

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«ПОЛЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**В.В. ЯРМОШ**  
**Л.С. ЦВИРКО**  
**Е.В. ТАРАЗЕВИЧ**  
**А.В. АСТРЕНКОВ**  
**А.В. КОЗЫРЬ**

**КЛАРИЕВЫЙ СОМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ  
ОБЪЕКТ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЫБОВОДСТВА**

**МОНОГРАФИЯ**

- ✓ *БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ*
- ✓ *МИРОВОЙ ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ*
- ✓ *КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УЗВ*
- ✓ *ВЫРАЩИВАНИЕ КЛАРИЕВОГО СОМА В УЗВ*
- ✓ *КОРМА И КОРМЛЕНИЕ СОМА*
- ✓ *ИХТИОПАТОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ*
- ✓ *ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО  
ИНДУСТРИАЛЬНОМУ ВЫРАЩИВАНИЮ КЛАРИЕВОГО  
СОМА*

Пинск, 2020

УДК 639.3  
ББК 47.2  
Я 75

**Авторы:**

Ярмош В.В., Цвирко Л.С.,  
Таразевич Е.В., Астренков А.В., Козырь А.В.

**Рецензенты:**

**Козлова Т.В.**, профессор кафедры микробиологии  
и эпизоотологии Гродненского государственного аграрного  
университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;  
**Бычкова Е.И.**, заведующий лабораторией паразитологии  
Научно-практического центра Национальной академии наук  
Беларуси по биоресурсам,  
доктор биологических наук, профессор.

Я 75 Ярмош, В. В. Клариевый сом – перспективный объект индустриального рыбоводства : монография / В. В. Ярмош [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2020. – 203.

Утверждена Советом  
Полесского государственного университета (№ 8 от 05.05.2020г.)

ISBN 978-985-516-648-2

Данная монография подготовлена в рамках выполнения научной темы кафедры промышленного рыбоводства и переработки рыбной продукции Полесского государственного университета «Инновационные технологии выращивания, кормления и переработки гидробионтов».

Книга предназначена для научных работников, преподавателей, студентов вузов, начинающих исследователей и практических работников народного хозяйства.

УДК 639.3  
ББК 47.2

ISBN 978-985-516-648-2

©УО «Полесский государственный университет», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИРОВОЙ ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ КЛАРИЕВОГО СОМА.....</b>	<b>5</b>
1.1 Морфологические и морфометрические особенности клариевого сома .....	8
1.2 Мировые лидеры по объемам выращивания клариевого сома .....	13
1.3 Прудовый метод выращивания .....	16
1.4 Выращивание клариевого сома в садках и бассейнах .....	18
1.5 Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водообеспечения.....	20
<b>2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ .....</b>	<b>23</b>
2.1 Общая характеристика установок замкнутого водообеспечения.....	23
2.2 Рыбоводные емкости .....	27
2.3 Механическая очистка воды.....	35
2.4 Биологическая очистка .....	42
2.5 Бактериологическая очистка.....	57
2.6 Оборудование, применяемое в установках замкнутого водообеспечения.....	61
2.7 Автоматизация установок замкнутого водообеспечения.....	68
<b>3. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ И КОРМЛЕНИЯ КЛАРИЕВОГО СОМА В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ.....</b>	<b>71</b>

3.1 Влияние гидрохимического, температурного и газового режимов на рост и развитие клариевого сома .....	72
3.2 Плотность посадки и сортировка клариевого сома .....	76
3.3 Общая характеристика и классификация кормов...	82
3.4 Потребность клариевого сома в питательных веществах и основных компонентах корма .....	86
3.5 Кормление клариевого сома в условиях индустриального выращивания.....	98
3.6 Транспортировка клариевого сома .....	111
4. ИХТИПАТОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ .....	115
4.1 Инфекционные болезни.....	116
4.2 Инвазионные болезни .....	120
4.3 Незаразные болезни.....	131
4.4 Санитарно-гигиенические требования при эксплуатации УЗВ-систем.....	138
5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ИНДУСТРИАЛЬНОМУ ВЫРАЩИВАНИЮ КЛАРИЕВОГО СОМА .....	150
5.1 Составление первичной проектной документации	150
5.2 Первичные рыбоводно-биологические расчеты.....	159
5.3 Расчет экономической эффективности .....	169
5.4 Нормативно-правовая база.....	174
ЛИТЕРАТУРА.....	188

## 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИРОВОЙ ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ КЛАРИЕВОГО СОМА

Сомообразные (*Siluriformes*) – отряд лучеперых рыб, очень близких по строению с карпообразными, к которым они и относились ранее в качестве подотряда. В настоящее время включает в себя 40 семейств, 497 родов и представлен более 3800 видами.

У сомообразных нет настоящих чешуй, тело их или голое, или покрыто костными пластинками. Вокруг рта обычно имеется несколько пар усов. У многих есть жировой плавник, похожий на плавник лососевых и харациновых.

Некоторые признаки свидетельствуют о большой древности этого отряда. Например, кожные кости на голове иногда располагаются поверхностно, у ряда видов имеется на черепе так называемое пинеальное отверстие для эпифизарудиментарного светочувствительного органа, который можно назвать третьим глазом. Иногда встречаются и кожные зубы, очень похожие на зубы акул. В грудных, а иногда и в других плавниках у сомов могут развиваться колючки.

Сомообразные очень разнообразны. Среди них есть гиганты, такие как европейский сом, достигающие 300 кг веса, и двухсантиметровые карлики *Miuroglanis platycephalus* и *Scoloplax dolicholophia* из Южной Америки. Это хищные и мирные рыбы, паразиты и обладатели электрических органов. Некоторые могут ползать по суше и дышать атмосферным воздухом, иные переселились в подземные воды и попадают в артезианских колодцах. Только морские воды им чужды: в море переселилось лишь два семейства. Не любят сомообразные также низких температур, поэтому в северных водоемах встречаются редко.

Распространены сомообразные в водоемах Европы (3 вида), Азии (842 вида), Африки (557), Северной (50), Центральной (64) и Южной (2169) Америки, Океании (44), в Атлантическом (20), Индийском (41) и Тихом (60) океанах. В водах Австралии и Мадагаскара встречаются вторично переселившиеся представители угрехвостых сомов. По-видимому, эта группа сформировалась позже изоляции указанных массивов суши, вероятно, в конце мелового периода или начале третичного периода – 60–70 млн лет до нашей эры. Отделившись от общего ствола харациновых, гимнотовых и карповых, они сохранили веберов аппарат – ряд косточек, соединяющих лабиринт внутреннего уха с плавательным пузырем.

Несмотря на поразительное разнообразие сомообразных в их образе жизни можно найти общие черты. Подавляющее большинство

видов этой группы – неважные пловцы, не совершающие далеких миграций. Почти все сомы – хищники, поедающие мелкую рыбу и водных, преимущественно донных животных. Растительных форм среди них очень мало. Зрение у сомов не играет в добывании пищи существенной роли, гораздо больше развито осязание, важными органами которого являются усики. Среди сомов много ночных форм и хищников-засадчиков.

На территории республики Беларусь, в реках и водоемах обитают 3 вида сомообразных, такие как сом европейский (*Silurus glanis*), канальный сом (*Ictalurus punctatus*) и американский сомик кошка (*Ameiurus nebulosus*). С 2012 года в искусственных условиях выращивается новый интродуцированный вид – клариевый сом (*Clarias gariepinus*).

Семейство Клариевые сомы (*Clariidae*) имеет вытянутую, почти как у угря, форму тела. На узкой голове четыре пары усов. Клариевые сомы имеют различную расцветку, среди цветов возможны сочетания розового, черного, белого и серого.

Семейство включают 15 родов: *Bathyclarias*, *Channallabes*, *Clariallabes*, *Clarias*, *Dinotopterus*, *Dolichallabes*, *Encheloclarias*, *Gymnallabes*, *Heterobranchus*, *Horaglanis*, *Platyallabes*, *Platyclarias*, *Tanganikallabes*, *Uegitglanis*, *Xenoclarias*.

За счет своих рыбоводно-хозяйственных качеств наиболее ценными в современном рыбоводстве являются представители рода Кларии.

Название рода Кларии (*Clarias*) происходит от греческого *chlaros*, что означает живой, с отсылкой на способность рыбы жить в течение длительного времени извлеченной из воды.

