которые транспортируются из Японского моря вдоль северного побережья острова Хоккайдо теплым течением Соя. Берег залива низкий, преимущественно песча-

ный. Северо-восточная часть залива окаймлена рифами. Вдоль северного берега тянется подводная каменная плита шириной до 1 кбт. Глубины во входе в залив 20–50 м, преобладает каменный, песчаный и песчано-галечный грунт [16–19].

Отбор проб грунта и воды из исследуемого водоема осуществлялся в стерильный пластмассовый контейнер, высота слоя воды – не более 6 см, высота слоя грунта – не более 1–2 см. В грунт устанавливали два предметных стекла, ориентированных вертикально.

Отбор проб особей дальневосточного трепанга (*Apostichopus japonicus*) производился одновременно со сбором проб грунта на акватории зал. Спокойный (Южно-Курильский пролив) с 11 по 14 июля 2023 г. (см. табл. 1, рис. 1). Особи дальневосточного трепанга в районе зал. Спокойный в основном образуют поселения на глубинах от 20 до 35 м. В исследуемом районе трепанг преимущественно встречался на заиленных скальных, скально-валунных грунтах, что согласуется с литературными данными [20].

С поверхности трепанга скальпелем делали соскоб в стерильные пластмассовые контейнеры с плотно прилегающими крышками. Исследуемые образцы проб транспортировали в термохолодильнике в течение 48 ч. Пробопостановку соскоба с поверхности трепанга осуществляли сразу после доставки образцов в лабораторию, а стеклообрастание исследовали на 6-е сут. Стекла обрастания выдерживали при постоянной температуре 25 °С в затемнении. По истечении срока, через 6 сут стекла извлекали из воды и стирали стерильным тампоном обрастания с одной стороны. Выделение дрожжей проводили методом накопительных культур по схеме, представленной на рис. 2 [21].



* Для создания селективных условий в среду добавляли амоксициллин 500 мг/л.

Рис. 2. Универсальная схема выделения дрожжей. Составлено авторами
Fig. 2. Universal yeast isolation scheme. Compiled by the authors

На поверхность плотной питательной среды Сабуро пипеткой нанесли каплю накопительной культуры и стерильным стеклянным шпателем Дригальского распределили ее по поверхности среды в чашке Петри. Морфологические и культуральные признаки выделенных культур дрожжей изучали по общепринятым методам [22].

Результаты и их обсуждение

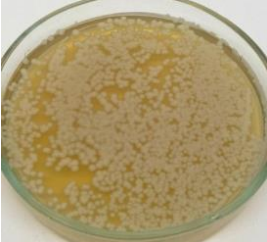
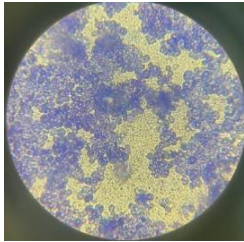

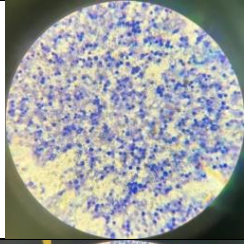

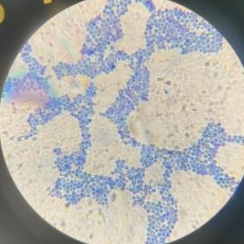

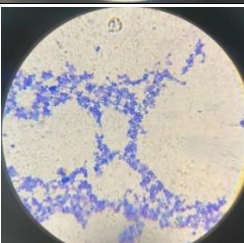
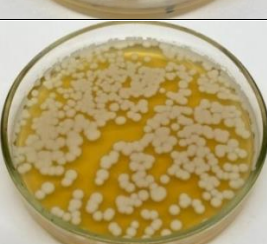
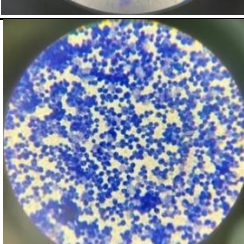

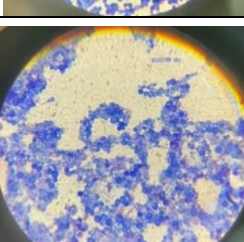
Из исследованных 10 проб грунта, взятых в зал. Спокойный (Южно-Курильский пролив) из морских глубин от 0 до 35 м, выделено 6 культур дрожжей. На основе полученных данных сформирован атлас, представленный в табл. 2.

