

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ КИСЛОРОДА, ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, АММИАКА НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ОСЕТРОВЫХ РЫБ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Смирнова Н.В., Лозовская М.В.

ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», Астрахань, Россия, e-mail: nsmirnova08@bk.ru

В статье обозначены проблемы повышения выживаемости и жизнестойкости осетровых рыб (Acipenseridae). Приведен анализ исследований, направленных на изучение данных вопросов. Представлены мнения многих авторов о влиянии различных концентраций кислорода, диоксида углерода и аммиака на осетровых рыб. Показан положительный эффект при использовании цеолитов, антиоксидантов, перфторорганических соединений, преимущества и недостатки их использования. Указывается на необходимость совершенствования методов повышения выживаемости, а также поиска новых подходов к решению данной проблемы путем создания инновационных технологий.

Ключевые слова: осетровые (Acipenseridae), повышение выживаемости, жизнестойкость.

INFLUENCE OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF OXYGEN, DIOXIDE OF CARBON, AMMONIA ON SURVIVABILITY OF STURGEON FINFISNESS AND WAYS OF ITS INCREASE

Smirnova N.V., Lozovskaya M.V.

Astrakhan state university, Astrakhan, Russia, e-mail: nsmirnova08@bk.ru

The article indicated the problem of increasing survival and viability of sturgeon (Acipenseridae). An analysis of studies aimed at understanding these issues. Represents the views of the authors on the effect of different concentrations of oxygen, carbon dioxide and ammonia on the sturgeon. Positive effect when using zeolites, antioxidants, perfluororganics compounds, the advantages and disadvantages of using them. Indicated a need for improved methods to increase survival, as well as search for new approaches to solving this problem by creating innovative technologies.

Keywords: sturgeons (Acipenseridae), improve survival, vitality.

Осетровые (*Acipenseridae*) – семейство рыб отряда осетрообразных, включающее четыре рода (белуги, осетры, лопатоносы и лжелопатоносы) и 23 вида. Они являются высокоценными по своим пищевым качествам, поэтому их разведение представляет большой хозяйственный интерес. Высокая стоимость и дефицитность половых продуктов осетровых, значительные материальные затраты в ходе инкубации оплодотворенной икры и выращивания личинок, привлечение высококвалифицированных специалистов требуют максимального снижения отхода на всех этапах биотехнического процесса осетроводства.

Однако, несмотря на усилия рыбоводов по созданию и поддержанию оптимальных условий для выращивания, не всегда удается избежать гибели рыб при воздействии экстремальных условий (высокая летняя температура, недостаточное содержание кислорода, транспортировка, заболевания, рыбоводные манипуляции и др. стрессовые воздействия). В связи с этим изучение выживаемости рыб и способов ее повышения имеет особую актуальность.

Из-за сложности морфогенетических, физиологических и биохимических процессов

жизнедеятельности в онтогенезе рыб наиболее уязвимыми являются начальные периоды развития: эмбриональный, личиночный и мальковый. Они являются «узкими местами» в рыбоводном процессе. Именно на ранних стадиях онтогенеза на многих рыбоводных хозяйствах возникает необходимость перевозки рыб, сопровождающейся ухудшением физиологического состояния и зачастую гибелью особей.

С 1957 года, благодаря усилиям исследователей Центральной производственно-акклиматизационной станции Главгосрыбвода по проведению массовых опытов для разработки и внедрения нового метода, с целью перевозки живой рыбы используются пакеты из пластических масс. Выживание рыб в пакетах во многом зависит от плотности посадки и длительности транспортировки, возраста и состояния рыбы, от соотношения воды, воздуха и кислорода, от высоты столба воды и площади соприкосновения воды и газов, от степени перемешивания воды, колебания температуры во время транспортировки и прочих факторов.

