

# Взаимодействие плантаций марикультуры и морских прибрежных экосистем

Канд. биол. наук, доцент **С.И. Масленников** –

Дальневосточный Федеральный Университет, Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, Национальный научный центр морской биологии Дальневосточного отделения Российской академии наук

канд. биол. наук **Г.Ф. Щукина** – заместитель Председателя Ассоциация развития аквакультуры Сахалинской области

@ 721606@mail.ru; galina\_6161@mail.ru

**Ключевые слова:** Дальний Восток, Приморский край, марикультура, морская аквакультура, экология, рыбоводство, гидробиотехнические сооружения (ГБТС), интегрированная мультитрофическая аквакультура (ИМТА)



В статье рассматривается возможное влияние плантаций марикультуры на окружающую среду на опыте Приморского края, как наиболее развитого региона Дальнего Востока с точки зрения марикультуры, а также современные способы обеспечения их экологической безопасности.

С огромным трудом начавшееся развитие морской аквакультуры активно пытаются сдерживать структуры, чьи ведомственные либо личные интересы оказываются затронутыми. В общественном мнении активно сеются страхи, связанные с негативным опытом индустриальной мировой марикультуры 80-90-х годов прошлого столетия.

Марикультура традиционно основывается на двух основных принципах получения товарной продукции в природных экосистемах.

Первое, самое распространённое направление – это рыбоводство, при котором морская акватория используется как место для размещения садков с рыбой, при этом используется зачастую рыба не местного происхождения, а ее нагул обеспечивается за счет искусственных кормов и ветеринарно-технологических процедур. В данных условиях все отходы от технологического процесса предлагается утилизировать природной экосистеме.

Второе, наиболее современное направление, это использование потенциала морской экосистемы, подорванного промыслом при выращивании местных высокопродуктивных видов гидробионтов, составляющих естественную компоненту местных биоценозов. То есть, это направление основывается именно на знаниях о функционировании морских экосистем, восстановлении и реализации биопродукционного потенциала. В данном случае природная экосистема не сталкивается с повышенными нагрузками по утилизации отходов культивирования, так как все выращиваемые гидробионты являются компонентами трофической цепи и включены в естественные потоки вещества и энергии, проходящие через сообщества. Собственно, для достижения данных целей и создана такая дисциплина как гидробиология,

в основе которой лежат труды Мебиуса об устричной банке и Петерсена о количественном анализе бентоса.

Действительно, интенсивное развитие отрасли в последних десятилетиях прошлого века породило ряд экологических проблем [1; 2]. Однако, в сравнении с иными видами антропогенного воздействия, таких как сельское хозяйство, нефтедобыча на морских акваториях, а также сброс промышленных и бытовых стоков, влияние марикультуры на прибрежные биоценозы в подавляющем большинстве случаев оказалось значительно слабее [3]. При этом, обеспечивающийся ею социально-экономический эффект заставил искать и находить пути решения возникающих проблем. Более того, исследования показали, что при умелом управлении с помощью марикультуры можно улучшить экологические показатели водной среды [4-6], восстановить численность природных популяции [7] и, таким образом, сохранить генетическое и биологическое разнообразие и целостность экосистем [5].

В предлагаемой статье мы рассмотрим возможное влияние плантаций марикультуры на окружающую среду на опыте Приморского края, как наиболее развитого региона Дальнего Востока с точки зрения марикультуры, а также современные способы обеспечения их экологической безопасности.

Воздействие плантаций марикультуры на морские экосистемы обычно производится через оценку влияния различных технологических циклов и биотехнических операций. А это, в свою очередь, зависит от особенностей биологии объектов культивирования.

Перечень объектов морской товарной аквакультуры Дальнего Востока в настоящее время невелик: приморский гребешок, тихоокеанская мидия, дальневосточный

трепанг, морская капуста, гигантская устрица. Из потенциальных видов (разведение которых возможно технически, но пока сдерживается экономическими факторами) – морской еж, морское ушко, а также зарывающиеся двустворчатые моллюски (филлипинский петушок, анадара броутона, спизула сахалинская и прочие). Все эти виды объединяет то, что развитие личинок происходит в пелагиали с последующим после метаморфоза оседанием на соответствующий субстрат.

В соответствии с этим технологические циклы, применяемые предприятиями в процессе товарного выращивания, делятся на 2 этапа: получение посадочного материала (молоди) и ее товарное выращивание. Получение молоди может осуществляться как в заводских условиях, так и из естественной среды с использованием искусственного субстрата (коллекторов).

