

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ХРАНЕНИЯ ЖИВОЙ РЫБЫ В ВОДЕ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА

Акмаров Петр Борисович¹, кандидат экономических наук, профессор, проректор
Ураков Александр Ливиевич², доктор медицинских наук, старший научный сотрудник
Чернова Лейсан Вячеславовна³, аспирант

¹ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» МСХ РФ, 426069, Ижевск, ул. Студенческая, 11; тел.: 83412592495, e-mail: igsha_ur@mail.ru

²ФГБУН «Институт механики» Уральского отделения РАН (Ижевск) 426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34. Т. 83412508200, e-mail: urakoval@live.ru

³426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34. Т. 83412508200, e-mail: chernova.leisan@live.ru

Ключевые слова: рыбоводство, хранение, гипоксия, производственные затраты, себестоимость.

Изобретен способ сохранения живой рыбы в воде при отсутствии в ней растворенного кислорода. Для длительного хранения живой рыбы в отсутствие растворенного кислорода предложено вводить в воду водный раствор 6% перекиси водорода в разовой дозе 0,2 мл/кг рыбы. Продемонстрирован расчет экономического эффекта предложенного способа сохранения рыбы.

Введение

В настоящее время около 30% выращенной и выловленной рыбы погибает во время ее транспортировки к прилавкам и еще около 30% рыбы погибает при ее хранении перед продажей [1]. Гибель рыбы способствует ее порче, снижению качества, оптовой и розничной цены и покупательского спроса. Для продления срока сохранения живой рыбы в воде повсеместно применяется аэрация воды атмосферным воздухом. Однако эта технология не всегда эффективно предотвращает гипоксию.

Для предотвращения гибели рыбы в воде из-за недостатка в ней растворенного кислорода предложено использовать гипотермию и перекись водорода [2, 3]. Дело в том, что гипотермия является одним из са-

мых главных факторов защиты головного мозга от гипоксического повреждения, а рыбы относятся к холоднокровным животным, поэтому легко допускают существенное понижение температуры водной среды, в которой находятся во время гипоксии [1, 3, 4, 5]. С другой стороны, раствор перекиси водорода можно вводить в воду вместо кислорода, поскольку жабры рыб способны подвергать перекись водорода каталазной реакции, извлекать из нее молекулярный кислород и обеспечивать его всасывание в кровь [3]. Однако при этом отсутствуют расчеты экономической эффективности введения раствора перекиси водорода в воду для сохранения рыбы живой после ее вылова.

Объекты и методы исследований

В условиях вивария проведены лабо-

раторные исследования динамики двигательной активности 150 взрослых здоровых рыбок породы гуппи обоего пола массой 300 – 320 мг и 150 взрослых здоровых рыбок породы голубые неоны обоего пола массой 290 – 310 мг. Моделирование острой гипоксии достигалось путем помещения каждой рыбки в пресную воду при температуре в диапазоне от +15 до +25°C, находящуюся внутри отдельной прозрачной герметичной емкости объемом 2,5 или 5 мл (в этой роли был использован пластиковый или стеклянный инъекционный шприц) [6,7]. Перекись водорода вводилась в воду с рыбками в виде раствора 6% перекиси водорода в диапазоне доз от 0,05 до 0,3 мл/кг рыбы через стандартную внутрикожную инъекционную иглу, соединенную со шприцем.

В процессе гипоксии регистрировалась динамика двигательной активности рыб, в частности частота дыхательных движений жаберных дуг, частота открывания рта, частота и амплитуда колебаний плавников, а также последовательность изменения цвета плавников. Мониторинг двигательной активности рыб был проведен на глаз и с помощью киносъёмки в видимом диапазоне спектра излучения [7,8].

Статистическая обработка результатов проведена с помощью программы BIOSTAT по общепринятой методике.