При расчете плотности посадки оплодотворенной икры и рыбы в герметически закрытый стандартный полиэтиленовый пакет, заполняемый водой и кислородом, необходимо учитывать также степень растворения кислорода в воде, пороговое содержание кислорода и фактор пространственного расположения перевозимого материала (для рыбы до 1 г принимается соотношение ее массы и воды от 1:8 до 1:10, а свыше 1 г – от 1:2 до 1:6). Оптимальная температура при перевозке икры белуги составляет 10–13 °С, осетра – 14–17 °С, севрюги – 18–22 °С; для транспортировки предличинок, личинок и молоди осетровых – 10–20 °С [7].

Известно, что при перевозке рыбы в открытых емкостях происходит естественное насыщение воды кислородом во время движения транспорта, при этом с уменьшением содержания кислорода в воде потребление его рыбами снижается. Исследования показали, что при слабом перемешивании воды в пакете, характерном для транспортировки на самолете или катере, насыщение воды составляет 160%, при перевозке на автомашине по асфальтированной дороге (среднее перемешивание) – 260%, на грузовой машине по грунтовой дороге (сильное перемешивание) – 360%. Таким образом, в пакетах содержание кислорода в воде значительно превосходит степень его насыщения, которая обычно наблюдается в естественных водоемах.

Считается, что перенасыщенность кислородом воды тормозит образование гемоглобина и рост жаберных лепестков, а также развитие селезенки. С началом движения рта в ротовой полости скапливается кислород в виде пузырька диаметром 1 мм, вследствие этого молодь держится у поверхности вертикально. При снижении концентрации кислорода это явление быстро исчезает, но следы его влияния на организацию молоди остаются непоправимыми [26].

Существует мнение, что высокое содержание кислорода в воде отрицательно влияет на рыб, и при низкой плотности личинок в пакете с кислородом и смесью кислорода с воздухом возможен большой их отход. Гибель личинок при этом сопровождается увеличением

кровеносных сосудов в области сердца. Есть предположение, что гибель происходит от перенасыщения кислородом. Растворение его в воде происходит быстрее, чем потребление. Через несколько часов количество растворенного в воде кислорода достигает такого предела, при котором наступает гибель личинок или происходит нарушение физиологических процессов, приводящее к гибели через несколько дней. При соотношении 3 л кислорода к 3 л воды содержание растворенного кислорода в пакете при перемешивании воды достигает 23,4 мл/л, или 365% насыщения, что губительно сказывается на рыбе [20]. Добавление в пакет воздуха к уменьшенному объему кислорода или увеличение плотности посадки приводит к значительному увеличению продолжительности выживания.

Исследования Ю.И. Орлова [22] также показали, что при содержании водных организмов в воде с высоким насыщением кислорода никаких отклонений от нормального состояния не наблюдалось даже спустя длительное время после опытов, что, вероятно, объясняется возможностью организмов регулировать его поступление в организм. Результаты этих исследований позволили использовать чистый кислород для промышленных транспортировок водных организмов. За много лет не было ни одного случая гибели организмов из-за перенасыщения воды кислородом.

Осетровые рыбы характеризуются высокой чувствительностью к недостатку кислорода. Для нормальной жизнедеятельности концентрация кислорода должна быть 7–11 мг/л [4]. По данным Р.Ю. Касимова и З.К. Касимовой [8] кислородный порог у молоди осетровых в раннем онтогенезе варьируется от 0,8 до 2,5 мг/л. Исследования по определению интенсивности дыхания и пороговых содержаний кислорода для осетровых проводили также А.А. Кокоза [10] и Л.Б. Кляшторин [9]. Большинство исследователей пришли к общим выводам о неодинаковой интенсивности дыхания в различном возрасте, а также неодинаковой величине порогового насыщения кислородом как следствии различных требований развивающегося организма к окружающей среде. При этом повышение кислородного порога не всегда совпадает с повышенной интенсивностью дыхания [11]. Интенсивность потребления кислорода эмбрионами на этапах дробления, гаструляции, нейруляции и образования сердечной трубки низкая (18–30 мл/кг*ч), однако по мере приближения к 35 стадии и на выклеве значительно повышается (70–72 мл/кг*ч).

