

ЗАМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ В АКВАКУЛЬТУРЕ – БАЗИСНАЯ ИННОВАЦИЯ

А.В. Жигин, Н.В. Изотова

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии»,
Россия, г. Москва*

RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS AS FUNDAMENTAL INNOVATION

A. Zhigin, N. Izotova

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Moscow, Russian Federation*

Реферат. Показано, что применение в аквакультуре установок с замкнутым водоиспользованием (УЗВ) является базовой инновацией, способной в ближайшей перспективе создать базу для перевооружения рыбководной отрасли на качественно новом организационно-технологическом и экономическом уровнях. Рассмотрены некоторые технико-экономические закономерности структуры затрат на создание и эксплуатацию современных УЗВ, в том числе в зависимости от выращиваемых видов рыб.

Ключевые слова: аквакультура, инновации, УЗВ, капитальные и эксплуатационные затраты.

Abstract. It is demonstrated that application of Recirculating Aquaculture Systems appears to be the fundamental innovation suitable in the near future for creation of the base for re-equipping the fish industry at the whole new managerial, technological and economical levels. There are studied some technical and economical patterns of cost structure for designing and exploitation of modern recirculating aquaculture systems in dependence upon species of fish under breeding.

Key words: aquaculture, innovations, Recirculating Aquaculture System, capital and operating expenditures.

«Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденная приказом Федерального агентства по рыболовству от 30.03.09 г. № 246, предполагает увеличение

выпуска продукции аквакультуры до 410 тыс. тонн в случае инновационного сценария развития отрасли.

Развернутое определение понятия «инновация» может быть сформулировано как процесс освоения и внедрения в производство новых идей, технических разработок, технологий по его усовершенствованию, их коммерциализации с тем, чтобы наилучшим образом удовлетворить потребности населения и получить максимальную прибыль хозяйствующему субъекту.

Экономисты выделяют базисные инновации и псевдоинновации. В результате первых – происходит появление новых отраслей, рынков, сфер деятельности, вторые же только совершенствуют уже созданное.

На наш взгляд ярким примером инновационного направления развития аквакультуры можно считать внедрение установок с замкнутым водоиспользованием (УЗВ).

Известно, что аквакультура включает в себя ряд отдельных направлений: воспроизводство водных биоресурсов, пастбищная аквакультура, товарное рыбоводство в прудах, садках и бассейнах.

Рассматривая результаты использования УЗВ применительно к каждому из перечисленных направлений, можно сказать, что предлагаемые технологии и средства для их осуществления коренным образом меняют организацию каждого из них [1].

При воспроизводстве водных биологических ресурсов использование УЗВ позволяет в 2-3 раза быстрее сформировать маточные стада ценных, редких и исчезающих видов гидробионтов, осуществлять раннее получение половых продуктов и личинок, и в итоге иметь более крупную и жизнестойкую молодь в целях последующего ее выпуска в естественную среду обитания. Это значительно сокращает истребление молоди хищниками, позволяет выпускать ее в природные водоемы при оптимальных условиях среды, что в целом обеспечивает высокую (на порядок и более) выживаемость. В свою очередь выживаемость молоди способствует резкому росту ее промыслового возврата.

Таким образом, использование циркуляционных систем способно принципиально повысить эффективность работы рыбоводных заводов по воспроизводству водных биологических ресурсов.

Кардинально меняется производственный процесс и его продолжительность при осуществлении товарного выращивания гидробионтов в прудах, садках или бассейнах с использованием крупного посадочного материала, выращенного в УЗВ, за счет раннего искусственного нереста и соответствующего продления срока подращивания.

Зарыбление подращенным в УЗВ посадочным материалом даёт возможность сократить время выращивания товарной рыбы в среднем на один год (вместо двухлетнего оборота ввести однолетний оборот, соответственно, вместо трехлетнего – двухлетний), при одновременном увеличении продуктивности прудов, озер и повышения качества получаемой продукции.

Такое радикальное сокращение сроков товарного выращивания позволяет высвободить значительные площади выростных, зимовальных прудов, садков и бассейнов, перепрофилировав их на производство дополнительной товарной продукции, объем которой может достигать 30% и более от производимого по традиционным технологиям.