Результаты исследований

Установлено, что гипоксия, создаваемая в лабораторных условиях помещением аквариумных рыб в пресную воду внутри прозрачных пластиковых шприцев при различных температурных режимах в диапазоне от +15 до +25°C, вызывает стадийные изменения двигательной активности рыб и цвета их плавников в процессе переживания ими гипоксии (адаптации к гипоксии) и в процессе их гибели. При этом смерть рыбок наступала при температуре воды 25°C через 25 – 27 минут гипоксии, а при температуре воды 15°C - через 65 - 69 минут. В частности, после помещения аквариумных рыбок в герметичную емкость с пресной водой в изученном нами диапазоне температуры воды рыбки в первые десятки минут остаются относительно спокойными. Так, в воде с

температурой 15°C этот период относительно неподвижного состояния у рыб длится 50 – 60 минут, а в воде с температурой 25°C этот период сокращается до 22 - 27 минут. В следующий период гипоксии у рыб происходит значительное усиление двигательной активности. В этот период острой гипоксии появляются активные движения жаберных дуг, плавников и туловища. Учащается частота открывания рта и пропускания воды через жабры, рыбы мечутся по емкости и как бы «пытаются найти выход из нее». Также наблюдаются стадийные изменения цвета плавников, которые при углублении гипоксии темнеют. Первые изменения цвета плавников происходят в грудных плавниках. Позднее всех темнеют брюшные плавники и хвостовой плавник. Замечено, что в этот период гипоксии высокая двигательная активность рыб периодически прерывается короткими периодами покоя, которые продолжаются 5 - 10 секунд.

Высокая двигательная активность рыб при острой гипоксии в воде при температуре 15 и 25°C длится 90-100 и 40-45 секунд (соответственно), после чего рыбы становятся вновь малоподвижными. При этом около 50% рыб опускается на дно емкости, переворачивается и всплывает вверх животом. Независимо от положения рыб в воде у них все еще остается открытым рот и сохраняется пропускание воды через жабры, но происходит это в несколько раз реже, чем до этого.

В заключительную стадию гипоксического повреждения рыбы находятся в состоянии вверх животом около 1 минуты. В этот период у них отмечаются редкие дыхательные движения рта и жаберных дуг, а также единичные подергивания плавниками. Затем все двигательная активность у рыб полностью и окончательно прекращаются и рыбы погибают.

Так, в опытах, проведенных в дни, когда атмосферное давление воздуха находилось в пределах 755 - 765 мм ртутного столба, смерть рыбок породы голубые неоны и гуппи наступала после прекращения доступа воздуха в закрытую емкость с водой объемом 5 мл при температуре воды + 25°C со-

ответственно через $25,3 \pm 0,60$ и $27,4 \pm 0,55$ минут ($P \leq 0,05$, $n = 100$), а при температуре воды $+15^\circ\text{C}$ - через $65,4 \pm 0,75$ и $67,6 \pm 0,80$ ($P \leq 0,05$, $n = 100$) минут (соответственно). Иными словами, понижение температуры воды с рыбками с 25 до 15°C удлиняет продолжительность жизни рыб без доступа воздуха в 2,2 – 2,3 раза.

Аналогичные же данные были получены при помещении рыбок в меньший объем воды, а именно – в 2,5 мл пресной воды. Показано, что после герметизации емкости с рыбками, находящимися в 2,5 мл воды при температуре 25°C , рыбки породы голубые неоны и гуппи оставались живыми соответственно $12,5 \pm 0,64$ и $13,7 \pm 0,71$ минут ($P \leq 0,05$, $n = 5$), а в воде с температурой 15°C оставались живыми соответственно $32,1 \pm 1,20$ и $32,5 \pm 1,85$ минут ($P \leq 0,05$, $n = 5$).

Установлена закономерность изменения динамики двигательной активности рыб. Первыми симптомами усиления двигательной активности рыб является открытие рта во всю его ширину, усиление и учащение вентиляционных движений ротовой полости и жаберных дуг, а также ускорение пропускания воды через открытый рот и жабры. Вслед за этим очень скоро появляются усиленные колебательные движения боковых плавников, хвоста и всего тела. При этом рыбы начинают судорожно метаться по емкости, и как бы «пытаются найти выход» из нее. Одновременно с этим рыбы периодически испражняются. Общая продолжительность череды прерывающихся судорожных подергиваний рыбок породы гуппи при их острой гипоксии в воде при температуре $+25^\circ\text{C}$ длится $65,0 \pm 0,9$ ($P \leq 0,05$, $n = 100$) секунд. Затем двигательная активность у рыб прекращается полностью и окончательно. Попытки оживить их введением кислорода в воду или раствора перекиси водорода не приводили к успеху. Аналогичные результаты получены также в опытах с рыбками голубые неоны.

