

УДК 639.31:626.88.004.14

к.фарм.н. Федорова В. С.  
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, fvs.valeri@gmail.com),  
к.б.н. Швыдченко С. С.  
(ЛГУ им. В. Даля, г. Алчевск, ЛНР, shvydchenko.1960@mail.ru),  
Олейник Т. С.  
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, tanya.oleynik.1996@mail.ru)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ ЯРУСНЫХ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПОДРАЦИВАНИЯ МАЛЬКОВ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

*Работа посвящена созданию экспериментальной малогабаритной ярусной установки замкнутого водоснабжения, которая применяется для изучения оптимальных условий подрачивания мальков осетровых и других видов рыб. Использование установок замкнутого водоснабжения требует соблюдения в них условия выращивания, которые должны быть приближены к обстановке в естественном ареале обитания гидробионтов, а также постоянного поддержания оптимальных параметров среды в течение всего технологического цикла. В статье показана технологическая схема и описание структурных элементов установок замкнутого водоснабжения.*

**Ключевые слова:** установка замкнутого водоснабжения, аквапоника, мальки осетровых рыб, способы очистки воды, загрязнение.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Вследствие непрекращающегося воздействия антропогенных факторов различного происхождения природа и климат Земли неизменно меняются. Одновременно с этим стремительно сокращаются мировые запасы пресной воды и плодородных земель, общее количество кислорода в атмосфере, а также нарушается жизнедеятельность флоры и фауны. По данным ООН, в домах у 2,1 млрд человек, что составляет 28 % населения Земли, нет доступа к чистой воде, а по данным Всемирной организации здравоохранения 3,4 млн человек, в основном дети, ежегодно умирают от болезней, связанных с водой [1]. Хозяйственная деятельность человека приводит к деградации почв, в результате чего ежегодно с поверхности Земли исчезает до 25 млн м<sup>2</sup> пахотного слоя почвы. В связи с этим можно заключить, что данная проблема современного человечества выходит на глобальный уровень.

**Постановка задачи.** Тенденцией перво-степенной важности в преодолении выше-

упомянутой проблемной ситуации является отход от традиционных методов производства сельскохозяйственной продукции. Кроме того, вопросы изготовления экологически чистых продуктов выходят на первый план в современном мире научно-технического прогресса. Вследствие чего очень востребованы инновационные технологии, которые позволяют повысить чистоту продуктов питания. В качестве альтернативы можно использовать развитие вертикальных ферм по производству овощей и зелени на гидропонике, выращивание рыбы, ракообразных в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) [2–3]. Указанные технологии позволяют перенести производство некоторых видов сельхозпродукции в городские условия. С проблемой загрязнения водных ресурсов неразрывно связана проблема сохранения и возобновления рыбных запасов, предусматривающая зарыбление водоемов Луганской Народной Республики ценными видами рыб.

**Цель работы** — создание экспериментальной малогабаритной ярусной УЗВ для

изучения оптимальных условий подрашивания мальков осетровых и других видов рыб, культивирования хозяйственно ценных объектов аквакультуры.

УЗВ — технологический комплекс для искусственного выращивания различных видов рыб (осетровых, лососевых, карповых, сомовых и т. д.) и ракообразных (раков, креветок). Представляет собой закольцованную систему из набора резервуаров для содержания гидробионтов, а также устройств, поддерживающих определенные параметры водной среды. Современные УЗВ позволяют культивировать как пресноводные, так и солоноватоводные или морские виды водных организмов.

Выращивание рыбы в УЗВ по сравнению с другими методами рыбоводства имеет следующие преимущества:

1) обеспечивает круглогодичное производство;

2) обеспечивает высокую продуктивность (от 0,3 до 1 т/м<sup>3</sup> рыбы в год) при затратах воды от 0,1 до 0,2 тыс. м<sup>3</sup> в год на 1 т рыбы;

3) минимизирует потери кормов;

4) поддается механизации и автоматизации всех процессов;

5) позволяет создавать как крупные рыбоводные комплексы, так и компактные установки, которые могут быть использованы в подсобных хозяйствах для получения товарной рыбной продукции;

6) производство можно размещать непосредственно в местах потребления, что снижает транспортные расходы на доставку.