Этот род отличается длинным спинным плавником, который тянется от затылка до хвостового плавника, длинным анальным плавником, 8 усиками (2 около ноздрей, 2 на верхней и 4 на нижней челюсти), угревидным телом и древовидными придаточными жаберными органами на 2-й и 4-й жаберных дугах, а также отсутствием чешуи и мелких костей. Клариевые сомы распространены широко: они встречаются во всей Африке, включая водоемы Сахары, в бассейне реки Иордан, в Южной Азии, на Мадагаскаре, Малайском архипелаге и Филиппинских островах. Многие виды населяют временные, пересыхающие в сухой сезон, озера и речки. Столь широкое распространение объясняется хорошим приспособлением к неблагоприятным для других рыб условиям.

Уже упоминалось, что многие сомы могут долго существовать без воды. Этому способствует их голая, обильно покрытая слизью кожа, облегчающая газообмен с воздухом. У семейств броняков и затылкоперых сомов отмечено кишечное дыхание, когда рыба заглатывает

вает воздух и газообмен осуществляется стенками кишечника. Приспособление клариевых сомов более совершенно: у них развивается специальный орган для дыхания атмосферным кислородом. От жаберной полости отходит древовидно разветвленный наджаберный орган кларий, стенки которого пронизаны множеством кровеносных сосудов и имеют очень большую поверхность. Иными словами, это настоящее «легкое», заменяющее жабры, когда рыба находится вне воды.

Род кларии включают 61 вид. Наиболее известен нильский кларий, или шармут (*Clarias anguillaris*). Это довольно крупный (до 60 см) сом с синевато-черной спиной и белым брюхом. Молодь шармута пятнистая; так же окрашены многочисленные виды рода из водоемов Африки. Он часто встречается в болотах дельты Нила и в оросительных каналах. Когда воды Нила спадают и каналы высыхают, обитающие в них шармуты вынуждены отступать в русло реки. Нередко отступление они совершают посуху, при помощи змеевидных изгибов тела. Мясо шармута съедобно и высоко ценится жителями Египта.

Специальные исследования показали, что наджаберный орган шармута наиболее эффективно усваивает кислород из воздуха при влажности 81%.

Полное выключение дыхания жабрами приводит у шармута к смерти через 14–47 часов. Если же сому преградить доступ к поверхности воды, он погибает уже через 9–25 часов, а без воды и воздуха гибнет за несколько минут. По-видимому, оба органа – и жабры, и «легкое» – необходимы для его жизнедеятельности, но наджаберный орган важнее. Лучше всего шармут чувствует себя, когда концентрация растворенного в воде кислорода превышает 4,3 мг/л и доступ к поверхности возможен. Если условия в водоеме не отвечают этим требованиям, он уползает в другой.

Сенегальский кларий (*Clarias senegalensis*) также может переползать из водоема в водоем змеевидно изгибаясь. Скорость при таком способе передвижения невелика – 4–5 м в минуту. Потревоженный чем-либо сом ползет несколько быстрее.

О близком к шармуту виде минья (*Clarias lazera*) известно, что в период засухи он закапывается во влажный ил, где может просуществовать несколько месяцев до наступления дождей. В опыте этот вид существовал без пищи до семи месяцев.

В огромном озере Виктория, где кислородный режим благоприятен, обитает другой представитель этого рода – ксенокларий (*Xenoclaris holobranchus*). Наджаберный орган ему не нужен и потому редуцировался. Редуцируется наджаберный орган также у динотоптера (*Dinotopterus*), населяющего озеро Танганьика, и батиклария (*Bathyclarias*), обитающего в озере Ньяса. У клариевых с редуциро-

ванным «легким» усиливается кожное дыхание и сильнее развиты жабры.

## 1.1 Морфологические и морфометрические особенности клариевого сома

Вид клариевый сом (мраморный клариевый сом, африканский сом) (*Clarias gariepinus*) имеет гладкое, удлинненное, цилиндрическое, угревидной формы тело с длинными анальным и спинным плавниками, достигающими до хвостового (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1. – Внешний вид клариевого сома (*Clarias gariepinus*)

Чешуя на теле полностью отсутствует, а цвет туловища зависит от качества и цвета воды в месте обитания, но обычно напоминает мраморный окрас зеленоватых и коричневых оттенков с более темной спиной и светлым брюшком.

Тело клариевого сома обильно покрыто железами, выделяющими большое количество слизи. Слизь выполняет ряд защитных функций, основной из которых является препятствие пересыханию кожи во время миграции по суше. Велика антибактерицидная роль слизи – она содержит группу ферментов, препятствующих развитию патогенной микрофлоры и ускоряющих заживление ран, полученных во время миграций, при охоте или в борьбе за самку.

Клариевые сомы имеют очень высокую степень регенерации поврежденных частей тела: кожи, усов и плавников. Проведенные исследования показали, что ампутированные усы взрослого клариевого сома отрастают полностью за 2–3 месяца; плавники, поврежденные во время актов каннибализма, восстанавливаются в течение месяца. Полученные травмы у сомов заживают полностью, не оставляя рубцов.



Сначала место повреждения обильно покрыто слизью и имеет красноватый оттенок, а через несколько месяцев после получения травмы следов на коже не остается вообще. Некоторые африканские народы используют слизь сомов в качестве медицинского препарата антибактериального и заживляющего действия.

Плоская голова сома несет четыре пары неразветвленных усов: одна – назальная, одна – максиллярная (самая длинная и наиболее подвижная) на сошнике, и две мандибулярные – внутренняя и наружная, выполняют функцию органов осязания. На передней части головы имеются парные ноздри.

Кроме осязательных органов у клариевого сома неплохо развито зрение. Глаза расположены с двух сторон головы и способны вращаться, что позволяет сому наблюдать за обстановкой во время засады практически без движений, а это значительно повышает эффективность охоты.

Ротовое отверстие расположено на переднем конце головы и это сильно затрудняет питание сома пищей, расположенной на дне. Многочисленные мелкие и острые зубы расположены на челюстях и сошнике.

Плавники состоят только из мягких лучей; это обеспечивает им активную двигательную функцию. Из непарных плавников имеются спинной и анальный. Спинной начинается на расстоянии 4–5 см от черепной крышки и продолжается до хвостового плавника, практически срастаясь с ним, имеет от 64 до 67 лучей. Анальный плавник длинный, располагается позади анального отверстия и заканчивается у хвостового плавника и так же, как и спинной плавник, насчитывает от 50 до 55 лучей. Жировой плавник у клариевого сома отсутствует.

К парным относятся грудные и брюшные плавники. Грудные плавники расположены за жаберной крышкой, имеют 8–9 лучей. На переднем луче присутствуют зазубрины, выполняющие защитную функцию. На данном луче находятся железы, выделяющие токсин, который при попадании в тело жертвы или обидчика вызывает зуд и покраснение в течение нескольких минут. Ранка, полученная в результате укола, заживает долго. Брюшные плавники расположены в 2–3 см от анального отверстия и насчитывают 8–9 лучей.

В присутствии чужака того же вида эти рыбы генерируют электросигналы длительностью от 5 до 260 м.с.с. Чужак в ответ либо пускается наутек, либо принимает вызов и тоже испускает разряды. До укусов доходит редко – по большей части бойцы расходятся. Когда они теряют друг друга из вида (на расстоянии 30–40 см), генерация электрических сигналов прекращается.

Клариевый сом меньше своего европейского собрата (достигает лишь 170 сантиметров в длину и вес до 60 килограмм). Средний срок жизни составляет около 8 лет.

**Дыхание** клариевых сомов происходит с помощью атмосферного воздуха, поступающего в располагающийся в наджаберной полости дополнительный орган дыхания – кларий. Парный орган кларий представлен разветвленными образованиями, расположенными на второй и четвертой бронхиальных дугах. Кларий покрыт сильно васкуляризированной тканью, с помощью которой рыба абсорбирует кислород из воздуха. Наджаберная полость соединяется с глоткой и жаберными полостями. Клариевые сомы поднимаются к поверхности воды для «дыхания». Установлено, что наджаберный орган клариевых сомов усваивает кислород из воздуха и наиболее эффективно функционирует при влажности 81%. Воздушное дыхание позволяет этим рыбам в течение многих часов жить вне воды или в мутной воде, а также мигрировать по поверхности земли.