Таким образом, взрослые здоровые аквариумные рыбки породы гуппи и голубые неоны реагируют на острую гипоксию изменением своей двигательной активности в следующей последовательности: в на-

чальный период гипоксии рыбки как будто бы замирают и принимают малоподвижное состояние, в котором находятся столько времени, сколько позволяют им имеющиеся резервы адаптации к гипоксии, затем в начале исчерпания резервов адаптации к гипоксии рыбки возбуждаются, широко открывают рот, активно и часто прогоняют жабрами воду через рот и жаберные дуги, усиливают до максимальных значений колебательные движения боковых плавников, хвоста и тела, мечутся в воде в беспорядочных подергиваниях всего тела, продолжающихся по 5 – 10 секунд и прерывающихся 2 – 3 раза периодами покоя также длительностью по 5 – 10 секунд, периодически испражняются, а после полного исчерпания всех резервов адаптации к гипоксии успокаиваются и как бы засыпают, тонут в воде, опускаясь на дно емкости, тут же переворачиваются кверху брюхом и всплывают в верхние слои воды, где остаются в неподвижном и бессознательном состоянии еще какое-то время, совершая при этом все более и более редкие и слабые дыхательные движения жабрами вплоть до окончательного их прекращения.

Следовательно, беспорядочное малоактивное или неподвижное состояние живых рыб при острой гипоксии может служить диагностическим симптомом их благополучия и достаточности у них резервов адаптации к дефициту кислорода. С другой стороны, появление активных дыхательных движений жаберных дуг и рта у рыбок в сочетании с беспорядочными судорожными подергиваниями всего тела, может служить диагностическим симптомом начала исчерпания резервов адаптации к гипоксии.

Опираясь на полученные результаты, можно заключить, что снижение температуры воды с 25 до 15°C удлиняет жизнь аквариумных рыбок в условиях острой гипоксии в 2,2 – 2,3 раза. Следовательно, применение холодной пресной воды в контейнерах с живой рыбой может быть использовано для эффективного продления сохранности рыб при их транспортировке и хранении, то есть может удлинить путь и время транспортировки живых рыбок. Последнее обстоятельство может быть использовано для повы-

шения оптовых и розничных цен на рыбок в магазинах.

Для выяснения возможности продления жизни рыбок в воде при отсутствии в ней растворенного кислорода проведены опыты с перекисью водорода. Дело в том, что перекись водорода является, по сути дела, химическим аккумулятором кислорода, из которого может образовываться с помощью каталазы молекулярный кислород. Расчеты показывают, что 100 мл раствора 6%-ной перекиси водорода может выделить 1,97 л O_2 (молекулярного кислорода) массой 2,816 г. Результаты исследований показали, что при введении в пресную воду с рыбами раствора 6%-ной перекиси водорода в разовой дозе 0,2 мл/кг рыбы уровень растворенного в воде кислорода остается неизменным, но в воде появляется связанный кислород, количество которого аналогично количеству растворенного в воде кислорода. Поэтому введение перекиси водорода в указанной дозе увеличивает в 2 раза продолжительность жизни рыб в воде при полном отсутствии поступления в нее атмосферного воздуха и кислорода.

Установлено, что для своевременного обеспечения рыбок кислородом и для достижения эффективного антигипоксического действия перекись водорода следует вводить в воду либо до помещения в нее рыб (то есть перед прекращением поступления воздуха в воду), либо после помещения рыб в воду и после начала прекращения доступа в нее воздуха, но не позднее 40 секунд после появления беспорядочной (судорожной) двигательной активности у рыб, которая свидетельствует об исчерпании резервов адаптации рыб к острой гипоксии.

В опытах с рыбками породы голубые неоны показано, что в условиях нормального атмосферного давления и температуры воды в пределах +15 - +16°C введение раствора 6%-ной перекиси водорода в дозе 0,2 мл/кг рыбы в воду с рыбками перед началом прекращения поступления в нее атмосферного воздуха удлиняет период сохранения рыбок живыми с $49,73 \pm 2,10$ до $99,10 \pm 4,70$ минут. Иными словами, предварительное введение раствора 6%-ной перекиси во-

дорода в дозе 0,2 мл/кг рыбы обеспечивает удлинение практически в 2 раза продолжительности жизни рыб в воде после прекращения поступления в нее атмосферного воздуха.