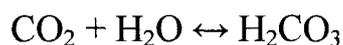
Во время нахождения в полиэтиленовых пакетах, особенно при низких температурах, личинки заметно отстают в росте по сравнению с личинками, выдерживаемыми в лотках, но потом догоняют их, и к моменту перехода на активное питание рост личинок становится одинаковым. Данные о торможении роста при ухудшении кислородных условий имеются в работах J.W. Andrews [33].

Для изучения интенсивности потребления кислорода зародышами рыб наиболее известен «метод закрытых сосудов» [14]. Однако данный метод имеет ряд недостатков [39]. Использование его связано с большой ошибкой, возникающей в результате соприкосновения пробы воды с воздухом. Чтобы избежать этого, Т.Г. Thompson и R.C. Miller [38] предложили специальную конструкцию сосудов, в которые реактивы могут добавляться без соприкосновения пробы воды с воздухом. К сожалению, такой метод не нашел широкого применения из-за большой трудоемкости. Наиболее удобным и точным для определения интенсивности потребления кислорода зародышами рыб считается микрометод Ван Дама с использованием шприцевой пипетки [35].

В живорыбных емкостях в скученном состоянии у рыб повышается распад белков, при котором в воду выделяется диоксид углерода и аммиак. Существуют разные точки зрения в отношении влияния на рыб малых концентраций CO₂. Г.В. Никольский отмечает, что CO₂ даже в сравнительно небольших дозах вызывает гибель рыбы [19]. Однако в литературе также имеются данные как о том, что небольшое содержание углекислоты в воде не имеет значения для животных, так и о том, что CO₂ в небольших количествах положительно влияет на рост, развитие и выживаемость эмбрионов птиц, рептилий и млекопитающих. Доказано положительное влияние небольших концентраций диоксида углерода на жизнеспособность эмбрионов фитофильных рыб [2] и отрицательное на развивающуюся икру пелагофильных рыб [3], что объясняется различными условиями размножения и эмбрионального развития. Высокие концентрации диоксида углерода отрицательно влияют на дыхание и рост, а также питание и выживаемость как молоди, так и взрослых рыб.

Орлов Ю.И. и другие исследователи [21] считали, что при перевозке рыбы в открытых емкостях количество CO₂ в воде не может достигнуть смертельной для рыб концентрации, так как поступающий в воду кислород или воздух (при аэрации), проходя сквозь толщу воды, захватывает и удаляет его из воды. В пакетах такого процесса не происходит, а накопление CO₂ в них, по-видимому, происходит более интенсивно.

Диоксид углерода содержится в воде в основном в виде растворенных молекул CO₂, и лишь малая часть его (около 1%) при взаимодействии с водой образует угольную кислоту:



Диоксид углерода, гидрокарбонатные и карбонатные ионы являются основными компонентами карбонатной системы. В растворе между ними существует подвижное равновесие:



Соотношение между компонентами в значительной мере определяется величиной pH.

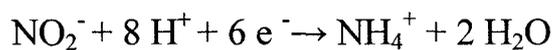
При pH 4,5 и ниже из всех компонентов карбонатного равновесия в воде присутствует только свободная углекислота. В интервале pH 6–10 гидрокарбонатные ионы являются основной формой производных угольной кислоты (максимальное их содержание при pH 8,3–8,4). При pH более 10,5 главной формой существования угольной кислоты являются карбонатные ионы.