Известны случаи, когда клариевые сомы переползали из одного водоема в другой, находящимся на расстоянии до 1,5 км. Миграции сомов в основном происходят в ночное время суток, когда температура окружающей среды имеет минимальное значение, поскольку высокая температура пагубно влияет на слизистый покров. При исчезновении слизистого покрова кожа клариаса получает кислородный ожог, который приводит к разрыву тканей. Повреждения долго заживают, в результате чего может произойти заражение болезнетворными микроорганизмами.

Клариевый сом предпочитает температуру 25–30 °С и перестает питаться при ее снижении до 17–18 °С. Гибнет рыба при длительном пребывании в воде с температурой 14–15 °С, но выдерживает кратковременное снижение до 5 °С.

Сом обладает высокой толерантностью к повышенному содержанию в воде соединений азота. По данным польских ученых, летальная концентрация аммиака для него составляет 6,5 мг/л.

**Внутреннее строение.** Практически все внутренние органы клариевого сома, за исключением кишечника и половых гонад, расположены в передней части туловища и защищены черепной крышкой. Данная особенность позволяет рыбе легко переносить удары, а также другие угрозы со стороны внешней среды и обеспечивает высокую степень выживаемости.

Пищеварительная система начинается ротовой полостью, из которой пища попадает в короткий пищевод, затем в желудок, имеющий удлиненную форму.

Одной из характерных особенностей клариевого сома является наличие огромного количества пилорических придатков в кишечнике,

способствующих скорейшему и более полному усвоению питательных веществ. За счет данной морфологической особенности клариевый сом имеет более высокий темп массонакопления по отношению к другим видам рыб. После желудка пища попадает в короткий кишечник, который заканчивается анальным отверстием.

Кровеносная система представлена двухкамерным сердцем и одним кругом кровообращения. В отличие от других видов рыб, кожа клариевого сома обильно пронизана кровеносными капиллярами.

Опорно-двигательный аппарат представлен двумя основными группами костей. Первая – кости черепной коробки и челюстей, имеющие очень высокую прочность и выполняющие защитную функцию. Вторая группа костей – это кости позвоночника и плавников. В связи с отсутствием спинных и межреберных костей позвоночник клариевого сома очень толстый и прочный.

Плавательный пузырь маленький, состоит из двух долей и заключен в капсулу, образованную поперечными выростами прапофизов четвертого и пятого позвонков.

Выделительная система представлена парными туловищными почками и мочевым пузырем, открывающимся в прямую кишку.

**Питание в природе.** В природе *Clarias gariepinus* питается в основном водяными насекомыми, рыбами, моллюсками и высшей водной растительностью. Употребляет в пищу также наземных насекомых и фрукты. Можно считать их всеядными рыбами с большой тенденцией к хищничеству. Долгое методичное подстерегание добычи – нормальная тактика их охоты.

**Нерест.** Достигает возраста икрометания (половой зрелости) через 1–1,5 года (в искусственных условиях 6–7 месяцев), его вес в это время составляет 900–1000 г, а длина – около 30–50 см.

Размножение клариевых сомов в естественных условиях северного полушария происходит в период дождей. В тропических зонах нерест продолжается с апреля до декабря с пиком в июле-августе. В субтропиках южного полушария он начинается с повышением температуры воды и увеличением продолжительности светового дня, что соответствует периоду с июля по сентябрь. Нерест непродолжителен. Кларииасы обычно размножаются один раз в сезон в водоемах, наполнившихся дождевой или грунтовой водой, маленьких речках, иногда непосредственно во время дождя. Перед нерестом сомы собираются в косяки, после чего начинаются бои между весьма агрессивными самцами. Ухаживание за самкой и спаривание происходят между изолированной парой производителей на мелководьях. При спаривании самец U-образно изгибается вокруг головы самки, сохраняя эту позицию всего несколько секунд. Выделяющаяся сперма и икра разбрасываются самкой энергичными движениями хвоста на значительное расстоя-

ние. Завершив нерест, пары обычно короткое время отдыхают, затем разбиваются самцами, не участвовавшими в нересте, и после этого весь косяк мигрирует в глубоководные участки акватории.

О факторах среды, индуцирующих нерест клариасов, известно немного. Предполагают, что это могут быть как видимые, так и невидимые стимулы (температура, фотопериод, выпадение осадков, присутствие противоположного пола или его феромона, наличие нерестового субстрата и т.п.). Так как нерест происходит обычно ночью, то, несомненно, важны механические, химические и звуковые стимулы.

Заметного полового диморфизма у клариевых сомов нет, за исключением того, что уrogenитальная папилла у самцов небольшая, а у самок вытянутая. Кроме того, у зрелых самок более округлое и мягкое брюшко.

**Пищевая ценность.** Мясо у сома имеет белый цвет, обладает нежным и сочным вкусом, является хорошим источником питательных веществ, витаминов и минералов. Клариевый сом содержит практически полный набор жизненно важных микроэлементов, таких как кальций, калий, натрий, фосфор, селен, марганец, железо, йод и хром. В мясе клариевого сома представлен целый комплекс витаминов: А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, В<sub>12</sub>, С, Е, РР. Мясо содержит такие аминокислоты, как триптофан, треонин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, цистин. Таким образом, дневная норма животного белка удовлетворяется потреблением всего 200 г мяса клариевого сома.

По питательности и калорийности сом приравнивается к рыбам осетровых пород. Калорийность мяса сома составляет порядка 115 кКал на 100 граммов продукта. Хотя калорийность сома довольно высока по сравнению с рыбами других пород, его мясо рекомендуют использовать при составлении диетического рациона.

Сом содержит не более 2% соединительной ткани (в говядине более 8%), именно поэтому мясо африканского сома легко усваивается организмом, в том числе детей и малоподвижных людей. В нежном мясе сома практически нет мелких костей, что позволяет использовать его в детском питании.

Достоинство этой рыбы также в том, что сом – продукт практически безотходный. Мясо сома не имеет ярко-выраженного рыбного запаха. В приготовлении пищи можно использовать все части рыбы. Голову и хвост используют для приготовления супов и ухи, мясо же готовят самыми разными способами: жарят, тушат, запекают, маринуют и готовят на гриле.

## 1.2 Мировые лидеры по объемам выращивания клариевого сома

За последние двадцать лет мировая аквакультура значительно ускорила свое развитие. В 2016 году объем производства рыбы достиг 170,9 млн т, из которых 80 млн т составила аквакультура. Ежегодный мировой прирост продукции аквакультуры составляет около 24%.

Наибольшее развитие аквакультура в последнее десятилетие получила в странах Азии. Так, доля этих стран в мировом производстве продукции аквакультуры составляет 92,56%, причем на долю Китая приходится более 47,9% мирового производства. В Северной Америке рост аквакультуры в последние годы прекратился, однако в Южной Америке этот сектор динамично и стабильно развивается, особенно в Бразилии и Перу.

Крупнейшим в Европе производителем продукции пресноводной аквакультуры является Норвегия. Ее доля в общем объеме европейского производства составляет более 45%.

Основными представителями аквакультуры, имеющими наибольшее значение, являются: пестрый и белый толстолобик, белый амур, карп, карась, лососи и осетровые.

Видовая структура производства рыбы представлена на рисунке 1.2.

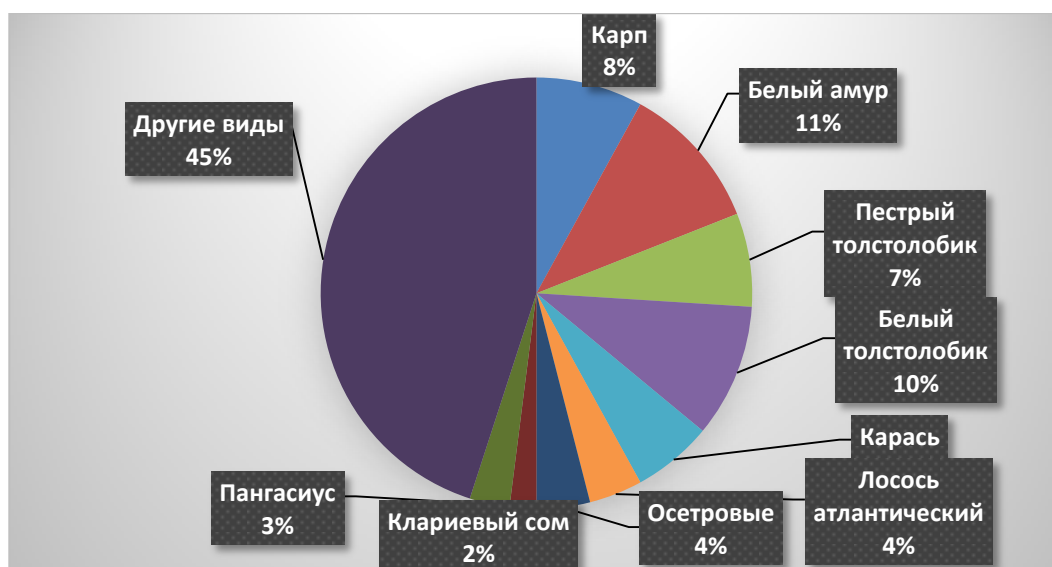


Рисунок 1.2. – Видовая структура производства рыбы в мировой аквакультуре

Наиболее распространенными типами рыбоводных хозяйств в Европе являются экстенсивное и полуинтенсивное разведение в прудах карпа и других карповых рыб, а также лососеобразных. Широко

