

КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МАРИКУЛЬТУРЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КРЫМА

E. Ф. Васечкина

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
cpdi@rambler.ru

Рассмотрены концептуальные вопросы информационной технологии, включающей в себя имитационную модель и систему сбора и обработки информации о функционировании реального объекта в морской среде. Предлагаемая информационная система позволит в реальном времени корректировать принятые управленческие решения, что обеспечит гибкий контроль за будущим мариохозяйством.

Важнейшим направлением рыбохозяйственных исследований в Украине в настоящее время является расширенное воспроизводство биологических ресурсов и повышение продуктивности шельфовой зоны Черного моря. В этой связи актуальными являются исследования, необходимые для развития конхиокультуры – культивирования двустворчатых моллюсков, обладающих высокой биологической продуктивностью и другими немаловажными преимуществами. Мясо мидий содержит витамины, микроэлементы и все незаменимые аминокислоты, являясь прекрасным диетическим белковым продуктом. Моллюски питаются взвесью, которую они отфильтровывают из морской воды, т. е. нет проблемы с обеспечением кормом. Личинки мидий – молодь для дальнейшего выращивания – самостоятельно заселяют коллекторы мидийной фермы, переносясь туда вместе с течением. И, наконец, культивируемые объекты не перемещаются, что упрощает технические средства, необходимые для их содержания и съема урожая [1].

Черное море является перспективным регионом для развития конхиокультуры, что определяется климатическими условиями, значительной продуктивно-

стью шельфовой зоны и наличием крупных естественных популяций различных видов моллюсков. Существуют хорошие предпосылки к широкому внедрению конхиокультуры в рыбное хозяйство Украины. Институтом биологии южных морей НАН Украины, ВНИРО, ЮГНИРО разработаны биологические основы и методы промышленного культивирования мидий, штормо- и льдоустойчивые гидробиотехнические сооружения; механизированы трудоемкие процессы первичной обработки урожая – съем мидий с коллекторов, поштучное разделение, чистка, мойка и сортировка по размерным фракциям; разработаны методы оценки предельно допустимых объемов культивирования и уровня вторичного загрязнения в районах выращивания моллюсков [1 – 3].

Известны отрицательные последствия интенсивного выращивания моллюсков на ограниченной акватории. Это, в первую очередь, эвтрофикация прилегающих областей и ускоренное заиливание дна под мидийными носителями. Эвтрофикация является следствием того, что мидии в процессе своей жизнедеятельности выделяют растворенные биогенные вещества, легко усваиваемые фитопланктоном. Выделение в воду фекалий и псевдофекальных масс приводит к накоплению биоотложений на дне, которые при интенсивном выращивании моллюсков могут приводить к деградации донных биоценозов. Показано, что крупномасштабное выращивание приводит к уменьшению биоразнообразия, снижению продуктивности культивируемых моллюсков и повышает смертность особей в популяции [4].

Для устранения отрицательных последствий необходима разработка биотехнологии интегрированной поликультуры, т. е. сбалансированной поликультуры, основанной на совместном выращивании видов, занимающих разные трофические уровни и связанных потоками веществ, например: рыбы, макрофиты, моллюски-фильтраторы, детритофаги (грунтоеды). В такой аквакультуре культивируемые виды подобраны так, что продукты выделения одного вида усваиваются другим. При правильном подборе компонентов аквакультуры, их

расположения и массы выращиваемых видов с учетом экологической емкости района размещения хозяйства система балансируется, в результате чего сводится к минимуму какое-либо влияние на окружающую среду. Фактически создается искусственная экосистема, которая функционирует внутри естественной, не причиняя ей вреда.

Переход к внедрению интегрированной поликультуры взамен выращивания отдельных видов морских организмов наблюдается во всех странах, традиционно развивающих морскую аквакультуру. Это страны Юго-Восточной Азии, Западной Европы и Северной Америки, Новая Зеландия, Австралия и др. Практический опыт этих стран указывает на перспективность данного направления исследований. Рисунок 1 иллюстрирует концептуальную модель мультитрофической аквакультуры, выращивающей моллюсков и макроводоросли, которая могла бы лечь в основу развертывания марихозяйства в прибрежной зоне Крыма.