Для получения товарной продукции посадочный материал – молодь гидробионтов – либо перемещают непосредственно на грунт (пастбищный метод), либо выращивают в специальных садках (садковый метод).

Коллектора для сбора личинок, равно как и садки, размещаются на рыбоводных участках с помощью гидробиотехнических сооружений (ГБТС) различных конструкций. Выбор конструкций ГБТС, их количество, а так-



же время нахождения в них объектов культивирования зависит от особенностей биологии объекта, условий конкретного рыбоводного участка, а также от задачи, которую с их помощью решает хозяйство. Механизмы взаимодействия двух этих основных методов на природные морские экосистемы различны.

Донное пастбищное выращивание является полной имитацией и продолжением естественного процесса жизнедеятельности культивируемого объекта, при котором он становится естественной частью природной экосистемы в пределах своего ареала, на которой действуют законы естественного отбора. При донном выращивании отсутствуют риски эвтрофикации донных осадков и омывающей плантации водной массы.

Более того, в случае с двустворчатыми моллюсками поверхность створок будет служить субстратом для оседания мелких беспозвоночных и водорослей, что в не-





которой степени увеличивает видовое богатство и биоразнообразие [8].

Марикультура может способствовать повышению продуктивности и видового разнообразия прибрежной зоны в олиготрофных и мезотрофных системах. Например, на участках с однородным (песчаным, гравийным либо заиленным грунтом) массивные якоря работают как искусственные рифы, создающие гетерогенность среды, что служит основой для увеличения биоразнообразия в экосистеме.

Наибольшие опасения со стороны критиков марикультуры высказываются в отношении так называемой индустриальной аквакультуры, предполагающей использование для товарного выращивания гидробиотехнических сооружений. Безусловно, индустриальная аквакультура может нести в себе небольшие риски. Механизм взаимодействия заключается в следующем: 1) монтаж ГБТС в толще воды изменяет скорости придонных течений под установками марикультуры; 2) под ГБТС в условиях акваторий с ограниченным водообменом могут образовываться скопления продуктов жизнедеятельности моллюсков в виде илистых осадков, что может привести к дополнительной локальной эвтрофикации водной массы и донных осадков, особенно в период сезонного цветения фитопланктона. Этот процесс может привести к видоизменению структуры сообществ закрытых и полузакрытых акваторий [9; 10]. Такой сценарий отмечался только для морских лагун, закрытых и полузакрытых бухт при выращивании моллюсков в монокультуре на стационарных ГБТС в 80-е годы прошлого века, когда теория управления акваторией только формировалась [9; 11].

Чтобы не позволить проявиться негативному воздействию плантаций на водную среду достаточно предотвратить накопление критической массы биогенов в районах размещения плантаций. За прошедшие десятилетия мировой практикой были выработаны приемы, позволяющие практически исключить подобные риски. В настоящее время активно разрабатывается новое направление – интегрированная мультитрофическая аквакультура (ИМТА). Оно подразумевает комплексный подход к организации аквакультурных производств: создается система, состоящая из нескольких компонентов, составляющих некую трофическую цепь. Например, когда на акватории хозяйства объединяют рыбу или креветку с морскими

водорослями и моллюсками. Делается это для создания сбалансированных систем естественных потоков питательных веществ и энергии. В результате не только нивелируются риски взаимодействия плантации с окружающей средой, но и улучшаются экономические показатели предприятия (снижается себестоимость, диверсифицируется производство, в отдельных случаях повышается продуктивность акватории) [12-14]. Помимо этого, правильно управляемая мультитрофическая марикультура ускоряет рост объектов без побочных эффектов [15-18].

Таким образом, для снижения рисков, возникающих в марикультуре, необходимо при проектировании самих плантаций марикультуры использовать научно обоснованный подход, а также обеспечить регулярный мониторинг состояния водной среды и грунтов в районе их размещения.

Под научно обоснованным проектированием мы понимаем использование комплекса современных биотехнических приемов по снижению воздействия ГБТС на окружающую среду, а именно:

- обязательность ротации участков, на которых размещены ГБТС;
- наличие санитарных зон между отдельными участками плантаций;
- использование мультитрофического принципа при проектировании хозяйств.