Подобные же данные получены нами в опытах с рыбками породы гуппи и голубые неоны при гипоксии в условиях нормального атмосферного давления при температуре воды +25 - +26°C. Показано, что в этих условиях введение раствора 6%-ной перекиси водорода в дозе 0,2 мл/кг рыбы также удлиняет период сохранения живых рыб. Так, рыбки породы голубые неоны и гуппи в контроле погибают соответственно через $25,3 \pm 1,31$ и $27,4 \pm 1,32$ минут ($P \leq 0,05$, $n = 5$), а после предварительного введения раствора перекиси водорода - через $52,43 \pm 2,43$ и $57,11 \pm 2,45$ минут ($P \leq 0,05$, $n = 5$) (соответственно).

Кроме этого, показано, что введение в воду с рыбками раствора 6%-ной перекиси водорода в дозе 0,8 мл/кг рыбы (то есть в дозе, превышающей в 4 раза дозу, оказывающую антигипоксическое и краниопротекторное действие) после исчерпания резервов адаптации рыбок к гипоксии и при наступлении у них периода чрезмерно высокой двигательной активности, приводит к гибели 100% рыбок. При этом токсическая доза перекиси водорода вызывает гибель рыбок через 5 – 12 минут после введения препарата.

Полученные результаты позволили нам разработать оригинальный способ сохранения живой рыбы в воде без введения в нее атмосферного воздуха и кислорода. Для этого предложено осуществлять с помощью датчиков движения и видеокамер слежения двигательную активность рыб непрерывно и каждый раз не позже 40 секунд после момента появления высокой беспорядочной двигательной активности рыб вводить в воду с рыбками водный раствор 6% перекиси водорода в разовой дозе 0,2 мл/кг рыбы.

Нами проведен расчет экономического эффекта такого способа сохранения рыбы на примере прудового карпа.

В структуре себестоимости товарной рыбы затраты на хранение и транспортиров-

ку составляют до 30%. Применение предложенной технологии позволяет снизить эти затраты до 20% в зависимости от видов рыбы и объемов хранения и транспортировки. Так, например, в одном из наиболее крупных рыбхозов северной зоны нашей страны – в рыбхозе «Пихтовка» (Удмуртская Республика) производится ежегодно до 900 тонн товарного карпа. Эта рыба доставляется в различные регионы, включая Санкт-Петербург, Москву и другие крупные города. По нашим расчетам, каждый час хранения живой рыбы при транспортировке по традиционной технологии увеличивает себестоимость в среднем на 4,35 рубля в пересчете на килограмм массы. Применение перекиси водорода позволит снизить эти затраты до 2,28 рубля, то есть почти в 2 раза. В целом экономия при транспортировке 100 тонн рыбы из рыбхоза в течение 20 часов превысит 4 млн. рублей.

Библиографический список

1. Чернова, Л.В. Влияние температуры на динамику цвета плавников и двигательной активности взрослых аквариумных рыбок при острой гипоксии / Л.В.Чернова // Международный научно-исследовательский журнал. - 2014. - № 3-4 (22). - С.117-118.
2. Пат.2563151 Российская Федерация. Способ сохранения живой рыбы при транспортировке и хранении / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, Р.К. Агарвал, А.П. Решетников. Бюл. №26.
3. Ураков, А.Л. Влияние температуры, атмосферного давления, антигипоксантов и химического «аккумулятора кислорода» на жизнеспособность рыб в воде без доступа воздуха / А.Л.Ураков, Н.А.Уракова, Л.В.Чернова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2014. - № 8 - 2. - С.48 – 52.
4. Ураков, А.Л. Способ скрининга антигипоксантов / А.Л.Ураков, Н.А.Уракова, Л.В.Чернова // Успехи современного естествознания. - 2014. - № 9 - 1. - С. 24 – 27.
5. Ураков, А.Л. История формирования термофармакологии в России / А.Л. Ураков // Успехи современного естествознания. - 2014. - № 12. - С.29 – 39.
6. Ураков, А.Л. Аналогии поведения рыбок в воде и плодов в утробе беременных женщин при острой гипоксии / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, Л.В.Чернова // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. - № 1-2. - С.83 – 86.
7. Диагностические симптомы гипоксии у плодов в утробе матери и у рыбок в воде / А.Л. Ураков, Н.А. Уракова, М.Ю. Гаускнехт, Л.В. Чернова // Международный научно-исследовательский журнал. - 2013. - Ч.3, № 11 (18). - С.53 – 54.
8. Чернова, Л.В. Динамика двигательной активности аквариумных рыбок при их гипоксии / Л.В.Чернова // Журнал научных статей Здоровье и образование в XXI веке. - 2014. - Том 16, № 3. - С.9-11.