

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 249-252.

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЫБ

Д.С. ПАВЛОВ, Г.Г. НОВИКОВ, А.Н. СТРОГАНОВ

Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Развитие аквакультуры требует хорошо проработанной технологической базы на фоне скрупулезного подбора объектов культивирования и применения интенсификационных технологий, направленных на повышение выживаемости и увеличение продуктивности объектов культивирования.

На кафедре ихтиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова более двух десятилетий проводятся работы, направленные на оптимизацию методов культивирования хозяйственно ценных видов рыб. Опыт показал, что эксплуатация потенциала экологических методов управления развитием рыб дает возможности как для исследования фундаментальных проблем трансформации вещества и энергии в раннем онтогенезе рыб, так и для решения ряда практических задач, начиная с методов определения перспективных объектов для разведения и заканчивая, выработкой конкретных режимов воздействия экологическими факторами, позволяющими, в конечном счете, получать особей с прогнозируемыми морфофизиологическими параметрами в определенные сроки.

D.S. Pavlov, G.G. Novikov & A.N. Stroganov. On some aspects of ecological methods of management of fish growth and development // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 249-252.

In modern aquaculture the biotechnology of management of fish growth and development has a big value, which increases from year to year.

The research on the optimization and elaboration of fish cultivation technologies have being carrying out at the Department Ichthyology, Moscow State University for more than twenty years. The obtained results have shown that the manipulating by ecological methods gives possibilities to select promising for aquaculture objects, modernize traditional technologies and construct new technologies to get fishes with respective morphological and physiological characteristics within defined time period.

Европейский Север России - как исторически сложившийся центр судоходства и рыболовства, характеризуется рядом особенностей, являющихся следствием взаимодействия суммы факторов от природно-климатических до экономических и социально-политических, оказывающих особое влияние на пути и перспективы развития рыбного хозяйства. Рыбный промысел в беломорском регионе вплоть до первой трети XX века, в силу отсутствия развитой инфраструктуры, прежде всего, обеспечивал нужды местного населения. При этом с давних времен населением осуществлялся (говоря современным языком) комплексный подход в хозяйственной деятельности: развивался промысел водорослей, трески, сельди, морского зверя и др. Такая, не акцентированная на отдельные объекты, аквакультура имеет целый ряд положительных характеристик и, в том числе: распределение воздействия промысла на широкий спектр объектов; обеспечение высокого уровня получения валовой продукции и др. Реализация и развитие этого, по сути своей, экстенсивного, но выгодного, в том числе и с экологической точки зрения, способа ведения хозяйства, уже в настоящее время дала в ряде стран мира очень хорошие результаты.

Таким образом, опираясь на исторический опыт, учитывая недостаточность развития на российском Севере инфраструктуры и невысокую, по сравнению с североевропейскими государствами, энергооборуженность труда, прогресс марикультуры на европейском севере России, и, в частности, в беломорском регионе, наиболее лучшие возможности имеет, видимо, на основе комплексного использования природных ресурсов – по принципу создания поликультурных хозяйств.

Успешное, особенно с экономической точки зрения, развитие поликультурных хозяйств, однако, требует достаточно хорошо проработанной технологической базы на фоне скрупулезного подбора объектов культивирования. Более того, в рыночной среде экономическая эффективность является основой существования и развития инновационных проектов, в связи с чем развитие и расширение марикультуры возможно только при условии применения интенсификационных технологий, направленных на повышение выживаемости и увеличение продуктивности объектов культивирования.

На кафедре ихтиологии Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова более двух де-

сятилетий проводятся работы, направленные на оптимизацию методов культивирования хозяйственно ценных видов рыб, как традиционных, так и новых объектов рыбоводства (лососевые, осетровые, карповые, тресковые и др.). Выполненные исследования наиболее подробно рассматривают ранний период онтогенеза рыб и развивают идеи, заложенные в фундаментальных трудах классиков советской эмбриологической школы: В.В. Васнецова (Васнецов, 1953), С.Г. Крыжановского (Крыжановский, 1948, 1950), С.Г. Соина (Соин, 1968).

Результаты проведенных работ показали, что определение адаптивных возможностей и устойчивости к условиям среды на отдельных этапах онтогенеза открывает пути направленного воздействия экологическими факторами на морфогенетические и метаболические процессы у рыб. Так, например, основываясь на результатах исследования темпа потребления кислорода при разных температурных режимах (при полной акклимации и кратковременной адаптации к температуре) с контролем выживаемости и аномалий, для семги было показано, что диапазон устойчивости от оплодотворения до начала органогенеза ограничен температурами от 1°C до 8°C, а начиная с середины этапа органогенеза и до этапа печеночно-желточного кровообращения нормальное развитие икры возможно при постепенном повышении верхнего предела от 8°C до 14°C. В дальнейшем 14°C остается верхней границей диапазона вплоть до вылупления, при этом нижняя граница температурного диапазона поднимается к этапу вылупления от 1°C до 2°C. Таким образом, в процессе эмбрионального развития семги наблюдается постепенное (начиная с этапа «органогенеза») расширение диапазона устойчивости к температурному фактору в сторону более высоких температур, и на последних этапах развития, длительность которых составляет почти 50% общей продолжительности эмбриогенеза, возможно использование температур (12-14°C), при которых никогда не происходит эмбриональное развитие икры данного вида в природных условиях (Новиков, 1981; Новиков, Строганов, 1992; Строганов, 1987). Результаты проведенных исследований легли в основу создания технологий инкубации икры семги с дискретным температурным режимом в рамках выявленного полигона устойчивости и основанной на последовательном изменении температуры на определенных этапах эмбриогенеза.