При таком подходе к управлению морскими хозяйствами поток дополнительного органического вещества, способный вызвать эффекты эвтрофикации, будет нивелирован. При размещении установок марикультуры на открытых акваториях риски их воздействия на природные экосистемы практически исчезают, благодаря активной гидродинамике открытых побережий. Более того, на локальном участке даже будет наблюдаться положительный эффект. Течения и штормовое перемешивание морских прибрежных вод способствуют рассеиванию метаболитов выращиваемых гидробионтов и биообразователей на прилегающую к плантациям акваторию. Реагируя на поток в экосистеме, появляются дополнительные потребители органического вещества в виде сестонофагов и грунтофагов. При этом опасность создания локальных монодоминантных поселений беспозвоночных данной группы маловероятна, поскольку их численность будет регулироваться естественным образом видами-потребителями (в первую очередь, кре-

ветками, крабами и рыбами), привлеченными возросшей кормовой базой. Все это увеличит в этом районе видовое богатство и биоразнообразие.

Кроме того, исследования, результаты экспериментов, проводимых в 90-х годах в Приморье, свидетельствуют о развитии молоди промысловых десятиногих ракообразных (крабов, крабидов и креветок), в обратности, образуящемся на гидротехнических сооружениях [19; 20]. Это позволяет сделать вывод о благоприятном их воздействии на процессы естественного воспроизводства этих особо ценных беспозвоночных.

Но самой главной гарантией отсутствия эвтрофикации, как и предыдущем случае, может служить наличие на плантациях макроводорослей в качестве дополнительного объекта культивирования. Выращивание моллюсков и водорослей в поликультуре – единственный путь возвращения веществ в природный круговорот, что обеспечит экологически устойчивое функционирование хозяйства. При этом важнейшим моментом при садковой и пастбищной марикультуре является то, что в технологическом цикле отсутствует необходимость применения каких-либо химических веществ.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что современное развитие марикультуры позволяет полностью избавиться от рисков воздействия морских хозяйств на состояние окружающей среды, при грамотном управлении ими. Более того, налицо факт ожидаемого положительного воздействия на морские биоресурсы при функционировании плантации за счет улучшения процессов размножения, воспроизводства и питания в районе плантации.

Необходимо также отметить, что высокую продуктивность и качество самой продукции, получаемой на морских плантациях, может обеспечить только сохранение благополучия окружающей среды. Следовательно, собственники плантаций в этом материально заинтересованы. Более того, само наличие подводных плантаций и их охрана собственниками улучшит состояние охраны природных ресурсов в районе планируемого выращивания гидробионтов.

## | ЛИТЕРАТУРА |

1. Theresa M. Bert, ed. Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities. Dordrecht, Netherlands: Springer. 2007. pp. 1-31.
2. Yokoyama, H., Nishimura A., Inoue M. Macrobenthos as biological indicators to assess the influence of aquaculture on Japanese coastal environments // Theresa M. Bert (ed.), Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities. 2007. Chapter 22, 407-423.