Установлено, что накопление диоксида углерода до критического уровня является фактором, лимитирующим выживаемость перевозимых организмов в герметически закрытых емкостях [21]. К моменту начала угнетения рыбы используется лишь часть кислорода, находящегося в пакете (при перевозке осетровых – 3–5%, лососевых – 5–10%). При соотношении в пакете воды и кислорода 1:1 и температуре воды 15 °С в воде остается 50% всего выделенного рыбами CO₂. Объем выделяемого при дыхании водных организмов диоксида углерода соответствует объему потребленного кислорода. К моменту, когда количество диоксида углерода в пакете достигает губительной величины, солевой аммиак еще не находится в критической концентрации.

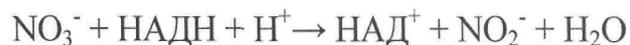
Исследователи, изучавшие действие свободного CO₂ на физиологические функции рыб, пришли к общему мнению о том, что повышенное его содержание отражается на способности крови связывать кислород, т.е. на интенсивности дыхания [34]. Данные по влиянию диоксида углерода в воде обобщены F.E. Fry [36]. Автор приходит к заключению, что рыба довольно слабо реагирует на повышение свободного CO₂ в воде. Потребление кислорода сокращается только при высоком содержании диоксида углерода в воде.

Данные, полученные И.П. Чистяковой [31] при изучении молоди осетра, согласуются с результатами исследований А.Б. Лозина [15] по севрюге и свидетельствуют о том, что небольшое повышение CO₂ в воде при нормальной температуре и нормальном кислородном режиме не оказывает влияния на интенсивность обмена, и только повышение его содержания свыше 35–40 мг/л ведет к сокращению скорости потребления кислорода на 10–15%. Надо полагать, что под влиянием высокого содержания растворенного в воде диоксида углерода в организме рыб не происходит глубоких необратимых процессов. В данном случае он действует, как наркотик, и после того, как это воздействие снимается, личинки осетра вновь оказываются способными повысить скорость потребления кислорода.

Загрязнение воды токсическими соединениями азота в основном связано с выделением рыбами аммония – практически единственного азотсодержащего продукта катаболизма аминокислот [13]. В результате различных превращений аммония возникают другие токсические соединения азота – нитриты и нитраты, аммиак. Так, микроорганизмы, живущие в воде, используют азот для синтеза аминокислот. Этот процесс является двухстадийным. На первом этапе происходит восстановление нитратов до нитритов:



Затем нитриты восстанавливаются до аммиака:



Аммиак является главным стрессообразующим фактором. У рыб, наиболее подверженных стрессу (ослабленные экземпляры), блокируется дыхательный центр и наступают необратимые явления, приводящие к гибели. Фактором, лимитирующим выживаемость водных организмов, солевой аммиак становится лишь в хорошо аэрируемых емкостях открытого типа при длительных транспортировках.

Согласно существующему отраслевому стандарту (ОСТ 15.372-87) максимальное содержание азота в форме аммиака, нитратов и нитритов при выращивании осетровых не должно превышать соответственно 0,05, 1,0 и 0,02 г/м. Оптимальные условия выращивания осетровых характеризуются содержанием ионов аммония 0,5 мг/л, аммиака 0,07 мг/л, нитрит-ионов не более 0,088 мг/л [4].

Известно, что ионы аммония энергично адсорбируются цеолитом – широко распространенным в природе минералом из класса алюмосиликатов [37]. Эффективность очистки воды от соединений азота при помощи клиноптилолита – одного из наиболее распространенного цеолита, подтверждена исследованиями А.С. Константинова и М.Ю. Пелипенко [12]. Очевидно, что, поглощая аммиак, клиноптилолит ингибирует образование нитратов и нитритов как продуктов катаболизма протонированного аммиака, и таким образом создается низкий уровень загрязнения воды токсическими продуктами азотистого обмена. Использование природных цеолитов как сорбентов CO_2 во время длительных транспортировок осетровых рыб увеличивает эффективность на 12–13% [1].

В настоящее время существует множество способов, направленных на повышение выживаемости рыб при транспортировке. Таковыми являются следующие: электронаркоз, влажная атмосфера, поддержание низких температур, увеличение давления в емкостях, применение антибиотиков, использование пены, аэрозолей и др. Однако до сих пор эти способы не нашли широкого применения в практике.