При этом полностью меняется градация климатических зон прудовой и пастбищной аквакультуры, расширяется география аквакультуры в целом.

Важный результат рассматриваемой инновации – возможность массового товарного выращивания практически любых, ранее недоступных для аквакультуры России гидробионтов: африканского клариевого сома, тилляпий, гигантских пресноводных креветок, колоссомы, полосатого окуня, баррамунди и многих других.

Опираясь на вышеназванные критерии «инновационности» можно отметить, что применение УЗВ способно кардинально изменить организацию культивирования гидробионтов во всех без исключения направлениях аквакультуры, достигая немыслимых в недалеком прошлом результатов. Другими словами, применение УЗВ в практике аквакультуры – это базисная

инновация, поскольку она связана с внедрением новых идей, технических и технологических разработок, подразумевает необходимость целевого изменения организации и управления рыбоводным процессом на предприятии и дает возможность получать такие результаты, достигать которые ранее было невозможно. При этом появляется новая сфера деятельности – создание новых технологий аквакультуры и циркуляционных установок для их воплощения и соответствующий рынок для их реализации.

Сдерживающим фактором широкого внедрения рыбоводных установок в практику аквакультуры являются высокие капитальные и эксплуатационные затраты и высокая себестоимость получаемой рыбопродукции. В этой связи мы попытались обобщить имеющийся опыт создания и эксплуатации УЗВ, получив некоторое представление об основных экономических закономерностях, что бы ответить на вопрос, когда и при каких обстоятельствах можно говорить об экономической целесообразности создания УЗВ.

Таблица 1 – Обобщённая динамика основных видов годовых затрат по выращиванию рыбы в УЗВ, %

Наименование затрат	Годы		
	80-е	90-е	2001
Посадочный материал	0,5-1,0	2,7	2,5-3,0
Водопотребление	0,05-0,2	1,0-1,3	1,5-1,8
Сброс производственных стоков	0,4-0,6	1,0-3,0	2,0-4,0
Потребление тепла	3,0-3,5	3,0-4,0	9,0-10,0
Потребление кормов	25,0-45,0	36,0-40,0	40,0
Потребление электроэнергии	20,0-30,	15,0-20,0	13,0-18,0
Потребление кислорода	30,0-35,0	12,0-14,0	8,0-10,0
Заработная плата с начислениями	25,0	30,0	25,0
Итого энергозатрат	53,45-69,3	34,3	33,5-43,8

Изначально нами проведён анализ деятельности рыбоводных цехов на базе УЗВ за период с 1980 по 2001 годы (таблица 1).

Материалы по более позднему периоду хозяйственной деятельности предприятий ограничены, поскольку в современных условиях их руководители не склонны к опубликованию подобных сведений, относя их к коммерческой тайне.

Была исследована динамика структуры основных затрат на производство товарного карпа – основного на тот момент объекта выращивания в объёме от 5 до 200 тонн в год. В общей сложности исследованы и обобщены материалы по созданию и эксплуатации рыбоводных подсобных цехов 9 предприятий, собранные из различных литературных источников, сведений, сообщённых докладчиками на конференциях по аквакультуре в УЗВ и сохранившейся первичной бухгалтерской документации.

По данным за 80-е годы доля затрат на посадочный материал в общей структуре составляла 0,5-1%, что, на наш взгляд, связано с выращиванием собственного посадочного материала на большинстве предприятий и суммированием затрат на его получение с затратами на получение товарной рыбы. В 90-е годы этот показатель составлял более 2,7%, в 2001 году – 2-3%.

При анализе затрат на потребление воды возникли некоторые затруднения, т.к. определённости в том, каким образом рыбоводные цеха расплачивались за потребляемую воду, нет. Либо они самостоятельно платили за данный ресурс, либо затраты на воду списывались за счёт основной хозяйственной деятельности предприятия в целом.