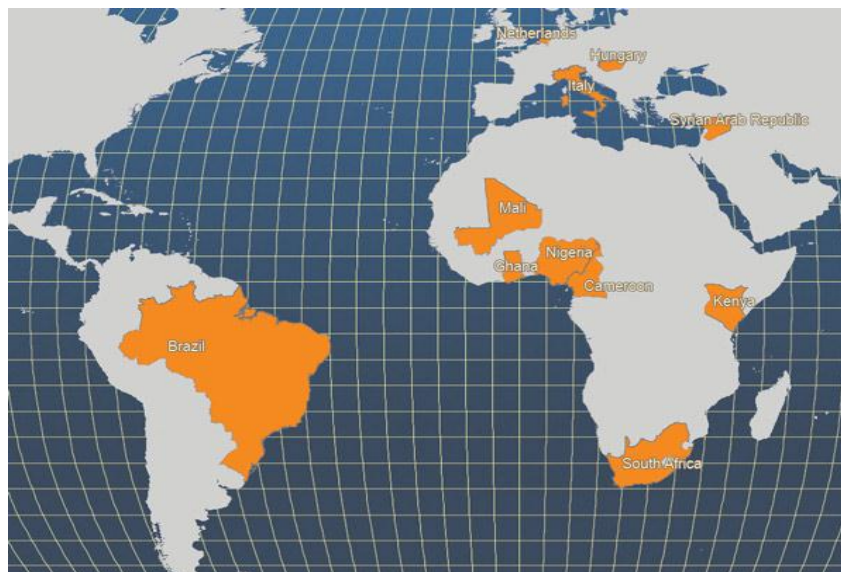
используются в рыбоводстве в настоящее время на территории Европы установки замкнутого водообеспечения, условия которых позволяют круглогодично выращивать гидробионтов при высоких плотностях посадки. Активнее всего развивается тепловодная индустриальная аквакультура, так как объекты ее выращивания, из-за своих метаболических особенностей, имеют наибольшие темпы роста и массонакопления, что позволяет получать большое количество товарной продукции. Наиболее распространенные виды, такие как тилапия и клариевый сом, отличаются толерантностью к гидрохимическому режиму, имеют широкий спектр питания, плодовиты и имеют высокую жизнестойкость. Все эти преимущества позволили данным видам занять лидирующие места в мире по объемам выращивания.

Климатические условия центральной части Европы не позволяют культивировать данные виды в садках, прудах или реках, так как понижение температуры до 10–15 °С смертельно для них. В связи с этим, актуальным является перспективное внедрение индустриального рыбоводства с применением передовых интенсивных технологий, позволяющих осуществлять выращивание ценных видов рыб вне зависимости от климатических условий при одновременном достижении максимальных показателей роста и продуктивности на фоне сбережения ресурсов и обеспечения экологической чистоты производственного процесса.

*Клариевый сом* на протяжении века известен в традиционной мировой аквакультуре. Развитие его современной культуры во многом повторяет тенденции развития культуры тилапии. Первые эксперименты с одомашниванием начались в 1950-х годах, а в 1970-х годах вид приняли в качестве наиболее желаемого для аквакультуры.

Клариевый сом встречается почти по всей Африке. Его естественный ареал обитания не включает лишь Магрибу, Верхнюю и Нижнюю Гвинею и провинцию Кейп. Он встречается в Иордании, Ливане, Израиле и Турции. *Clarias gariepinus* ввезен в большинство стран Африки, Европы, Азии и Южной Америки. Подобно ряду других видов рыбоводы Китая адаптировали сома к выращиванию на рисовых плантациях. В настоящее время Китай является одним из основных поставщиков *Clarias gariepinus*.

Исследования технологий выращивания проводятся в Европе (Бельгия и Нидерланды), а также Африке (ЮАР, Нигерия). Часто *Clarias gariepinus* используется для контроля роста популяции тилапии в земляных прудах. Развитие сбалансированных экстрадированных кормов привело к диверсификации условий выращивания сома. Африканские страны начали использовать бетонные и стекловолоконные бассейны и системы с рециркуляцией воды. Основные страны-производители клариевого сома представлены на рисунке 1.3.



**Рисунок 1.3. – Основные страны-производители клариевого сома**

Помимо указанных стран, выращиванием сома *Clarias gariepinus* занимаются в Китае, Таиланде, Египте и Уганде.

Большая часть товарного клариевого сома приходится на страны Африки и Азии, из стран Европы на лидирующих позициях находятся Италия, Венгрия, Нидерланды. В остальных странах разведение клариевого сома только начинает развиваться. В странах СНГ насчитывается не более двух десятков предприятий данного типа, с суммарной мощностью до 2000 тонн товарной рыбы в год.

До 2000 года производство товарного клариевого сома находилось на низком уровне, но с ростом численности населения в мире, потребность в рыбе значительно возросла. По данным 1995 года, живая масса производства клариевого сома в мире составляла около 5 тыс. тонн. Но к 2010 году цифра возросла до 353 тыс. тонн, а в 2016 году достигла рекордного значения в 979 тыс. тонн живой рыбы. В процентном соотношении за последние 6 лет производство клариевого сома увеличилось на 277% (карпа – на 75%, а тилляпии – на 63%), что свидетельствует о его высокой рентабельности и заинтересованности в его выращивании рыбоводными хозяйствами мира. К 2020 году прогнозируется увеличение производства клариевого сома до 1,3 млн тонн в год.

В большинстве стран-производителей распространено выращивание гибридов гетероклариасов (*Heteroclarias*). Эти гибриды получены путем оплодотворения ооцитов от самок *Heterobranchus longifilis* спермой клариевого сома *Clarias gariepinus*. Мальки гибриды имеют более высокие показатели роста по сравнению с родителями. Однако они неспособны размножаться даже при использовании методов искусственного разведения. Кроме того, эти гибриды отличаются агрес-

сивным поведением, а особи в популяции существенно отличаются по размерам. Поэтому в условиях нагульного пруда гетероклариасы имеют низкую выживаемость; каннибализм очень распространен среди клариасов.

В современной аквакультуре используют ряд технологических приемов для выращивания клариевого сома, к которым можно отнести такие, как прудовый, садковый, бассейновый метод и выращивание в установках замкнутого водообеспечения.

Зачастую выбор метода выращивания обуславливается климатическими условиями и экономическим состоянием региона.

### 1.3 Прудовый метод выращивания

В странах Африки и Восточной Азии для выращивания клариевого сома используют земляные, реже бетонные пруды площадью до 1 га и глубиной 1–1,5 м. В данных прудах клариевый сом выращивается в поликультуре в качестве регулятора численности популяции тилапии. Такой вид рыбоводства наиболее характерен для средних и малых хозяйств фермерского типа.

По причине высокой стоимости качественного рыбопосадочного материала, полученного на специализированных фермах, для зарыбления прудов используют зачастую дикий рыбопосадочный материал. Одним из негативных факторов использования дикого рыбопосадочного материала является то, что молодь часто включает несколько видов сомов, а некоторые из них, такие как *Clarias jaensis*, характеризуются сравнительно низкими темпами роста.

Рыбопродуктивность при прудовом методе выращивания клариевого сома в поликультуре с тилапией составляет 5–15 ц/га.

Кормление сома в прудах зависит от возраста и его физиологического состояния. При выращивании сома в прудах сеголетки питаются различными видами водных беспозвоночных. Для хорошей естественной кормовой базы в прудах должны иметься участки, обильно заросшие мягкой водной растительностью. Это необходимо для развития личинок хирономид, которые составляют основной рацион мальков сома.