Для увеличения выживания транспортируемых объектов рекомендовано очищение воды от хлора, который содержится в водопроводной воде. Известны следующие способы освобождения воды от хлора: отстаивание или подогревание воды, использование фильтров с активированным углем, а также добавление в воду гипосульфита.

В слабоаэрируемых емкостях с повышением содержания CO_2 вода подкисляется. Резкое изменение значений рН может приводить к гибели водных организмов. Следовательно,

стабилизация активной реакции воды может снижать отрицательное действие диоксида углерода и способствовать увеличению длительности перевозки. Предлагалось для подкисления воды использовать торф, а для подщелачивания – соду. В Индии для уменьшения колебаний рН в воду добавляют красноезем [27]. Имеются сведения об использовании фосфорнокислого натрия [30] и добавлении в воду NaCl [25].

Жесткость воды влияет на выживаемость водных организмов и особенно на процесс размножения. Эффективным способом увеличения жесткости воды является добавление в нее растворов хлористого кальция и магния [5]. Смягчают воду кипячением.

Применение анестезирующих веществ может значительно удлинить время содержания рыб в полиэтиленовых пакетах благодаря более медленному накоплению продуктов жизнедеятельности. Так, применение барбитала натрия увеличивает длительность выживания рыбы почти в два раза [28]. Однако у наркотизированных рыб значительно повышается кислородный порог и гибель начинается при более низком значении углекислоты и аммиака.

С целью получения жизнестойкого потомства высокого качества и повышения выживаемости при искусственном воспроизводстве объектов аква- и марикультуры используют экзогенные биорегуляторы. Одним из таких биорегуляторов является эпибрассинолид, показавший свои положительные качества на осетровых рыбах [32].

Повышения жизнестойкости эмбрионов, личинок и молоди рыб можно достигнуть при воздействии биологически активных веществ. Так, установлено положительное влияние двузамещенного фосфата калия на оплодотворяемость икры и выживаемость эмбрионов [6]. Установлен хороший эффект при воздействии на эмбрионы осетровых биологически активной водой «Релакс» (активирована электростатическим полем по запатентованной методике) и лецитиново-холестериновыми липосомами, в отличие от которых восстановленный глутатион (L-гамма-глутамил-L-цистеинилглицином) в концентрации 10 мл/л снижает выживаемость эмбрионов и ухудшает некоторые физиологические показатели личинок [16; 17].

Перспективным считают применение в рыбоводстве кротонолактона, который повышает естественную резистентность рыб к болезням, оказывает бактерицидное и бактериостатическое действие [29]. Положительное влияние на развитие и жизнестойкость рыб оказывают различные витамины (каротиноиды, токоферол, цианокобаламин), синтетический аналог лей-энкефалина-даларгин, пара-аминобензойная кислота [18], а также вещества антиоксидантного действия. Теоретической основой их использования является концепция о цепных реакциях свободнорадикального окисления липидов биологических мембран живой клетки.

Интерес представляют данные об увеличении выживаемости осетровых рыб и уменьшении торможения их развития на ранних стадиях онтогенеза при добавлении в воду 10

об.% перфторорганических соединений [24], обладающих газотранспортной функцией и высокой биологической активностью в целом. Однако высокая стоимость данных препаратов не позволяет широко использовать их в рыбоводной практике.

Несмотря на большое количество исследований, направленных на изучение проблемы повышения выживаемости осетровых рыб, предлагаемые методы обладают рядом недостатков. В связи с этим необходимо их совершенствование и поиск новых подходов к решению данной проблемы путем создания инновационных технологий.