В итоге в среднем для рыбоводных хозяйств в 80-е годы доля затрат на воду составляла от 0,05% до 0,2% и постепенно увеличивалась в последующие десятилетия, что объясняется главным образом значительным ростом соответствующих тарифов и ужесточением контроля за водопотреблением. Аналогичная ситуация наблюдалась и со сбросом производственных стоков. Относительное значение потребления тепла в общем объёме затрат претерпело серьезные изменения. В 80-е и 90-е годы оно сохранялось на уровне 3-4%,

а в 2001 году увеличилось до 9-10%.

Общее направление модернизации УЗВ шло по пути сокращения объёмов сооружений водоподготовки, соответствующего абсолютного количества потребления подпиточной воды, на поддержание температуры которых и затрачивается тепло. Однако эти меры не привели к снижению относительных затрат на подогрев оборотной воды, что говорит об опережающем росте тарифов на тепло.

Важнейшим условием эффективного выращивания рыбы в УЗВ является использование высококачественных специализированных кормов. На всех исследуемых предприятиях, хозяйствующих в 80-е годы, в основном использовались корма для садковых тепловодных хозяйств, не в полной мере отвечающие потребностям выращиваемой рыбы в УЗВ. Затраты корма на единицу прироста ихтиомассы при этом составляли 2,5-3,0.

В 90-е годы это значение уменьшилось до уровня 1,8-2,5, что объясняется появлением на российском рынке импортных специализированных кормов. Однако относительно высокая цена на эти комбикорма сдерживала массовое их использование на рыбохозяйственных предприятиях. В последующие годы (вплоть до сегодняшнего дня) использование импортных кормов в УЗВ стало нормой, и кормовые затраты уменьшились до 1,1-1,8 единиц. В относительном исчислении это изменение выражается следующим образом. В 80-е годы доля затрат на корм составляла 25-45% в общей структуре затрат. В 90-е годы – значение доли затрат колебалось в диапазоне 36-40%, в 2001 году – на уровне 40%.

Анализ затрат на электроэнергию показал, что на протяжении изучаемого периода, несмотря на заметный рост тарифов, относительное их значение несколько уменьшилось с 20-30% в 80-е годы до 15-20% в 90-е и 13-18% в 2001 году. Такая тенденция объясняется, на наш взгляд, оптимизацией технологических схем циркуляции воды в УЗВ, позволившей свести к минимуму количество циркуляционных насосов (на которые приходится основная доля расходов) и другого энергоёмкого оборудования.

Другим необходимым условием выращивания рыбы в УЗВ при высоких плотностях посадки является насыщение оборотной воды кислородом. Для предприятий, хозяйствующих в 80-е годы, этот показатель затрат составлял 30-35%, в последующий период его значение снизилось до 8-10%, что объясняется созданием и использованием высокоэффективных и экономичных аппаратов для насыщения воды кислородом – оксигенаторов, позволивших в несколько раз увеличить растворимость кислорода в оборотной воде и, соответственно, снизить его расход. Даже увеличение стоимости этого ресурса было компенсировано эффективностью его использования.

Еще одним показателем затрат является заработная плата с начислениями. Нельзя не отметить, что на формирование этой статьи затрат влияют как внутренние факторы – количество работающих на предприятии (что зависит от технологической совершенности установки), так и внешние (тарифная сетка – для 80-х годов, и рыночные условия в последующие десятилетия). В 80-е годы доля затрат на оплату труда с начислениями составляла 25%, в последующие годы практически не изменилась.

Проведенный анализ выявил значительное увеличение доли затрат на приобретение посадочного материала (от 0,5-1 до 2-3%) и водопотребление, сброс производственных стоков, потребление тепла, т.е. на те ресурсы, плата за которые в 80-е годы была довольно условной, не отражающей фактической стоимости.

Резервы сокращения затрат на корма, посадочный материал, потребление кислорода, в основном исчерпаны и не могут служить основным источником оптимизации затрат по выращиванию рыбы в УЗВ.

Наиболее перспективным в этом направлении следует считать дальнейшее усовершенствование конструкции используемых аппаратов водоподготовки, оптимизация технологических схем циркуляции воды в целях снижения энергетических затрат, укрупнение установок, механизация процессов, автоматизация управления, что положительно скажется на сокращении численности обслуживающего персонала и соответствующих

расходов по заработной плате.