При содержании в водоемах на разных этапах выращивания питание сома может сильно отличаться. Личинки возрастом несколько суток потребляют различный крупный зоопланктон, к двум неделям они переходят на мелких хирономид. Хорошо подходят для питания личинки науплии артемии, а также стартовый комбикорм в виде пасты.



На мальковом этапе, начиная с массы 1 г и вплоть до достижения личинками 20 г, кормление клариевого сома осуществляется комбикормом с добавками перетертой селезенки, премиксов (соотношение сухого и пастообразного корма должно быть 1:1). Сеголетков, как и взрослых сомов, кормят гранулированным комбикормом заводского производства. Также можно использовать боенские отходы и субпродукты, при этом массовая доля жира в корме не должна превышать 15%. Дневная норма корма для сома составляет 3% от общей массы. Эта норма делится на 3 кормления (утро, обед, вечер). Раздачу кормов нужно проводить ежедневно, перебои в кормлении могут привести к каннибализму и, соответственно, к убыткам.

Взрослую рыбу необходимо кормить комбикормами три раза в сутки, а суточная норма должна составлять 5% от живого веса рыб. В качестве прикорма можно использовать фарш из свежей или мороженой рыбы.

Исследованиями доказано, что, обеспечивая оптимальные условия обменных процессов в организме рыб, можно добиться увеличения темпа их роста при снижении в 2–3 раза расхода кормов. Такие результаты можно получить благодаря полноценному кормлению, которое предполагает применение рационов, содержащих все необходимые для животного организма вещества.

В зимнее время африканские сомы впадают в спячку и не кормятся, тем не менее, подрастающих сеголетков необходимо обязательно подкармливать: чем теплее температура воды, тем больше корма необходимо сыпать рыбам.

В странах с умеренным климатом применение прудового метода возможно исключительно в теплое время года, поскольку клариевый сом весьма теплолюбив. Мальков запускают, когда температура воды прогреется до 15 °С (наиболее оптимальной является температура 25 °С). Чтобы разводить сомов с целью продажи, необходимо сооружать теплый и крытый бассейн, иначе при понижении температуры вся рыба погибнет.

Пруд для выращивания клариевого сома имеет прямоугольную форму и небольшие размеры до 0,1 га. Глубина пруда не превышает 0,7 м с углубление в центре до 1 м. Зачастую ложе пруда выстилается полиэтиленовой пленкой для предотвращения впитывания воды почвой. По кругу пруда устанавливают защитную сетку высотой 40–60 см, предотвращающую нежелательные «миграции» клариевого сома в случае нарушения гидрохимического режима выращивания.

Организуется обязательный подмен воды до 3% в сутки с целью снижения концентрации содержания нитратов и устанавливается фильтр механической очистки. Плотность посадки при прудовом выращивании составляет до 30 особей на 1 м<sup>3</sup> воды. Кормить клариевого

сома необходимо не менее трех раз в день пастообразными или гранулированными кормами. В качестве подкормки можно использовать различных насекомых и мелких беспозвоночных животных.

К началу осени, когда вода охлаждается, сом достигает массы 300–400 г, рыбопродуктивность составляет 7–10 кг/м<sup>3</sup> воды, или 15–25 ц/га.

Некоторые фермеры выращивают клариевого сома в огромных бочках или пластиковых емкостях, размещая их в теплицах, сараях и гаражах, но, по понятным причинам, экономический эффект от такой модели разведения рыб невысокий.

Данная технология получила наибольшее распространение в странах с теплым климатом. В большинстве стран Африки выращивают клариевого сома прудовым методом.

#### 1.4 Выращивание клариевого сома в садках и бассейнах

Весьма распространенными методами выращивания клариевого сома в странах Азии и Африки, помимо прудового метода, являются методы выращивания рыбы в садках и бетонных бассейнах. Обусловлено это, в первую очередь, климатическими условиями, так как садки и бассейны располагаются под открытым небом.

Вторым немаловажным фактором является экономическое развитие региона, к примеру, большая доля клариевого сома в Нигерии получена в бетонных бассейнах и каналах, расположенных вблизи городов. Именно в условиях города фермеры располагают значительным количеством ресурсов (инфраструктура, электроэнергия, посадочный материал, корма, специалисты, рынок сбыта).

В бетонные бассейны фермеры Нигерии зарыбляют 400 мальков массой 5–15 граммов на м<sup>3</sup> и откармливают их в течение 6 месяцев кормами на основе боенских отходов мясной промышленности и растениеводства (шроты, жмыхи и др.) (рисунок 1.4). Вода обновляется дважды в неделю. Продуктивность составляет 200 – 400 кг/м<sup>3</sup>.



Рисунок 1.4. – Выращивание клариевого сома в бетонных бассейнах

В настоящее время выращивание клариевого сома в садках – наименее развитое направление в индустриальной аквакультуре. В первую очередь это связано с отсутствием в зонах с подходящим климатом необходимых водных запасов. Кроме того, учитывая высокую толерантность вида к гидрохимическим условиям, это экономически нецелесообразно, так как стоимость садка равна и зачастую превышает стоимость строительства прудов или бетонных бассейнов. Данный метод применяется в ряде азиатских стран при использовании высококачественных сбалансированных комбикормов.

На территории Российской Федерации попытки выращивания клариевого сома в садках регистрировались начиная с 2013 года. Экспериментальное выращивание клариевого сома проводилось на производственной базе ООО «Научно-производственный центр «Акватория» (Краснодарский край) в русловом водоеме общей площадью 123,2 га, расположенном в бассейне р. Понура. Средняя глубины водоема в месте установки садков составляла 3,5 м.

Специалистами ООО «Научно-производственный центр «Акватория» и ООО «Азово-Черноморский научный центр рыбохозяйственных исследований» была спроектирована, изготовлена и смонтирована в водоеме садковая понтонная линия, состоящая из 10 садков размерами 5х4х1,2 м, из которых 8 штук использовались непосредственно для выращивания рыбы, а 2 – для сортировки. Объем каждого садка составлял 24 м<sup>3</sup>.

Зарыбление садков производилось молодью клариевого сома средней массой 10 г. Плотность посадки составляла 2400 экз./садок, или 100 экз./м<sup>3</sup>.

Кормление клариевого сома осуществлялось 3 раза в сутки рыбным фаршем. Состав рыбного фарша: 75% рыбы (карась) и 25% зерновых компонентов местного происхождения (зерноотходов пшеницы, риса, ячменя). Кормовой коэффициент в среднем по всем садкам составил 4,2 ед. Период выращивания клариевого сома составлял 97 дней. Средняя температура воды в июне – 21 °С, в июле – 25 °С, в августе – 25 °С, в сентябре – 17 °С.

За период выращивания максимальная масса рыб достигла 1580 г, минимальная составила 390 г.

Полученные российскими учеными данные позволяют предполагать, что выращивание клариевого сома в условиях садковых линий в регионах с теплым климатом в летне-осенний период возможно и экономически рентабельно.

### 1.5 Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водообеспечения

Установки замкнутого водообеспечения (далее УЗВ) в традиционную аквакультуру вошли сравнительно недавно, а опыты по выращиванию в них клариевого сома начали проводиться только в конце 80-х годов прошлого века.

Существует несколько основных путей использования установок с замкнутым циклом водообеспечения в общей системе аквакультуры.

1. Круглогодичное производство товарной продукции форели, тилапии, осетровых, угря и других ценных объектов аквакультуры. При этом возможно полностью автономное производство икры, посадочного материала всех кондиций и маточного поголовья рыб.

2. Получение качественного посадочного материала (от производителей, эксплуатируемых в условиях УЗВ, или из привозимой икры и личинок) для последующего зарыбления открытых водоемов и выращивания в них рыбы по традиционным технологиям.

3. Выращивание новых видов, которые не могут существовать в естественных условиях данного региона, а также создание коллекционных маточных стад редких и исчезающих видов рыб.

В настоящее время около половины выращенного товарного сома приходится на УЗВ. Обширно развито это направление в Азиатских странах (Китай, Индия, Пакистан), странах Африки (ЮАР, Нигерия, Камерун), а также странах Европы и Америки.

В европейских странах клариевый сом выращивается только в условиях УЗВ. Обусловлено это климатическими и экономическими факторами.