Обязательными элементами УЗВ являются резервуары для выращивания гидробионтов, блок очистки воды, системы аэрации и рециркуляции. Комплект УЗВ может также включать модули водоподготовки, стерилизации, температурной стабилизации и оксигенации. УЗВ может оборудоваться автокормушками, панелью управления, датчиками и приборами для контроля физико-химических показателей воды.

В оборотной воде УЗВ в результате жизнедеятельности содержащихся там

гидробионтов аккумулируются продукты их метаболизма, которые могут оказывать токсическое влияние на водные организмы. Это, прежде всего, — аммоний (NH<sub>4</sub>), нитриты (NO<sub>2</sub>) и нитраты (NO<sub>3</sub>).

Поэтому важнейшим модулем в установках замкнутого водоснабжения являются блоки очистки, которые служат для удаления из оборотной воды взвесей и растворенных метаболитов рыб. Для удаления взвесей (экскрементов рыб, остатков корма, слизи) используют механические фильтры различной конструкции, например, барабанный фильтр. Для удаления метаболитов, прежде всего аммиака и солей аммония, применяют биологические фильтры. Широко известны следующие типы биофильтров: капельные, погружные, вертикальные и с вращающимися дисками.

Различные системы механических и биологических фильтров позволяют удалять из оборотной воды взвешенные частицы, аммоний и нитриты, но бесполезны против накопления нитратов. И хотя последние не обладают ярко выраженным токсическим влиянием, тем не менее в больших концентрациях нитраты отрицательно воздействуют на объекты аквакультуры. Для удаления нитратов из воды используют один из перечисленных ниже способов, а именно: разбавление оборотной воды добавлением свежей; комплектация УЗВ дополнительным блоком денитрификации; введение в аквакультуру блока с высшими водными растениями, которые поглощают нитраты. В последнее время эффективным способом очистки воды в УЗВ стало применение технологий и установок аквапоники.

Аквапоника — высокотехнологичный способ ведения сельского хозяйства, сочетающий аквакультуру (искусственное выращивание водных животных) и гидропонику (выращивание растений без грунта) [4–5]. В крытых помещениях установки аквапоники представляют собой УЗВ, которые интегрированы с системами гидропонных модулей.

Суть метода — использование отходов жизнедеятельности водных животных в качестве питательной среды для растений, которые наряду с бактериями участвуют в процессах самоочистки водной среды.

Использование аквапоники снижает затраты на очистку воды, дает дополнительную продукцию за счет объектов растениеводства.

На кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности Государственного образовательного учреждения высшего образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический институт» (ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ») организована лаборатория гидроэкологии и гидробиологии, которая оборудована

комплексом действующих мини-установок замкнутого водоснабжения и аквапоники для проведения исследований по выращиванию различных видов рыб, ракообразных, культивированию стартовых живых кормов, выращиванию на оборотной воде объектов гидропоники (рис. 1).

В составе установки две функционально независимые системы.

В состав УЗВ № 1 входят: приемный бассейн объемом 0,75 м<sup>3</sup>, оснащенный механическим фильтром грубой очистки оборотной воды, наружным подвесным угольным фильтром тонкой очистки свежей водопроводной воды, кассетным вертикальным сетчатым биофильтром и циркуляционным насосом (рис. 2).



Рисунок 1 Малогабаритная трехъярусная УЗВ



Рисунок 2 Вертикальный сетчатый биофильтр с подвесным угольным фильтром водоподготовки

Оборотная вода после биофильтра насосом перекачивается в четыре бассейна объемом  $0,2 \text{ м}^3$ , оборудованных под биоплато с высшими водными растениями для выращивания зелени и овощных культур. Бассейны занимают 3-й ярус и оснащены фитолампами для освещения растений. Назначение биоплато — дополнительная очистка оборотной воды от нитратов.

После биоплато оборотная вода с бассейнов 3-го яруса самотеком перетекает в четыре бассейна объемом  $0,5 \text{ м}^3$  каждый, расположенных во 2-ом ярусе. Указанные бассейны предназначены для подращивания мальков рыб, выращивания ракообразных, культивирования живых кормов. Вода из этих бассейнов переливом поступает в сточный трубопровод, из которого самотеком сливается в приемный бассейн с биофильтром, завершая таким образом оборотный цикл в УЗВ № 1.