Вообще говоря, любое марихозяйство можно рассматривать как надорганизменное образование, целостность которого проявляется в процессах дифференциации его структуры и интеграции процессов функционирования [2]. Дифференциация характеризуется распределением функций между компонентами системы, наилучшим образом приспособленными к выполнению данных функций. Интеграция проявляется в согласованности активности отдельных компонентов в процессе функционирования системы. Чем менее хаотично и независимо друг от друга функционируют отдельные подсистемы, тем выше интеграция всей системы [2]. Высокая интегрированность системы при адекватной дифференциации процессов обеспечивает оптимальность ее функционирования, что, в переводе на язык экономики означает «высокие урожаи при минимальном ущербе для природной среды». Понятно, что без использования методов математического моделирования, путем «проб и ошибок», невозможно решить поставленную задачу. Марикультура нуждается в теоретических исследованиях, которые бы послужили базой не только для оценки возможного «урожая» выращиваемых гидробионтов при конкретных условиях среды обитания, но и управления потоками вещества и энергии в морских экосистемах. Только в данном случае можно достичь гармонии в расширенном производстве продуктов питания, не загрязняя окружающую среду издержками производственной деятельности [5].



Рис. 1. Концептуальная модель поликультуры «моллюски – макрофиты»

Разработке практической биотехнологии должна предшествовать разработка информационной технологии, включающей в себя имитационную модель и систему сбора и обработки информации о функционировании реальной системы.

Последняя является весьма важным компонентом, поскольку позволяет в реальном времени корректировать принятые управленические решения, что обеспечит гибкую систему контроля за будущим марихозяйством. Имитацион-

ная модель должна включать в себя гидрофизический, гидрохимический и биологический блоки. Знание и правильное описание гидрофизики конкретного региона играет очень важную роль при выборе места размещения, а затем и в системе управления марихозяйством и, в особенности, конхиокультурой, поскольку именно гидрофизические процессы ответственны за обеспечение мидийных носителей необходимыми пищевыми ресурсами и богатой кислородом водой. Гидрохимический блок необходим для адекватного учета процессов преобразования выделяемых органических и неорганических веществ. Биологический блок должен включать в себя имитационные модели жизнедеятельности живых компонентов системы и разрабатываться на основе всей имеющейся экспериментальной информации об их функциональной активности. При недостатке такой информации должны быть

проведены специальные эксперименты по исследованию элементарных процессов потребления, дыхания, роста, выделения. На рис. 2 показана принципиальная схема обсуждаемой информационной технологии.

Исследование элементарных процессов необходимо не только при изучении дифференциации и интеграции системы, но и для выяснения причин и факторов, определяющих продуктивность марихозяйств, их устойчивость, механизм адаптации поселений к меняющимся условиям среды [2]. И здесь особую роль может сыграть математическая имитационная модель, позволяющая анализировать систему как бы изнутри, в то время как любые наблюдения характеристик реального марихозяйства с неизбежностью содержат в себе интегральную информацию об одновременно протекающих процессах.



Рис. 2. Концептуальная модель информационной технологии управления марихозяйством

В отделе системного анализа МГИ НАН Украины разрабатывается информационная технология управления мульти-трофической марикультурой, включающей в себя выращивание моллюсков совместно с макроводорослями. К настоящему времени на основе экспериментальных данных, полученных коллективом сотрудников Института биоло-

гии южных морей, построена математическая модель, воспроизводящая жизненный цикл мидии *Mytilus galloprovincialis*, которая будет использована в качестве базового элемента в объектно-ориентированной модели мидийного марихозяйства в прибрежной зоне Крыма. Она включает в себя математическое описание процессов фильтрации, дыха-