Список литературы

1. Арутюнов О.Д. Разработка основных аспектов биотехники длительной транспортировки осетровых рыб : дис. ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2001. – 157 с.
2. Билько В.П. Влияние рН среды на оплодотворяемость икры разного качества // Разнокачественность раннего онтогенеза у рыб. – Киев : Наук. думка, 1974. – С. 170–179.
3. Билько В.П., Кружилина С.В. Влияние свободной углекислоты на жизнеспособность фитофильных и пелагофильных рыб в раннем онтогенезе // Гидробиол. журн. – 1999. – Т. 35. – № 4. – С. 32–40.
4. Инструкция по химическому анализу воды прудов / Богданова Л.А. [и др.]. – М. : ВНИИПРХ, 1984. – 51 с.
5. Дацкевич В.П. Как повысить жесткость воды // Рыбоводство и рыболовство. – 1967. – № 5. – С. 41.
6. Зубченко И.А., Карпюк М.И. Способ повышения жизнестойкости рыб на ранних стадиях развития. А.С. № 862874 // Открытия и изобретения. – 1981. – № 34.
7. Иванов А.П. Рыбоводство в естественных водоемах. – М. : Агропромиздат, 1988. – 367 с.
8. Касимов Р.Ю., Касимова З.К. Кислородный порог у молоди осетровых в раннем онтогенезе // Тез. докл. науч. сессии ЦНИОРХ. – Баку, 1967. – С. 34–35.
9. Кляшторин Л.Б. О чувствительности молоди осетровых к дефициту кислорода // Вопросы ихтиологии. – 1976. – Т. 16. – Вып. 4. – С. 744–748.
10. Кокоза А.А. Динамика устойчивости молоди осетровых к дефициту кислорода в период заводского выращивания // Матер. науч. сессии, посвященной 100-летию осетроводства. – Астрахань, 1969. – С. 49–58.
11. Коновалов П.М. Опыты с молодью севрюги на дыхание и кислородный порог // Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии. – 1961. – Вып. 3. – С. 93–105.
12. Константинов А.С., Пелипенко М.Ю. О возможности использования цеолитов для удаления токсических продуктов азотистого обмена рыб // Вопросы ихтиологии. – 1983. – Т. 23. – Вып. 6. – С. 1040–1042.
13. Кэмпбелл Дж.У. Выделение продуктов азотистого обмена // Сравнительная физиология животных. – М. : Мир, 1977. – Т. 1. – 591 с.
14. Лонгинович Д.Н. Потребление кислорода рыбом на ранних этапах развития // Тр. Азовск. НИИ рыбного хозяйства. – 1960. – Вып. 3. – С. 65–88.
15. Лозин А.Б. О кислородном оптимуме молоди осетровых : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – МГУ, 1950. – 30 с.
16. Лозовская М.В. [и др.]. Влияние биологически активных веществ на выживание и физиологические показатели осетровых рыб на ранних этапах онтогенеза // Ранние этапы развития гидробионтов как основа формирования биопродуктивности и запасов промысловых видов в Мировом океане : матер. Всерос. конф. «Вопросы рыболовства». – М., 2001. – С. 152–155.
17. Лозовская М.В. Особенности адаптации пойкилотермных животных при разведении : дисс. ... док. биол. наук. – М., 2005. – 301 с.