УЗВ № 2 располагается в 1-ом ярусе установки и представляет собой бассейны объемом по  $0,5 \text{ м}^3$  в количестве пяти штук для содержания аквакультуры. Оборотная вода из этих бассейнов самотеком поступает в блок очистки воды, состоящий из двух бассейнов по  $0,5 \text{ м}^3$ . Над блоком очистки УЗВ № 2 расположен карантинный бассейн (рис. 3).

Вначале вода подвергается очистке в механическом фильтре, затем в биофильтре с плавающей пластиковой загрузкой, после чего перетекает в бассейн с вертикально расположенными в нем рамками с яванским мхом для доочистки воды от нитратов.

Из бассейна с яванским мхом вода циркуляционным насосом подается в бассейны с рыбой или другими объектами аквакультуры (рис. 4).

Все бассейны УЗВ № 1 и № 2 оборудованы системой принудительной аэрации. Лаборатория оборудована тремя оконными кондиционерами, которые позволяют понижать температуру воздуха в аудитории с  $28 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  и поддерживать ее на таком уровне даже при температуре воздуха на улице  $42 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для подогрева воздуха в зимнее время в аудитории установлены два

настенных обогревателя ультрафиолетового облучения (УФО).

В течение августа-сентября 2020 г. проводилось тестирование экспериментальной малогабаритной трехъярусной УЗВ. В качестве тест-организмов использовали мальков осетровых рыб (бестер).

Первоначально мальки в количестве 400 шт. были посажены в карантинный бассейн, где выдерживались в течение 2-х суток. Температура воды —  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Соленость —  $3\text{‰}$ . Аэрация — принудительная. Водоочистка отсутствовала. После периода адаптации мальки были пересортированы и рассажены в зависимости от массы в бассейны УЗВ № 1.

#### Результаты взвешиваний.

Бассейн № 1 — 100 шт. средней массой  $4,5 \pm 0,5 \text{ г}$ .

Бассейн № 2 — 100 шт. средней массой  $4,5 \pm 0,5 \text{ г}$ .

Бассейн № 3 — 100 шт. средней массой  $4,5 \pm 0,5 \text{ г}$ .

Бассейн № 4 — 84 шт. средней массой  $3,5 \pm 0,5 \text{ г}$ .

Итого — 384 шт. общей массой  $1,645 \text{ кг}$ .

С 23.08.20 по 16.09.20 (25 суток) мальки бестера содержались в одинаковых условиях: температура воды  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ , объем воды в бассейне  $0,5 \text{ м}^3$ , круглосуточный водообмен через механический и вертикальный сетчатый биофильтр, 4-х кратное в сутки кормление мороженым мотылем, к которому мальки были приучены ранее, из расчета 4 % от массы рыбы в бассейне. Мотыль перед кормлением рыбы измельчался вручную.



Рисунок 3 Блок очистки воды УЗВ № 2



Рисунок 4 Биофильтр с плавающей пластиковой биоагрузкой (слева) и биоплато с яванским мхом (справа) в блоке очистки воды УЗВ № 2

По окончании биотестирования мальки бестера снова сортировались по весу и были рассажены в бассейны УЗВ № 1 и УЗВ № 2.

Результаты взвешиваний.

Бассейн № 1 — 44 шт. средней массой  $7,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,300 кг.

Бассейн № 2 — 42 шт. средней массой  $6,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,250 кг.

Бассейн № 3 — 42 шт. средней массой  $5,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,210 кг.

Бассейн № 4 — 42 шт. средней массой  $4,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,160 кг.

Бассейн № 5 — 44 шт. средней массой  $7,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,300 кг.

Бассейн № 6 — 42 шт. средней массой  $7,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,290 кг.

Бассейн № 7 — 42 шт. средней массой  $6,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,250 кг.

Бассейн № 8 — 42 шт. средней массой  $5,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,205 кг.

Бассейн № 9 — 42 шт. средней массой  $4,0 \pm 0,5$  г. Общая масса — 0,160 кг.

Итого — 382 шт. общей массой 2,125 кг.

Прирост живой массы за 25 суток составил 0,480 кг (22,6 %).

Ниже представлены фотографии мальков бестера, содержащихся в УЗВ лаборатории гидроэкологии и гидробиологии ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» (рис. 5).