При использовании УЗВ возможно контролировать все условия окружающей среды, при этом создавая их оптимальными для клариевого сома, а при использовании высокобелковых кормов передовые предприятия получают рыбопродуктивность 400–600 кг/м<sup>3</sup> рыбы в год. Известны данные о рыбопродуктивности 700–800 кг/м<sup>3</sup> рыбы в год. Столь высокие результаты удалось достичь благодаря использованию механизации и автоматизации УЗВ, использованию высококачественных кормов и селекционно-племенной работе. Существенным недостатком УЗВ является их высокая стоимость производства и установки, но данный недостаток компенсируется рядом других преимуществ.

**Преимущества** установок замкнутого водообеспечения:

1) полный контроль за всеми параметрами выращивания (температура, гидрохимический режим, нормы кормления и поедаемость, освещенность);

- 2) низкая вероятность возникновения заболеваний;
- 3) низкий расход воды (на 1 килограмм выращиваемой рыбы требуется 0,15 м<sup>3</sup> воды);
- 4) отсутствие лимитирующих факторов природных условий (пора года, природные враги);
- 5) малые объемы производственных площадей;
- 6) невысокие трудозатраты (установку мощностью 100 т/год рыбы обслуживает 6 человек).

Мировой опыт выращивания клариевого сома в УЗВ дает основания полагать, что все установки работают по одному принципу и имеют общую конструкцию (см. главу 2.1).

Кормление клариевого сома в УЗВ происходит экстрадированными комбикормами с содержанием протеина не менее 35% и кормовым коэффициентом 1–1,6. В Европе основными производителями кормов для клариевого сома являются Польша, Дания и Германия.

Около 10 лет назад в России клариевых сомов начали выращивать в ограниченном количестве в теплый период года на сбросных тепловодных каналах водоемов-охладителей ГРЭС и атомных АЭС.

В настоящее время в России действуют около 10 крупных предприятий по товарному выращиванию клариевого сома с общей мощностью более 1,5 тыс. тонн в год. Помимо этого имеется большое количество предприятий фермерского типа, но об их численности и объемах производства товарной продукции точных данных нет. Основная масса предприятий России располагается в Европейской части, а именно в Краснодарской, Московской и Ленинградской областях.

В Украине крупных предприятий по товарному выращиванию клариевого сома с мощностью больше 100 т/год нет, но имеется большое количество предприятий фермерского типа, о количестве и объемах производства которых судить сложно.

В Республике Беларусь данное направление аквакультуры находится в начале развития. В настоящее время в стране функционирует одно предприятие фермерского типа КФХ «Мудрый пескарь» в Барановичском р-не Брестской обл. с объемом производства товарной рыбы не более 10 т/г.

Второе фермерское предприятие ООО «ПРОСОМа» организовано в Гродненском р-не Гродненской обл. с мощностью УЗВ 20 т/год. Рыбопосадочный материал закупался в Египте. В настоящее время предприятие находится на реконструкции.

Оба предприятия являются маломощными и не имеют в своем распоряжении цехов по переработке, поэтому рыбу реализуют только в живом виде.

В период 2012–2015 гг. на территории республики функционировало ИООО «Рыбоводное хозяйство "Ясельда"» с мощностью ры-

боводного цеха 700 т/год. Данное предприятие спроектировано израильской компанией по современным технологиям. Кормление в период его деятельности осуществлялось польскими кормами фирмы «Al-ler Aqua». Рыбопосадочный материал импортировался из Израиля. В настоящее время ИООО «Рыбоводное хозяйство "Ясельда"» не функционирует.

## **2. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВОК ЗАМКНУТОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ**

В последние годы наряду с прудовым рыбоводством все большее развитие получает индустриальное. Необходимость его расширения обусловлена ограниченными возможностями прудовых хозяйств обеспечить население живой рыбой в достаточном количестве и в широком ассортименте.

Индустриальное рыбоводство базируется на следующих принципах: выращивание рыбы при высоких плотностях посадки путем создания оптимальных условий содержания; кормление выращиваемых рыб сбалансированными комбикормами; обеспечение высокого уровня механизации и автоматизации производственных процессов (зарыбление, кормление, сортировка, облов и т.д.); использование круглогодичного цикла выращивания рыбы.

Индустриальное рыбоводство получило широкое распространение с появлением огромного объема сбросных теплых вод ТЭС, АЭС, металлургических заводов и природных термальных источников.

Интенсивно внедряются рыбоводные установки, предусматривающие минимальный расход воды на 1 кг выращенной рыбы, механическую и биологическую водоочистку. Интерес к этому направлению вызван растущим дефицитом чистой воды, а также возможностью интенсивного выращивания большинства культивируемых рыб в различных зонах страны вне зависимости от погодных условий.

Одной из наиболее перспективных форм индустриального рыбоводства является культивирование гидробионтов в установках с замкнутым циклом водообеспечения.

### **2.1 Общая характеристика установок замкнутого водообеспечения**

Установка замкнутого водообеспечения – это комплексное гидротехническое сооружение, предназначенное для ведения интенсивного рыбоводства. УЗВ – это качественно новое технологическое средство для круглогодичного и экологически чистого производства рыбы в управляемых условиях среды с целью получения максимальной продуктивности и качественной продукции.

К важнейшим преимуществам установок замкнутого водообеспечения относятся:

- создание оптимальных условий для быстрого роста, созревания производителей и формирования маточных стад культивируемых видов;
- полный контроль и управление производством;
- независимость производственного процесса от условий внешней среды;
- экономия воды, земли, энергии;
- возможность полной механизации и автоматизации производства;
- экологическая чистота получаемой продукции и производственного процесса.

Кроме того, учитывая относительную универсальность технологического оборудования замкнутых систем, имеющиеся рыбоводные установки с минимальной модернизацией могут быть с успехом использованы при переходе хозяйств на выращивание новых объектов, а также при совместном культивировании нескольких видов.

Выращивание рыбы в УЗВ происходит при многократном использовании одного и того же объема воды, подвергаемого очистке и вновь возвращаемого в рыбоводные емкости. За счет использования данной технологии в значительной мере происходит снижение затрат на воду. Так, на выращивание в современных УЗВ одного килограмма товарного клариевого сома достаточно 50–100 л воды, 0,01 м<sup>2</sup> земли и 5–10 кВт/ч электроэнергии. При этом темпы роста рыбы в 2 раза превышают ее рост в искусственных бассейнах, в 3 раза в садках и в 5 раз в прудах.

В большинстве случаев установки для выращивания рыбы располагают в крытых утепленных помещениях. В первую очередь это связано с высокой теплоотдачей воды и значительными финансовыми затратами на ее подготовку.

В 1 м<sup>3</sup> воды в УЗВ можно вырастить за один год до 100 кг осетра, 150 кг форели, 300 кг карпа, 600 кг клариевого сома, что в десятки и даже сотни раз превышает рыбопродуктивность традиционных способов выращивания.

Технологическая система во всех УЗВ функционирует следующим образом. Предварительно очищенная и подготовленная вода с помощью насосов или систем эрлифта подается в бассейны с рыбой, в которых она кормится высококачественными комбикормами. Загрязненная остатками комбикормов и экскрементами рыб вода из бассейнов направляется в механический фильтр, где очищается от твердых частиц и взвесей. После механической очистки вода подается в биофильтр. Здесь осуществляется ее биологическая очистка, преобразование вредных для организмов рыб соединений аммиака и нитритов в нитраты и свободный азот. Очищенная вода обеззараживается с по-



мощью УФ-стерилизаторов или озонаторов и снова подается в бассейны с рыбой.

Небольшая часть воды, не более 5–10% от ее общего, объема ежедневно вместе с накопившимися загрязнениями (в основном нитраты) сбрасывается. Ее можно использовать в качестве удобрения в растениеводстве. Концентрация отходов на небольшой площади создает условия для успешной их переработки и организации вторичных производств (тепличные хозяйства, выпуск органических удобрений, вермикультура и др.).

Наряду с общими технологическими процессами в конструкциях УЗВ имеется ряд различных процессов, учитывающих, прежде всего, особенности выращивания того или иного гидробионта, условия окружающей среды и решаемые задачи.