Интересно отметить, что феномен изменения диапазона устойчивости эмбрионов в ходе развития у лососей продемонстрирован и в работах Ю.Н.Городилова (Городилов, 2003; Городилов, Мельникова, 2003): горбуша во второй половине эмбрионального развития (практически на тех же стадиях, что и семга) расширяла нижний предел толерантных температур с 10°C до 3-4°C. То есть в данном случае, наблюдая общие тенденции расширения устойчивости к температурному фактору в

ходе эмбриогенеза, мы сталкиваемся с видоспецифичностью приспособления к изменяющимся условиям обитания у различных видов лососевых.

Определение границ толерантности эффективно можно проводить на основе анализа комплекса морфо-физиологических параметров (температура роста, динамика ферментативной активности, энергетический обмен и др.) исследуемого объекта. В ходе исследований ряда видов рыб был разработан способ определения устойчивости организма к факторам среды (Новиков и др., 1984), позволяющий в более короткое время, с использованием небольшого количества экспериментального материала исследовать морфо-функциональные особенности развития нужного объекта, и затем, основываясь на полученных данных, подбирать различные режимы воздействия факторов. Применяя разработанные режимы, можно, например, сократить срок зародышевого развития семги со 180 до 45 суток, повысить выживаемость, увеличить на 30% массу и др.

Зная закономерности влияния факторов среды, в частности температуры, на характер роста, эффективность использования запасных веществ желтка и динамику энергетических затрат в процессе развития рыб, на ранних этапах онтогенеза появляется возможность как регуляции развития (т.е. управления развитием и ростом и, соответственно, выбора режимов инкубации икры и подращивания молоди рыб с целью получения особей не только в заранее планируемые сроки, но и с заданными морфо-функциональными параметрами), так и проведения сравнительных оценок. Используя модифицированные для эмбрионально-личиночного развития: балансовое уравнение Г.Г. Винберга (Винберг, 1956) и коэффициенты использования запасных веществ В.С. Ивлева (Ивлев, 1939, 1954), было проведено сопоставление показателей эффективности расходования запасных веществ у эмбрионов рыб, представляющих различные экологические группы (Табл. 1). Полученные значения «K₂» (эффективность использования метаболизированной энергии резорбированных запасных веществ на рост) показывают, что треска демонстрирует несколько более высокие значения коэффициента по сравнению с другими исследованными видами, несмотря на флюктуации абиотических факторов (температура, соленость) (Куфтина, Новиков, 1986; Строганов, 1987; Новиков, 2000). Таким образом, для целей аквакультуры беломорская треска может быть признана выгодным объектом с точки зрения эффективности использования на рост запасов эндогенного материала.

Нужно отметить, что более высокая эффективность, продемонстрированная для трески не случайна, а является, видимо, следствием того, что треска, как представитель пелагофильной группы, развитие икры которой проходит в благоприятных кислородных условиях и не требует формирования специальных провизорных органов дыхания (Строганов, Но-

виков, 2001), имеет возможность, вследствие этого, дополнительную часть эндогенных питательных ресурсов желточного мешка (по сравнению, например, с литофилами) использовать на рост.

Показатели соотношения валовой продукции в добывающем и «культивирующем» секторах рыбохозяйственной отрасли в мире в последние десятилетия свидетельствуют о том, что идет процесс перехода от рыболовства к аквакультуре. Многовековой опыт развития животноводства показывает, что важным и неперенным аспектом повышения продуктивности является селекционная работа, для проведения которой более предпочтительными являются виды, характеризующиеся высокой генетической изменчивостью, показателями которой, в том числе, являются степень полиморфизма и уровень гетерозиготности. Проведенные на беломорской треске работы (Карпов и др., 1984; Новиков и др., 2002) позволили характеризовать ее как объект, потенциально перспективный для селекции, так как степень полиморфизма, оцененная по изучавшимся

белковым системам: фосфоглюкомутаза (PGM), α -глицерофосфатдегидрогеназа (AGP), фосфоглюкоизомеразы (PGI-1 и PGI-2), изоцитратдегидрогеназа (IDH), лактатдегидрогеназа (LDH) в выборках 1999 и 2000 гг. имела высокие значения: 0,83 и 1,00, соответственно. Средний уровень гетерозиготности также характеризовался высокими значениями в исследованных выборках (Табл. 2).