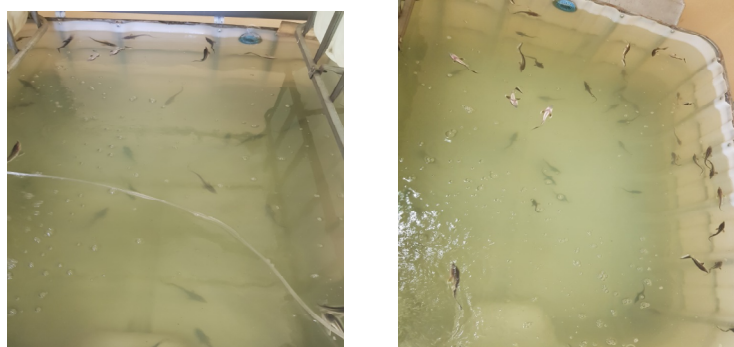


Рисунок 5 Мальки бестера в УЗВ лаборатории гидроэкологии и гидробиологии

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Введенная в эксплуатацию на базе лаборатории гидроэкологии и гидробиологии ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ» трехъярусная малогабаритная аквапонная установка с системой замкнутого водоснабжения в ходе тестирования показала высокую эффективность ее использования для подращивания мальков осетровых рыб.

Способ комплектации установки позволяет проводить научно-исследовательские работы одновременно с девятью различными партиями объектов аквакультуры,

пятью объектами гидропоники или водными растениями и двумя различными видами биофильтров.

Аквапонная установка может быть рекомендована научно-исследовательским институтам рыбного хозяйства для проведения исследовательских работ на объектах аквакультуры. Может использоваться учреждениями высшего образования соответствующего профиля для проведения практических занятий и выполнения обучающимися курсовых и выпускных квалификационных работ.

### Библиографический список

1. Топчий, Н. В. Бактериофаги в лечении острых кишечных инфекций [Текст] / Н. В. Топчий, А. С. Топорков // Медицинский совет. — 2015. — № 8. — С. 74–81.
2. К теории термодинамического подобия установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов [Текст] / А. А. Недоступ, А. О. Ражнев, Е. И. Хрусталева [и др.] // Известия КГТУ. — 2020. — № 57. — С. 40–50.
3. Недоступ, А. А. Обоснование масштабов подобия световых величин установок замкнутого водоснабжения для выращивания гидробионтов [Текст] / А. А. Недоступ, А. О. Ражнев, Е. И. Хрусталева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. — 2020. — № 3. — С. 61–69.
4. Аквапоника как перспективное направление сельского хозяйства [Текст] / А. А. Данилова, Н. А. Юрина, Д. А. Юрин, Е. А. Максим // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки : материалы IV международной научно-практической конференции. — 2019. — С. 36–37.
5. Основы индустриальной аквакультуры [Текст] : учебник / Е. И. Хрусталева, К. Б. Хайновский, О. Е. Гончаренко [и др.] — [2-е изд., перераб. и доп.]. — СПб. : Лань-Пресс, 2019. — 280 с.

© Федорова В. С.

© Швыдченко С. С.

© Олейник Т. С.

*Рекомендована к печати к.пед.н., методистом по учебным дисциплинам  
ГУ ЛНР «Алчевский информационно-методический центр» Капрановой Г. В.,  
к.т.н., доц. каф. ЭиБЖ ДонГТИ Подлипенской Л. Е.*

Статья поступила в редакцию 28.04.2021.

**PhD in Pharmacy Fedorova V.S., Oleynik T. S. (DonSTI, Alchevsk, LPR, fvs.valeri@gmail.com),**

**PhD in Biology Shvydchenko S. S. (V. Dahl LSU, Alchevsk, LPR, shvydchenko.1960@mail.ru)**

### USING OF SMALL-SIZED LONG-TIERED CLOSED WATER SUPPLY COMPLEXES FOR STUDYING OPTIMAL CONDITIONS FOR STURGEON FRY GROWING

*The work is devoted to construction of an experimental small-sized long-tiered closed water supply complex, which is used to study the optimal conditions for sturgeon fry growing as well as other fish species. Closed water supply complex requires compliance with the conditions, which should be close to the environment in the natural habitat of aquatic organisms, as well as constant maintenance of optimal environmental parameters throughout the entire technological cycle. The article shows a technological scheme and a description of the structural elements of closed water supply installation.*

**Key words:** closed water supply installation, aquaponics, sturgeon fry, water purification methods, pollution.