Основные узлы и блоки УЗВ (бассейны, системы водоподготовки, насыщения кислородом, обеззараживания) могут поставляться специализированными предприятиями или изготавливаться самостоятельно под руководством соответствующих специалистов. Главным составляющим УЗВ является комплект бассейнов и система фильтрации, корпуса которых могут изготавливаться из пластика, металла, бетона и др. УЗВ может обслуживаться как с применением ручного труда, так и автоматически. От вида строительного материала, размера, производительности и уровня автоматизации УЗВ зависит ее стоимость.

Несмотря на свою относительную новизну в качестве отдельного вида интенсивного промышленного рыбоводства установки с замкнутым водообеспечением, как инструмент индустриального рыбоводства, успели зарекомендовать себя с положительной стороны и стали широко применяться на практике во многих странах. Не отстает в этом плане от современного мира и Беларусь. Здесь технологии УЗВ начали применяться с 1988 г.

В настоящее время они действуют на более чем 10 предприятиях страны. В них успешно выращиваются осетровые породы, а в некоторых получают и черную икру. В 2009 г. в Богусhevске (Сенненский р-н) под открытым небом построена УЗВ, в которой выращивается радужная форель.

До недавнего времени в большинстве УЗВ старались выращивать преимущественно ценные породы рыб. Их высокая стоимость на рынке способствовала быстрой окупаемости затрат, которые для УЗВ 10–15-летней давности были довольно значительными. Между тем наработки ученых и опыт производства рыбы в УЗВ последних лет позволили найти пути и способы сокращения затрат на их создание в такой степени, что себестоимость выращенной в УЗВ рыбы уравнилась со стоимостью ее производства в прудах и садках. Возможность

размещения УЗВ на небольших площадях и обслуживание ее персоналом 1–3 человека (отдельной семьей) делают ее доступной для физических лиц, малого и среднего бизнеса.

В состав УЗВ входят следующие составные части:

- 1) рыбоводные емкости;
- 2) модуль механической очистки;
- 3) модуль биологической очистки;
- 4) система обеззараживания (бактериологическая очистка);
- 5) системы водоподготовки и водоподачи;
- 6) система автоматического кормления и управления установкой.

Ключевой особенностью УЗВ является многократно используемая рециркулирующая вода и, исходя из этого, основной задачей выступает ее очистка от загрязнений. Основными загрязнителями воды в установках замкнутого водоснабжения являются продукты метаболизма культивируемых организмов, экскременты и остатки несъеденного корма. Для решения данной проблемы используется механическая, биологическая и бактериологическая очистка воды.

Помимо очистки воды непосредственно в УЗВ проводится очистка воды поступающей от водоисточника, а степень ее очистки зависит непосредственно от самого источника и качества его воды. Основными источниками воды при организации индустриального хозяйства могут выступать: *артезианские скважины, поверхностные источники (реки, озера), сбросные теплые воды электростанций.*

Источник водоснабжения должен бесперебойно обеспечивать рыбоводное предприятие необходимым объемом воды в разные по водности годы, включая и маловодные.

Вода, поступающая в хозяйство, должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- отсутствие взвешенных частиц;
- отсутствие посторонних запахов привкусов и окраски;
- отсутствие в воде свободного хлора, сероводорода, метана и других веществ, губительно действующих на икру, молодь, взрослых рыб;
- вода должна быть проверена на возможное присутствие в ней ядовитых веществ, которые могут поступать в источник водоснабжения с сельскохозяйственных полей и промышленных предприятия;
- вода не должна быть источником заболеваний для разводимых объектов.

В таблице 2.1 указаны нормы качества воды при выращивании рыбы в УЗВ.

Таблица 2.1. – Нормы качества воды при выращивании рыбы в УЗВ

Показатели	ОСТ для поступающей воды	Технологические нормы	Кратковременные допустимые значения
1	2	3	4
Взвешенные вещества, мг/л	до 10	до 30	–
Нитраты, мг/л	2–3	до 60	100
Нитриты, мг/л	до 0,02	до 0,1–0,2	до 1
Аммонийный азот, мг/л	до 1,0	2–4	до 10
Аммиак свободный, мг/л	до 0,05	до 0,05	до 0,1
Водородный показатель рН	6,8–7,2	6,8–7,2	6,5–8,5
Окисляемость бихроматная, мг О/л	до 30	20–60	70–100
Окисляемость перманганатная, мг О/л	до 10	10–15	до 40
Кислород на выходе из рыбоводных бассейнов, мг О/л	–	5–12	2–3
Кислород на выходе из биофильтра, мг О/л	–	4–8	не менее 2

Выращивание любого вида рыбы в условиях установки замкнутого водоснабжения требует учитывать факторы, способствующие возникновению заболеваний и их быстрому распространению: высокие плотности посадки, замкнутость водоснабжения. Если их не учитывать при разработке санитарных правил, то можно получить частые вспышки заболеваний.

## 2.2 Рыбоводные емкости

Рыбоводная емкость представляет собой соответствующий рыбоводно-технологическим нормам герметичный резервуар для содержания рыбы. Рыбоводная емкость должна обеспечивать возможность быстрого удаления отходов жизнедеятельности культивируемых организмов, свободный обзор и доступ обслуживающему персоналу, а также исключать травмы рыб из-за шероховатостей поверхности или углов конструкции.

Емкости для установок замкнутого водообращения классифицируются по следующим признакам:

- размер;
- форма;
- материал, применяющийся при изготовлении.

По размеру рыбоводные емкости могут быть абсолютно различных размеров и объемов (от 0,1 до 20 м<sup>3</sup>, а иногда и до 100 м<sup>3</sup>). Размер и форма обуславливаются видом выращиваемой рыбы и решениями технологических задач, преследуемых предприятием.

Для выращивания клариевого сома в малых объемах на приусадебных участках и дачах хорошо зарекомендовали себя емкости объемом от 1 до 3 м<sup>3</sup>. На крупном производстве наиболее целесообразно использовать емкости 5–10 м<sup>3</sup>. Связано это, в первую очередь, с плотностями посадки и необходимостью ежемесячной сортировки рыбы. С емкостями такого размера два работника за смену могут отсортировать рыбу и произвести санитарно-технические мероприятия по подготовке бассейна к новому зарыблению.

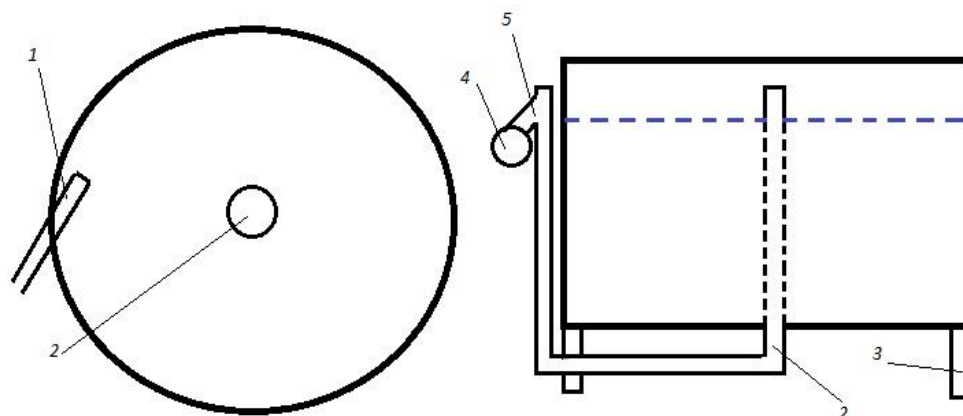
По форме рыбоводные емкости бывают:

- 1) круглые;
- 2) прямоугольные или квадратные;
- 3) многоугольной формы.

**Круглые рыбоводные емкости** – одни из наиболее распространенных видов емкостей, используемых в рыбоводстве. Основным их преимуществом является высокая степень самоочистки. Конструктивная особенность данного вида емкостей позволяет наиболее быстро и качественно убирать твердые частицы загрязнителей. Достигается это за счет расположения водоподающего и сливного трубопроводов.

Подающая труба устанавливается под острым углом по отношению к стенке емкости и за счет тока воды создается круговое ее движение, в результате чего твердые частицы смещаются к центру рыбоводной емкости, где расположено сливное отверстие.

Сливное отверстие располагается строго по центру емкости и имеет диаметр от 50 до 160 мм в зависимости от объема. Для предотвращения попадания в сливное отверстие рыбы меньшего размера или погибших особей устанавливается перфорированная защитная труба высотой, превышающей на несколько сантиметров уровень воды. Конструкция круглых рыбоводных емкостей представлена на рисунке 2.1.