ния, питания, выделения, нереста. Модель позволяет получить численное представление о развитии особи от момента прикрепления личинки на твердом субстрате до достижения товарного размера. Рисунок 3 иллюстрирует модельный рост мидий весеннего и осеннего нереста по результатам численных экспериментов с моделью. Колебания массы мягких тканей тела связаны с периодами нереста, который происходит, как

правило, дважды в год – весной и осенью (серой кривой показан сухой вес гонад, по его резкому снижению можно судить о времени начала нереста). Управляющие воздействия, к которым относятся, в первую очередь, температура и концентрация взвеси, выбраны таким образом, чтобы соответствовать средним условиям Крымского побережья.

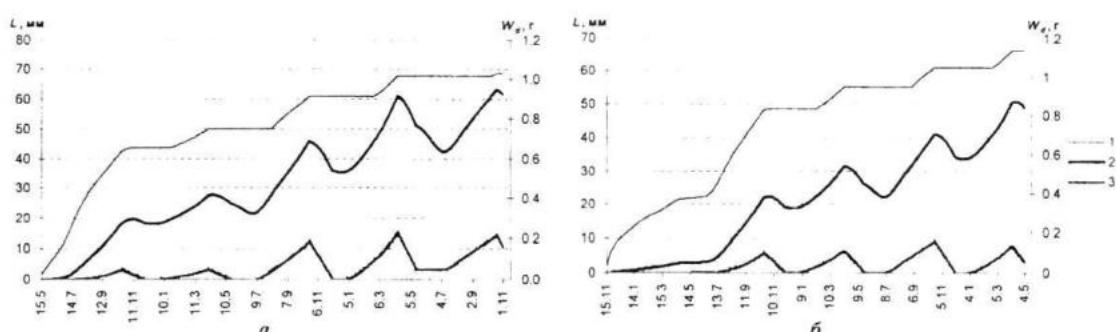


Рис. 3. Морфометрические характеристики мидий, полученные в имитационных экспериментах при весеннем (15.05) оседании личинки – а и осеннем (15.11) – б: 1 – линейные размеры раковины; 2 – масса мягких тканей тела; 3 – масса гонад.

Полученные графики легко сопоставить с имеющимися натурными данными. У годовалых мидий средняя длина тела колеблется от 40 до 58 мм в зависимости от физико-географических условий и вида биотопа, сырой вес – от 6 до 16 г, сухой – от 0.23 до 0.60 г.[6]. В прибрежной зоне северо-западной части Черного моря мидии достигают длины 40 мм за 17 – 18 мес., некоторые экземпляры – 50 мм за год. По данным работы [3], за 2.5 года мидии вырастают в среднем до размеров 62 – 67 мм и имеют вес 19 – 23.5 г (сухой вес после нереста 0.55 – 0.63).

В целом, можно заключить, что результаты имитационных экспериментов не противоречат имеющимся данным наблюдений за популяциями мидий, растущих на экспериментальных мидийных фермах и в естественных условиях крымского побережья Черного моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Черном море / под ред. В.Н. Еремеева // Национальная академия наук Украины,
- Биология культивируемых мидий / Иванов В.Н., Холодов В.И., Сеничева М.И. и др.; Отв. ред. Мурина В.В.; АН УССР. Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Киев: Наук. думка, 1989. – 100 с.
- Маркультура мидий на Черном море / Ред. В.Н. Иванов; Национальная академия наук Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2007. – 314 с.
- Золотницкий, А.П.; Крючков, В.Г. О возможных экологических последствиях крупномасштабного культивирования мидий в шельфовой зоне Черного моря. // Материалы II международной конференции «Современные проблемы экологии Азовско-Черноморского бассейна». – Керчь, 2006. – С. 30 – 35.
- Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 2008. – 343 с.
- Абдомасова Г.И. Скорость роста черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. в экспериментальных условиях. // Экология моря. – 1987. – вып. 25. – С. 62 – 70.