В процессе оценки удельных капитальных затрат на единицу выращиваемой рыбы мы столкнулись с несоразмерным размахом их колебаний. При этом в погоне за конкурентными преимуществами, фирмы-изготовители замкнутых систем часто некорректно указывают годовую производительность установки, имея в виду возможность применения полициклических технологий, тем самым, вводя в заблуждение заказчика.

Создавая систему биоочистки УЗВ в расчёте на минимизированные за счёт полицикла пики поступающих загрязнений, проектировщики обрекают заказчика на обязательное его применение, в противном случае заявляемая ими производительность УЗВ в традиционном режиме эксплуатации не может быть достигнута по причине недостаточного объёма системы очистки воды.

Казалось бы, ничто не мешает пользователю эксплуатировать построенную УЗВ в режиме полицикла, однако для освоения его технологической схемы от рыбоводов требуется высокая квалификация, длительная, кропотливая работа по организации такого ритмичного производства, повседневная работа со стадом производителей, что достигается далеко не за 1 год, а в течение многолетней упорной работы. Этим часто и объясняются многочисленные случаи убыточной эксплуатации УЗВ, которые годами не выходят на проектную производительность, обещанную проектировщиками и ожидавшуюся заказчиками.

Применение полициклических технологий и связанное с ними увеличение объёма производства рыбопродукции порождает проблему объективной оценки производительности той или иной установки в зависимости от числа осуществляемых циклов выращивания. Как справедливо отмечал И.В. Проскуренко [2], сама по себе рыбоводная установка может быть оценена только по максимально допустимой ихтиомассе, а производительность её определяется режимом эксплуатации.

В этой связи попытка анализа капитальных затрат привела нас к необходимости оценивать их через удельные капитальные затраты на 1 м^3

очищаемой циркулирующей воды (таблица 2), что в отличие от расчёта по выпуску 1 тонны товарной рыбы, позволит оценить эффективность создания УЗВ более универсально, без привязки к особенностям выращивания того или иного вида рыбы и числа осуществляемых годовых циклов.

Таблица 2 – Стоимость создания УЗВ в пересчёте на 1 м³ циркулирующей воды и структура капитальных затрат (в ценах марта 2012 года, включая НДС)

Наименование статьи затрат	Стоимость, руб.	Затраты, %
Строительство здания с внутренними коммуникациями (1 м ² – 350 \$)*	30 121,85	19,33
Оборудование, всего в том числе:	86 991,00	55,83
Рыбоводные бассейны	7 711,19	4,95
Биофильтр	43 375,47	27,84
Микрофильтр	9 638,99	6,19
Баки для чистой и грязной воды (по 1 шт.)	12 048,74	7,73
Насосы	963,90	0,62
Генератор кислорода	1 566,33	1,00
Оксигенатор	722,93	0,46
Воздуходувки	2 891,70	1,86
Трубопроводные системы	2 168,77	1,39
Трапы, лестницы, площадки	1 445,85	0,93
Электрооборудование	2 168,77	1,39
УФ-лампы	1 084,39	0,70
Аварийный электродизельгенератор	1 204,87	0,77

Продолжение таблицы 2

Монтаж оборудования (30% его стоимости)	26 097,30	16,75
Инвентарь	1 204,87	0,77
Разное	1 204,87	0,77
Всего стоимость 1 м ³ /час	145 619,89	93,45
Примерная стоимость проектирования (7%)	10 193,39	6,55
Общая стоимость	155 813,28	100

* курс \$ США – 29,17 руб.

Для осуществления оценки нами была разработана модель циркуляционной установки, базирующаяся на современных конструктивно-технологических принципах и характеризующаяся следующими основными параметрами:

- общий объём воды в системе – 1250 м³;
- объём рыбоводных бассейнов – 500 м³;
- объём сооружений водоподготовки – 750 м³;
- расход циркулирующей воды – 500 м³/час;
- расход подпиточной воды от общего объёма системы в сутки – 5% (62,5 м³);
- сброс воды в канализацию – 62,5 м³/сутки;
- расход сжатого воздуха – 500 м³/час.