Таблица 2

Атлас выделенных культур дрожжей из грунта в зал. Спокойный
(Южно-Курильский пролив)

Table 2

Atlas of isolated yeast cultures from the soil in Spokoynyy Bay (South Kuril Strait)

№ п/п	Глубина взятия грунта, м	Культуральный рост	Микроскопическая картина ×100, окраска метиленовым синим
1	0		
3	2		
4	5		
5	10		
6	15		
7	20		

Из литературных источников известно, что в толще морской воды дрожжи выделяются редко, данное явление обусловлено неравномерным распределением в водной толще органических соединений и биогенов [23], что согласуется с полученными экспериментальными данными, где отсутствует рост дрожжей в образцах проб, взятых на глубине 25–35 м.

При визуальной оценке культурального роста посевов проб грунта наблюдался как рост моноизолированных колоний (5 и 20 м), так и сплошной рост (0 и 15 м) округлой формы, белого цвета с матовой поверхностью, характерный для дрожжей рода *Candida spp.*

При изучении культуральных особенностей выделенных культур из проб грунта с глубины 2 и 10 м на плотной среде Сабуро отмечен рост смешанной культуры, состоящий из микроскопических мицелиальных грибов и дрожжей, не характерных для рода *Rhodotorula spp.* При изучении морфологических свойств выделенных дрожжевых культур отмечены клетки круглой и овальной форм.

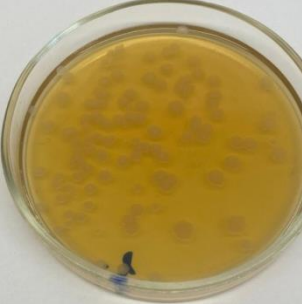
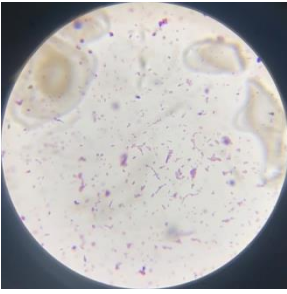
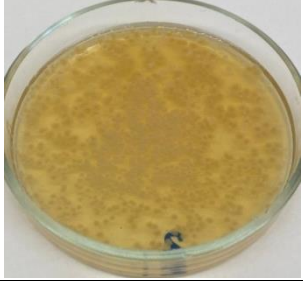
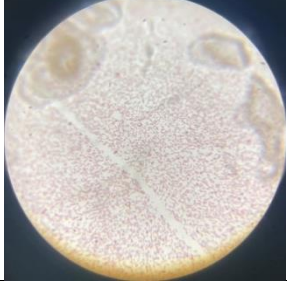
Из исследованных 10 проб соскобов с поверхности образцов трепанга выделена 1 дрожжевая культура (образец 4) и 3 бактериальные культуры, в остальных пробах рост отсутствовал. На основе полученных данных сформирован атлас, представленный в табл. 3.