18. Микодина Е.В. Биологические основы и методы управления функциями в раннем онтогенезе рыб // Биологические основы марикультуры / под ред. Л.А. Душкиной. – М. : ВНИРО, 1998. – С. 178–205.
19. Никольский Г.В. Частная ихтиология. – М. : Высшая школа, 1971. – С. 471.
20. Орлов Ю.И., Кружалина Е.И. Применение пакетов из пластмассовых пленок для перевозки живой рыбы и других водных животных. – М., 1959. – 24 с.
21. Какое количество водных организмов следует помещать в транспортные емкости / Орлов Ю.И. [и др.] // Рыбоводство и рыболовство. – 1971. – № 2. – С. 12.
22. Транспортировка живой рыбы в герметических емкостях / Орлов Ю.И. [и др.]. – М., 1974. – С. 5–13.
23. Какое количество водных организмов следует помещать в транспортные емкости / Орлов Ю.И. [и др.] // Рыбоводство и рыболовство. – 1971. – № 2. – С. 12.
24. Способ транспортировки живой рыбы / Васильева Л.М. [и др.] : патент № 2228028 Российская Федерация. 05.10.2004. Основной индекс МПК А01К63/00, 03.02.2002.
25. Привольнев Т.П. Перевозка и хранение живой рыбы. – М. : Пищепромиздат, 1956. – 78 с.
26. Садов И.А. Влияние перенасыщенной кислородом воды на развитие молоди // Рыбное хозяйство. – М., 1948. – № 1. – С. 43.
27. Саха К.С., Сэн Д.П., Мазумбар П. Влияние вредных веществ, попавших в среду при распаде продуктов обмена, на выживание личинок и мальков и предупреждение этого влияния // Перевозка живой рыбы. Рыбное хозяйство за рубежом. – 1958. – С. 21–28.
28. Стребкова Т.П. Использование наркотической смеси при транспортировке живой рыбы // Рыбное хозяйство. – 1971. – № 2. – С. 19–21.
29. Сулейманян В.С., Панасенко В.В., Цень Л.Н. Способ повышения жизнестойкости икры рыб. А.А. № 984424 // Открытия и изобретения. – 1982. – № 48. – 25 с.
30. Тютенков С.К. Опыт перевозки мизид в каннах с кислородной аэрацией // Методы перевозки водных беспозвоночных и личинок рыб в целях акклиматизации. – М., 1960. – С. 51–55.
31. Чистякова И.П. Влияние углекислоты на рост личинок осетра и потребление ими кислорода // Тр. ВНИРО. – 1961. – Т. XLIV. – С. 15–22.
32. Щеглов М.В. Пути повышения жизнестойкости осетровых и лососевых видов рыб в раннем онтогенезе при антропогенной нагрузке : дис ... канд. биол. наук. – Астрахань, 2004. – 137 с.
33. Andrews J.W., Murrai T., Gibbons G. The influence of dissolved oxygen on the growth of channel catfish. Trans // Amer. Fish., Soc. – 1973, v. 102, no. 4. – P. 22.
34. Black E.C., Fry F.E.I., Black V.S. The influence of carbon dioxide on the utilization of oxygen by some freshwater fish // Canad. J. Zool. – 1954, v. 32, no. 6. – P. 46–52.
35. Fox H.M., Wingjield C.A. A portable apparatus for determination of oxygen, dissolved in a small volume of water // J. Exptl. Biol. – 1938. – P. 15.
36. Fry F.E. The aquatic respiration of Fish // The physiology of fishes, v. 1, Academic press. Inc., New-Jork. – 1957. – P. 66–92.
37. Johnson P.W., Sieburth J.N. Ammonia removal by selective ion exchange: a backup system for microbiological filters in closed system aquaculture // Aquaculture. – 1974, v. 4, № 1. – S. 61–68.
38. Thompson T.G., Miller R.C. 1928. Apparatus for microdetermination of dissolved oxygen // Industr. Engineer. Chem., v. 20, N 7. – P. 56.
39. Woynarovich E. Methode und Apparatur zur titrimetrischen Messung des Sauerstoffverbrauches von Wasserorganismen bei verschiedenen Temperaturen // A magyar tudomanyos Akademia Fihany biological kutatointenerek evkonyve. – 1959, P. 26.

Рецензенты:

Лазько А.Е., д.м.н., профессор, зав. кафедрой патологической анатомии Астраханской государственной медицинской академии, г. Астрахань.

Пономарев С.В., д.б.н., профессор, зав. кафедрой «Аквакультура и водные биоресурсы»,
ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет» Федерального
агентства по рыболовству, г. Астрахань.
Работа получена