Исходя из приведённых данных стоимость создания рассматриваемой нами модели УЗВ (500 м³/час) с учётом основных вспомогательных помещений (лаборатория, административно-бытовые, складские и инженерно-технические), с соответствующим оснащением, коммуникациями и оборудованием составит 77,9 млн. рублей. Важное значение имеет подбор наименее затратных материалов.

Данные показатели могут служить ориентиром для предварительной оценки предстоящих капитальных затрат.

Для оценки эффективности и целесообразности такого объёма капитальных вложений нами исследована структура эксплуатационных затрат товарного выращивания в УЗВ основных объектов аквакультуры, а также определён минимальный объём производства рыбопродукции, обеспечивающий безубыточный результат эксплуатации УЗВ.

Перечисленные выше параметры исследуемой установки обеспечивают товарное выращивание одного из следующих видов рыб: карпа (50 тонн), форели (45 тонн), сибирского осетра (50 тонн), тилапии (75 тонн), африканского клариевого сома (156 тонн) за один производственный цикл, характерный для каждого из исследуемых объектов. Для карпа, тилапии и сома он составляет 180, для форели – 250, для осетра – 365 суток.

Для каждого вида рыб были рассчитаны статьи основных затрат, складывающиеся в данной УЗВ, с учётом цен и тарифов, действовавших в Московской области в 2007 году (таблица 3).

В показателе «Электроэнергия» учтены расходы на эксплуатацию насосов, генератора кислорода, аэрацию биофильтров и другие вспомогательные нужды.

Для расчёта затрат на приобретение кормов использовали информацию одной из немецких компаний. Для карпа, форели, осетра в расчётах учтена цена специализированных кормов, для тилапии, африканского клариевого сома – тепловодных карповых. Затраты корма на 1 кг прироста массы карпа, форели, осетра, тилапии приняты 1,5, для африканского клариевого сома – 1,2.

Объём затрачиваемого тепла для каждого объекта выращивания зависит от температурных условий, необходимых для эффективного культивирования каждого вида и связан, главным образом, с подогревом подпиточной воды.

При расчёте расходов на заработную плату мы исходили из штатной численности цеха – 14 человек.

Таблица 3– Основные статьи затрат на выращивание рыбы в УЗВ, тыс. руб.

Показатель	Карп, 50 т	%	Форель, 45 т	%	Осётр, 50 т	%	Тиляпия, 75 т	%	Африканский сом, 156 т	%
Водопотребление	119,4	1,55	163,6	1,54	238,8	1,82	119,4	1,29	119,4	0,9
Посадочный	526,3	6,77	1653,8	15,59	877,2	6,68	-	-	682,5	5,16
Потребление	2620,5	33,73	2734,3	25,78	3433,9	26,14	4315,0	46,88	6990,0	52,82
Сброс производственных стоков	150,6	1,94	206,2	1,95	301,2	2,29	150,6	1,64	150,6	1,14
Заработная плата с начислениями	2237,8	28,80	3065,4	28,90	4475,5	34,07	2237,8	24,31	2237,8	16,91
Потребление электроэнергии	654,4	8,42	896,5	8,45	1308,8	9,96	654,4	7,11	654,4	4,94
Потребление тепла	164,9	2,12	119,0	1,12	310,6	2,37	193,5	2,10	193,5	1,46
Прочие расходы	1294,8	16,67	1767,8	16,67	2189,2	16,67	1534,2	16,67	2205,6	16,67
ВСЕГО	7768,7	100,00	10606,6	100,0	13135,2	100,0	9204,9	100,0	13233,8	100,00

В состав показателя «Прочие расходы» отнесены амортизация основных фондов, транспортные расходы, расходы на приобретение лекарственных препаратов для рыб, вспомогательных материалов, страховые выплаты, налоги и другие платы.