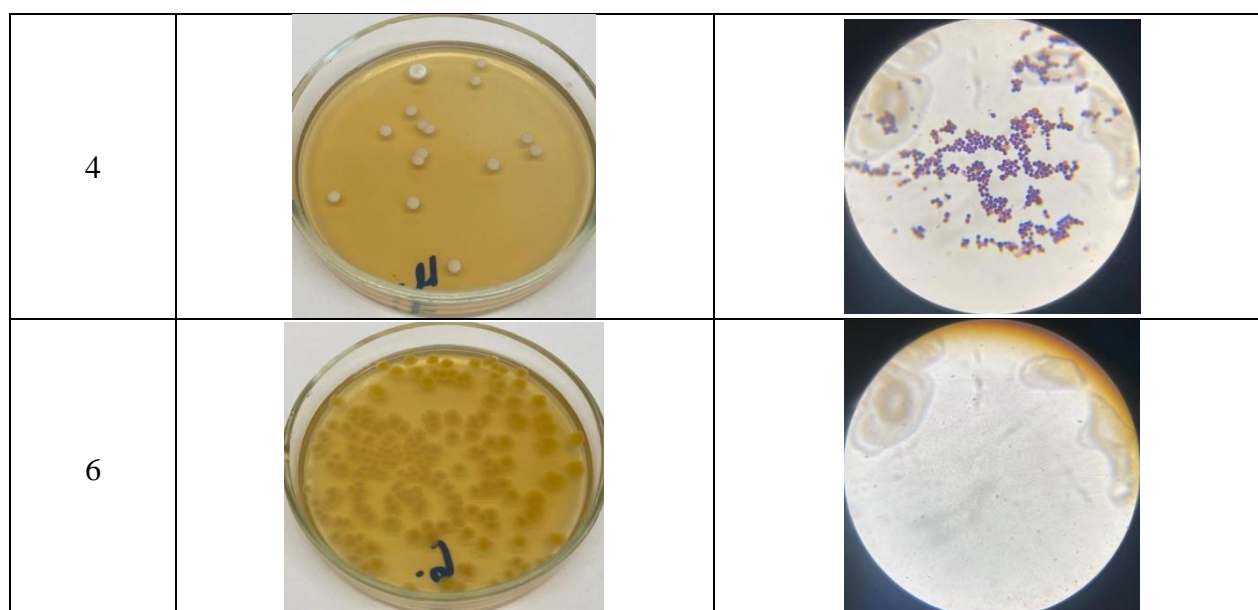
Таблица 3

**Атлас выделенных микроорганизмов с поверхности дальневосточного трепанга
(*Apostichopus japonicus*)**

Table 3

**Atlas of isolated microorganisms from the surface of Far Eastern sea cucumber
(*Apostichopus japonicus*)**

№ образца	Культуральный рост	Микроскопическая картина ×100, окраска по Граму
1		
2		



Поскольку соскоб с поверхности трепанга представляет собой концентрат биогенных соединений, необходимых для активной жизнедеятельности микроорганизмов, то, по всей видимости, продукты метаболизма актиномицетов, почвенных бактерий и морских псевдомонасов сдерживают рост дрожжей.

Заключение

Изучение природных биотопов, отобранных в зал. Спокойный (Южно-Курильский пролив) из морских глубин от 0 до 35 м и соскобов с поверхности трепанга, показало отсутствие в них искомого вида дрожжевой культуры *Rhodotorula spp.* Кроме этого, в ходе исследования в большей части изученных образцов отмечен бедный видовой состав выделенных дрожжей. Вероятно, данное наблюдение можно связать с влиянием нескольких факторов внешней среды: сезон (лето), температура воды, соленость, глубина, неравномерное распределение органических соединений. Нами обнаружена идентичность выделенных дрожжевых культур из образца грунта и особей трепанга, взятых с глубины 5 м.

Несмотря на то, что в рамках проделанной экспериментальной работы поставленная цель не достигнута, стоит отметить, что морские дрожжи являются важной частью микробного сообщества морских экосистем и играют значимую роль в биогеохимических циклах. Источниками выделения соответствующих микробиологических объектов могут являться кишечник, жабры, слизь кожи водных животных и их места обитания [24]. Использование бактериальных культур в аквакультуре широко признано как экологичный и экономически эффективный подход к выращиванию здоровых, устойчивых к патогенам гидробионтов.

Список источников

1. Родина А. Г. Дрожжевые грибки в рыбоводных прудах и их пищевое значение // Изв. АН СССР. Серия биол. 1960. № 5. С. 8.
2. Константинова Н. С. Разведение олигохет на кормовых дрожжах // Рыбное хозяйство. 1952. № 4. С. 60.
3. Ассман А. В. К вопросу о роли микроорганизмов как пищи молоди рыб // Зоологический журнал. 1957. Т. 36. С. 900.