Таким образом, эксплуатируя различные возможности экологических методов управления развитием рыб мы получаем инструментарий, открывающий широкие возможности как для исследования фундаментальных проблем трансформации вещества и энергии в раннем онтогенезе рыб, так и для решения ряда практических задач, начиная с методов определения перспективных объектов для разведения, и, заканчивая, выработкой конкретных режимов воздействия экологическими факторами, позволяющими, в конечном счете, получать особей с прогнозируемыми морфо-физиологическими параметрами в контролируемые сроки.

Таблица 1. Эффективность использования метаболизированной энергии резорбированных запасных веществ на рост («К₂») у исследованных видов рыб (за время развития от оплодотворения до вылупления)

Вид	Условия развития		«К ₂ »
Радужная форель	3,2° С	0‰	0,52
Радужная форель	11,7°С	0‰	0,55
Белорыбица	2,05 °С	0‰	0,45
Семга	8,7°С	4‰	0,58
Семга	3,5 °С	0‰	0,56
Пинагор	8,5°С	24‰	0,56
Пинагор	10,0°С	24‰	0,42
Треска	5,0 °С	24‰	0,63

Таблица 2. Значения гетерозиготности в выборках беломорской трески

Ферментные системы	Гетерозиготность %	
	Выборка 1999 г. N =102	Выборка 2000 г. N =99
PGM	0	12,12
AGP	4,90	10,10
PGI-1	50,0	45,45
PGI-2	2,94	1,01
IDH	0,98	1,01
LDH	33,33	38,38
Среднее значение	15,36	18,01

Литература

- Васнецов В.В. 1953. Этапы развития костистых рыб // В кн.: Очерки по общим вопросам ихтиологии. М.-Л.: АН СССР. С. 207-217.
- Винберг Г.Г. 1956. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. Минск: БГУ. 254 с.
- Городилов Ю.Н. 2003. О проблеме интродукции тихоокеанских лососей в моря Европейской части России// Вестник СПбГУ. Сер.3, вып. 4. С. 57-63.

- Городилов Ю.Н., Мельникова Е.Л. 2003. Сравнение раннего онтогенеза между лососями атлантических (род *Salmo*) и тихоокеанских (род *Oncorhynchus*) видов.// В кн.: Атлантический лосось: биология, охрана и воспроизводство. Петрозаводск: Пакони. С. 123-135.
- Ивлев В.С. 1939. Энергетический баланс карпов// Зоол. журн. Т.18, вып.2. С. 303-318.
- Ивлев В.С. 1954. Зависимость интенсивности обмена у рыб от веса их тела// Физиол. журн. Т.40, № 6. С. 717-721.

- Карпов А.К., Осипов А.Г., Новиков Г.Г. 1984. Треска *Gadus morhua* (L.) Белого моря, изменчивость по белковым структурам // Вопросы ихтиологии. Том 24, вып. 4. С. 551-560.
- Крыжановский С.Г. 1948. Экологические группы и закономерности их развития // Изв. ТИНРО. Т.27. С. 3-114.
- Крыжановский С.Г. 1950. Теоретические основы эмбриологии // В кн.: Успехи современной биологии. М.-Л.: АН СССР. Т.30, вып.3(6). С. 382-413.
- Куфтина Н.Д., Новиков Г.Г. 1986. Особенности роста зародыша и закономерности утилизации запасного белка желтка в раннем онтогенезе трески *Gadus morhua* L. при разных температурах развития // Вопр. ихтиол. Т.26, вып.4. С. 646-657.
- Новиков Г.Г. 1981. Способ инкубации икры лососевых рыб. Авторское свидетельство №818580. С. 1-5.
- Новиков Г.Г. 2000. Рост и энергетика развития костистых рыб в раннем онтогенезе. М.: Эдиториал УРСС. 296 с.
- Новиков Г.Г., Строганов А.Н., Павлов Д.А., Куфтина Н.Д., Зайцева И.И., Махотин В.В., Тимейко В.Н. 1984. Способ определения оптимальных режимов инкубации икры и/или выращивания личинок рыб. Авторское свидетельство №1253551. С. 1-13.
- Новиков Г.Г., Строганов А.Н. 1992. Об экологических методах управления развитием и принципах создания биотехнологий искусственного воспроизводства костистых рыб // В сб.: «Лососевые: разведение и выращивание». Рыбн.хоз., сер.: Аквакультура. Информ. пакет ВНИЭРХ. Вып. 1. С. 11-30.
- Новиков Г.Г., Строганов А.Н., Зюзина М.А. 2002. О сходстве и различиях трески Белого и Баренцева морей // Труды Беломорской биологической станции МГУ им. Н.А. Перцова. М.: Изд. Русский университет. Т.8. С. 154-164.
- Соин С.Г. 1968. Приспособительные особенности развития рыб. М.: МГУ. 89с.
- Строганов А.Н. 1987. Закономерности изменения потребления кислорода и особенности энергетического обмена у некоторых видов рыб на ранних этапах онтогенеза при различных значениях абиотических факторов. Дисс. ... канд. биол. наук. М.: МГУ. 151с.
- Строганов А.Н., Новиков Г.Г. 2001. Особенности становления дыхательной функции в раннем онтогенезе костистых рыб // В кн.: Экологические проблемы онтогенеза рыб: физиолого-биохимические процессы. М.: МГУ. С. 20-30.