Анализ показывает, что доля затрат на приобретение кормов составляет от 26 (форель) до 53% (американский сом), на оплату труда - находится в диапазоне от 17% (африканский сом) до 34% (осетр), а доля энергетической составляющей производства (водопотребление, сброс, расход электричества и тепла) колеблется от 8% (африканский сом) до 16% (осетр). В установках предыдущего поколения (80-е годы прошлого века) доля энергетических затрат составляла более 50% общих затрат.

Таблица 4 – Основные статьи затрат при выращивании форели в УЗВ, %

Показатель	УЗВ «Еврофиш»	УЗВ РФ
Производительность, тонн	2000	45
Корма	46	26
Зарплата с начислениями	17	29
Посадочный материал	10	15,5
Электроэнергия	7	8,5
Прочие	20	21
ИТОГО	100	100

Имеется возможность сопоставить полученную выше структуру затрат выращивания в УЗВ форели с таковой в условиях УЗВ «Еврофиш» [3]. Как видим укрупнение производительности зарубежных УЗВ, высокий уровень автоматизации и механизации производственных процессов сказывается на

структуре затрат в виде снижения долей по заработной плате, посадочному материалу и электроэнергии, увеличивая долю затрат на корма (таблица 4).

В таблице 5 приведены данные, отображающие эффективность выращивания каждого вида рыб в рассматриваемой модели УЗВ. Цена реализации продукции была определена на основании маркетинговых исследований рынка оптовых продаж живой рыбы в Москве и Московской области.

Таблица 5 – Оценка эффективности товарного выращивания некоторых видов рыб в условиях УЗВ

Показатель	Карп	Форель	Осетр	Тиляпия	Африканский клариевый сом
Объём реализации, т	50	45	50	75	156
Оптовая цена, руб./кг	93	240	380	110	110
Цена реализации, тыс. руб.	4650	10800	19000	8 250	17160
Затраты на 1 кг живой рыбы, руб.	155,37	235,7	262,7	122,7	84,83
Выручка, тыс. руб.	-3118,7	193,4	5864,8	-954,9	3926,2
Рентабельность, %	- 41	2	45	-11	30
Точка безубыточности, т	798,1	43,1	26,5	104,8	71,8

Так выращивание карпа и тиляпии при рассматриваемом объёме производства убыточно, размер убытков составляет 3119 тыс. руб. и 193,4 тыс. руб., соответственно. Отсюда и рентабельность по этим видам отрицательна.

Производство форели в данном объёме оказалось низко рентабельно (2%), точка безубыточности при выращивании этого вида составляет 43126 кг. Более успешным является производство осетра и клариевого сома. Для осетра рентабельность равна 45%, для клариевого сома – 30%, а точка безубыточности составляет 26540 кг и 104830 кг, соответственно.

При выращивании товарного карпа в условиях рассматриваемой УЗВ безубыточный уровень его производства теоретически достижим при объёме

около 800 тонн за цикл, что требует очень больших капитальных вложений для создания рыбоводного комплекса с объёмом бассейнов 8 тыс. м³ и это в современных условиях не эффективно.

Товарное выращивание других более ценных объектов аквакультуры в условиях УЗВ вполне оправдано при объёмах производства за 1 цикл не менее, указанных в таблице 5. Следует помнить, что приведённые в этой таблице объёмы безубыточного производства не предполагают получение прибыли, а только указывают на минимально допустимый уровень, обеспечивающий покрытие вложенных на эксплуатацию средств.

Данные показатели могут колебаться в зависимости от условий конкретных хозяйств, конъюнктуры рынка, как в отношении рыбопродукции, так величины различных статей затрат, однако в целом они могут служить ориентиром для желающих заняться аквакультурой на базе УЗВ.

Накопленный инновационный опыт применения УЗВ позволяет в ближайшей перспективе создать базу для перевооружения рыбоводной отрасли на качественно новом организационно-технологическом и экономическом уровнях.

Список использованных источников

1. Жигин А.В., 2011. Замкнутые системы в аквакультуре. – Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 664 с.
2. Проскуренко И.В., 2003. Замкнутые рыбоводные установки. – Москва: ВНИРО. – 152 с.
3. Брайнбалле Я., 2010. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. – Копенгаген: «Еврофиш». – 70 с.