4. Новожилова М. И. Распространение дрожжеподобных организмов в водоемах и их роль в питании водных беспозвоночных животных // Тр. Ин-та микробиологии и вирусологии АН КазССР. 1958. Т. 2. С. 247–257.
5. Марголина Г. Л. К вопросу о питании *Tendipes plumosus* в Рыбинском водохранилище // Тр. Ин-та биологии водохранилищ, АН СССР. 1961. Вып. 4(7). С. 246–250.
6. Тютенькова Н. Л. Скорость размножения и продукция дрожжей в Бухтарминском водохранилище // Тез. докл. конф. по вопросам рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана. Балхаш, 1970.
7. Дорошенко Ю. В. Морские дрожжи в сообществе обрастаний систем гидробиологической очистки // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. № 11(30). С. 219–222.
8. Дорошенко Ю. В. Кинетические характеристики роста микроорганизмов перифитона систем гидробиологической очистки // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2019. Т. 4, № 3. С. 435–439.
9. Дорошенко Ю. В., Гуменюк К. А. Биохимическая активность морских дрожжей донных отложений севастопольских бухт (Чёрное море) // Экология гидросферы. 2022. № 1(7). С. 29–38.
10. Копытина Н. И. Микроскопические грибы бассейна Чёрного моря: направления и перспективы исследований // Морской биологический журнал. 2019. Т. 4, № 4. С. 15–33. DOI: 10.21072/mbj.2019.04.4.02.
11. Копытина Н. И., Дудка И. А. Таксономическое разнообразие микобиоты прибрежных вод Крыма (Чёрное море) // Морской биологический журнал. 2016. Т. 1, № 2. С. 27–38. DOI: 10.21072/mbj.2016.01.2.03.
12. Котельянец Е.А. Особенности накопления макро- и микроэлементов в донных отложениях прибрежных акваторий Крыма (Чёрное море) с различной интенсивностью водообмена по данным РФА // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 2. С. 106–120. DOI: 10.22449/2413-5577-2021-2-106-120.
13. Матросова И. В., Панчишина Е. М., Корниенко Н. Л., Политаева А. А. Исследование пробиотической направленности кормовой добавки на основе дрожжей *Rhodotorula benthica* // Ветеринария и кормление. 2024. № 1. С. 71–75. DOI 10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2024-1-15.
14. Матросова И. В., Панчишина Е. М., Политаева А. А., Корниенко Н. Л. Засевные дрожжи *Rhodotorula spp.* для использования в марикультуре // Комбикорма. 2024. № 2. С. 60–63. DOI: 10.25741/2413-287X-2024-02-4-214.
15. Шевченко Г. В., Частиков В. Н. Особенности гидрологического режима в Южно-Курильском проливе в холодный период года // Ресурсы колючего краба, перспективы использования и условия обитания в Охотском море : тр. Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2010. Т. 11. С. 100–117.
16. Анцулевич А. Е., Бобков А. А. Океанологические основы биогеографического районирования Южно-Курильского района // Океанология. 1992. Т. 32, № 5. С. 910–916.
17. Бобков А. А. Течение Соя и его ветви // Изв. ВГО. 1989. Т. 121. С. 531–535.
18. Бобков А.А. Течение Соя и его место в системе вод Южно-Курильского района // Изв. Русского географ. об-ва. 1992. Т. 124, вып. 5. С. 461–470.
19. Океанографический атлас Южно-Курильского района Тихого океана. СПб. : СПбГУ, 1998. 218 с.
20. Дубровский С. В., Вышкварцев Д. И. Распределение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* (Aspidochirotida, Stichopodidae) у острова Кунашир, Южные Курилы // Тр. Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. 2002. Т. 4. С. 236–244.
21. Нетрусов А. И., Егорова М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. М. : Изд. центр «Академия», 2005. С. 217–320.

22. Егоров Н. С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: практ. пособие; под ред. Н. С. Егорова. 2-е изд. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. 215 с.

23. Новожилова М. И. Количественная характеристика, видовой состав и распространение дрожжевых организмов в Черном, Охотском морях и Тихом океане // Тр. Ин-та микробиол. АН СССР. 1955. Т. 4. С. 155.

24. Hai N. V. The use of probiotics in aquaculture // Journal of Applied Microbiology. 2015. Vol. 119, is. 4. P. 917–935. DOI: 10.1111/jam.12886.

Информация об авторах

И. В. Матросова – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура», ORCID: 0000-0001-5316-4955.

Е. М. Панчишина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», ORCID: 0000-0002-5069-0316.

Н. Л. Корниенко – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», старший научный сотрудник научного управления, ORCID: 0000-0002-7161-622X.

А. А. Политаева – руководитель Научно-производственного департамента марикультуры, младший научный сотрудник научного управления, ORCID: 0000-0002-8417-140X.

Information about the authors

I. V. Matrosova – PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, ORCID: 0000-0001-5316-4955.

E. M. Panchishina – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0002-5069-0316.

N. L. Kornienko – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, Senior Researcher of the Scientific Department, ORCID: 0000-0002-7161-622X.

A. A. Politaeva – Head of the Scientific and Production Department of Mariculture, Junior Researcher of the Scientific Department, ORCID: 0000-0002-8417-140X.

Статья поступила в редакцию 11.10.2024; одобрена после рецензирования 18.10.2024; принята к публикации 26.11.2024.

The article was submitted 11.10.2024; approved after reviewing 18.10.2024; accepted for publication 26.11.2024.