3. Boyd, C.E. Aquaculture sustainability and environmental issues // World Aquaculture. 1999. № 30 (2): 10–13, pp. 71-72.
4. Prein M. Wastewater-fed aquaculture in Germany: a summary // Environ Res Forum 1996. 5–6:155–160. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Mark\\_Prein/publication/258994056\\_Wastewater-fed\\_aquaculture\\_in\\_Germany\\_A\\_summary/links/00b495298d6ebabb7700000/Wastewater-fed-aquaculture-in-Germany-A-summary.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mark_Prein/publication/258994056_Wastewater-fed_aquaculture_in_Germany_A_summary/links/00b495298d6ebabb7700000/Wastewater-fed-aquaculture-in-Germany-A-summary.pdf)
5. Beveridge, M.C.M., Ross L.G., Stewart J.A. The development of mariculture and its implications for biodiversity. In: R.F.G. Ormond, J.D. Gage, and M.V. Angel (eds.) // Marine Biodiversity: Patterns and Processes. Cambridge University Press, New York City, New York, USA. 1997. Pp. 372-393.
6. Goldberg, R., Triplett T. Murky Waters: Environmental Effects of Aquaculture in the United States // Environmental Defense Fund, New York City, New York, USA. 1997. 196 pp.
7. Wang, Y.I. Utilization of genetic resources in aquaculture: a farmer's view for sustainable development // In: Pullin, R.S.V., D.M. Bartley, and J. Kooiman (eds.), Towards Policies for Conservation and Sustainable use of Aquatic Genetic Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy and International Center for Living Aquatic Resources Management, Penang, Malaysia. 1999. Pp. 73–80.
9. Soto D, Jara, F. Using natural ecosystem services to diminish salmon farming footprints in southern Chile // In: Bert, T.M. (ed.), Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities, Springer, Dordrecht, The Netherlands. 2007. pp. 459–475. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6148-6\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-6148-6_26)
10. Масленников С.И. Обрастание установок марикультуры Приморского гребешка в заливе Петра Великого (Японское море): дис. канд. биол. наук: 03.00.18: Владивосток, 1996. 23 с.
11. Scallops fisheries and aquaculture of northwestern Pacific, Russian Federation / Ivin V.V., Kalashnikov V.Z., Maslennikov S.I., Tarasov V.G. // In: Scallops: biology, ecology and aquaculture: Second edition / Eds.: S.E. Shumway, G.J. Parsons. Amsterdam: Elsevier Publisher. 2006. P. 1163-1224.
12. Золотницкий А.П. О влиянии крупномасштабного культивирования мидий (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LAMARCK*, 1819) на экосистему шельфовой зоны Черного моря // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». Том 24 (63). 2011. № 4. С. 73-82.
13. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability / Chopin T [at all] // Journal of Phycology. 2001. № 37. P. 975-986.
14. Chopin T. Integrated multi-trophic aquaculture. What it is, and why you should care... and don't confuse it with polyculture // NorthernAquaculture. 2006. Vol. 12. №. 4. P. 4.
15. Jianguang F., Jing Z., Tian X., Daji H., Sumei L. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in Sanggou Bay, China // Aquacult Environ Interact. 2016. Vol. 8: 201–205. URL: <http://www.int-res.com/articles/aei2016/8/q008p201.pdf>
16. Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigiel M and Yarish C.. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture / Aquaculture 2004 231: 361-391.
17. Chopin T, Robinson S, Sawhney M, Bastarache S, Belyea E, Shea R, Armstrong W, Stewart and Fitzgerald P. The AquaNet integrated multi-trophic aquaculture project: rationale of the project and development of kelp cultivation as the inorganic extractive. 2004. URL: [https://www.researchgate.net/publication/269990513\\_The\\_AquaNet\\_integrated\\_multi-trophic\\_aquaculture\\_project\\_Rationale\\_of\\_the\\_project\\_and\\_development\\_of\\_kelp\\_cultivation\\_as\\_the\\_inorganic\\_extractive\\_component\\_of\\_the\\_system](https://www.researchgate.net/publication/269990513_The_AquaNet_integrated_multi-trophic_aquaculture_project_Rationale_of_the_project_and_development_of_kelp_cultivation_as_the_inorganic_extractive_component_of_the_system)
18. Dynamics of the blue mussel as an extractive organism in an integrated multi-trophic aquaculture system / Lander T. [at all] // Bulletin of the Aquaculture Association of Canada. 2004. № 104(3). P. 19-28.
19. Development of integrated multi-trophic aquaculture in the Bay of Fundy, Canada: a socio-economic case study / Ridler N. [at all] // World Aquaculture. 2006. №37(3). P. 43-48.
20. Масленников С.И. Технология крабового фермерства на акватории дальневосточных морей // Дальний Восток России: Экономика. Инвестиции. Конъюнктура. 1998. № 1. С. 34-39.
21. Maslennikov S.I., Kashin I.A. Culture of crabs on mariculture installations in an open water area // North Pasific Marine Science Orgnization (PICES): Seventh Annu. Meet., Fairbanks, Oct. 14-25, 1998: Abstracts. - Fairbanks, Alaska, USA, 1998. P. 59-60.



## INTERACTION BETWEEN MARICULTURE PLANTATIONS AND COASTAL ECOSYSTEMS

**Maslennikov S.I.**, PhD - Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, [721606@mail.ru](mailto:721606@mail.ru); **Shukina G.F.**, PhD – deputy of head of Association for Sakhalin Region Aquaculture Development, [galina\\_6161@mail.ru](mailto:galina_6161@mail.ru)

In the article, a possible influence of mariculture plantations on ecosystem along with modern ecological safety measures is considered with the Primorye as a case study. The Primorye is known as a most developed mariculture unit of the Far East.

**Keywords:** *the Far East, the Primorye, mariculture, marine aquaculture, ecology, fish farming, hydrobiotechnology facilities, integrated multitrophic aquaculture (IMTA)*