1 – водоподающая труба, 2 – сливная труба, 3 – опорные стойки,  
4 – сливная магистральная труба, 5 – переливной стык труб,  
поддерживающий уровень воды

**Рисунок 2.1. – Конструкция круглых рыбоводных емкостей**

Вода через водоподающую трубу (1) подается в емкость с рыбой, где, закручиваясь, попадает в перфорированную сливную трубу (2), расположенную в центре. Вода по трубе, расположенной под емкостью, подымается до переливного стыка труб (5) и попадает в магистральный трубопровод (4), идущий на систему очистки.

Из недостатков круглых емкостей можно выделить такие, как высокое расходование полезных площадей здания за счет зазора между ними и отсутствие зон для отдыха рыб, поскольку рыба находится в постоянном движении вместе с током воды.

Технические характеристики круглых рыбоводных емкостей представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Технические характеристики круглых рыбоводных емкостей

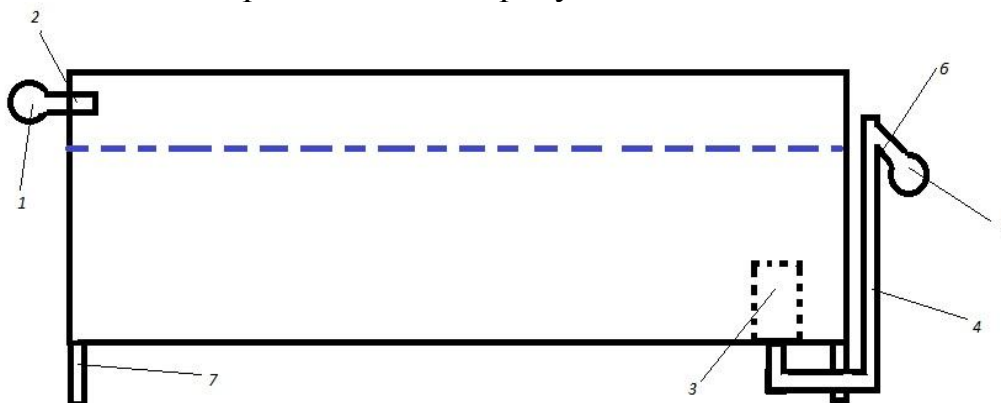
Объем воды, м <sup>3</sup>	Диаметр основания, м	Высота, м	Уровень воды, м	Диаметр сливной трубы, мм
0,52	0,94	0,90	0,80	150
1,75	1,29	1,40	1,20	300
2,60	1,52	1,60	1,45	400
3,20	1,80	1,44	1,20	470
6,8	2,70	1,44	1,20	470
9,0	2,70	1,72	1,50	470
10,0	3,39	1,50	1,20	470

**Квадратные и прямоугольные рыбоводные емкости.** Квадратные и прямоугольные емкости в отличие от всех остальных видов наиболее соответствуют природным особенностям обитания рыб, поскольку ток воды идет от одного края к другому по всей плоскости,

что соответствует течению рек. Вторым плюсом является возможность их расположения с минимальными затратами полезной площади.

К недостаткам квадратных и прямоугольных емкостей можно отнести наличие застойных зон по углам, где могут скапливаться остатки кормов и экскременты, что, в свою очередь, значительно ухудшает гидрохимический режим выращивания. Для решения данной проблемы существуют емкости с закругленными углами. Вторым недостатком можно считать высокую требовательность к проточности. При недостаточной скорости потока в прямоугольных емкостях продукты жизнедеятельности и остатки корма скапливаются на дне, что приводит к тем же последствиям.

Конструкция и схема работы квадратных и прямоугольных рыбоводных емкостей представлены на рисунке 2.2.



1 – водоподающая магистральная труба, 2 – водоподающая труба,  
3 – рыбозащитный фонарь, 4 – сливная труба, 5 – сливная магистральная труба, 6 – переливной стык труб, поддерживающий уровень воды, 7 – опорные стойки

**Рисунок 2.2. – Конструкция квадратных и прямоугольных рыбоводных емкостей**

Технические характеристики квадратных и прямоугольных рыбоводных емкостей представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3. – Технические характеристики квадратных и прямоугольных рыбоводных емкостей

Объем воды, м <sup>3</sup>	Длина стороны, м	Высота, м	Уровень воды, м	Диаметр сливной трубы, мм
0,63	2,60–2,80x0,62–0,82	0,50–0,60	0,40–0,50	50–75
1,10	3,00–3,20x0,95–1,15	0,50–0,60	0,40–0,50	50–100
2,20	3,00–3,20x0,95–1,15	0,90–1,10	0,80–1,00	50–100
3,50	4,50–4,72x1,20–1,40	0,75–1,00	0,65–0,90	50–100
8,70	6,60–6,80x1,25–1,45	1,15–1,40	1,10–1,20	50–160
9,80	7,40–7,60x1,25–1,45	1,15–1,40	1,10–1,20	50–160

**Многоугольные рыбоводные емкости.** В последнее время используют авторские нестандартные конфигурации рыбоводных емкостей – многоугольные бассейны (чаще шестиугольные или восьмиугольные). Многоугольные бассейны впитали в себя самое лучшее от круглых емкостей (высокая степень самоочистки) и прямоугольных (экономия полезных площадей и наличие небольших зон с меньшим током воды, где рыба может отдохнуть). Системы подачи и слива воды в многоугольных бассейнах сходны с круглыми.

С техническими характеристиками многоугольных бассейнов можно ознакомиться в таблице 2.4.

Таблица 2.4. – Технические характеристики многоугольных (восьмиугольник) рыбоводных емкостей

Объем воды, м <sup>3</sup>	Диаметр, м	Высота, м	Уровень воды, м	Диаметр сливной трубы, мм
0,52	0,98	0,90	0,80	150
1,75	1,33	1,40	1,20	300
2,60	1,57	1,60	1,45	400
3,20	1,83	1,44	1,20	470
6,8	2,75	1,44	1,20	470
9,0	2,75	1,72	1,50	470
10,0	3,43	1,50	1,20	470

В результате наших экспериментов выявлено, что для выращивания клариевого сома наиболее эффективным является использование прямоугольных емкости с закругленными углами, либо многоугольные. Связано это, в первую очередь, с образом жизни клариевого сома, поскольку он до 80% жизни проводит лежа на дне, сбившись в кучу. Конструктивные особенности круглых бассейнов не позволяют этого сделать, и в результате сомы должны постоянно двигаться, тем самым расходуя энергию, что негативно сказывается на темпе роста.

К рыбоводным емкостям имеется ряд общих требований:

а) внутренняя поверхность емкости не должна выделять в воду токсичные для культивируемых объектов вещества; б) емкость должна иметь достаточно гладкую поверхность, чтобы не поранить рыбу; в) обладать высокой степенью самоочистки в процессе эксплуатации; г) не должна способствовать развитию болезнетворных бактерий; д) обладать доступностью для чистки и стерилизации.

Современные бассейны изготавливаются из *пищевого алюминия, нержавеющей стали, стеклопластиков, полиэтилена и винила, акрила, армированного стекловолокном полиэстера* (рисунок 2.3).

**Бетон** – широко распространенный материал для изготовления рыбоводных емкостей, обладающий долговечностью и высокой прочностью, прочность бетонного камня в воде возрастает.

По отношению к другим видам резервуаров, бетонные емкости наиболее просты и доступны в изготовлении. Обладают низкой растворяемостью в воде и способны при соблюдении ряда условий производства служить до 40 лет.

С целью достижения максимальной эффективности ведения рыбного хозяйства при изготовлении бетонных емкостей следует соблюдать ряд правил:

- использовать цементы, предназначенные для гидротехнических сооружений;
- использовать технологии приготовления и укладки бетона, гарантирующие гладкую поверхность бассейна и водонепроницаемость его стенок;
- если водонепроницаемость бетона не гарантирована, то внутренние поверхности бассейна должны быть покрыты водонепроницаемыми материалами (эпоксидные краски, напыление полимеров) или укрыты водонепроницаемыми покрытиями.



*А – бетон; Б – стеклопластик; В – полипропилен; Г – прорезиненная ткань*

**Рисунок 2.3. – Рыбоводные емкости, изготовленные из различных материалов**



Существенным недостатком бетонных бассейнов является стационарность.

*Металлические рыбоводные емкости* широко применяются в практике рыбоводства, но основным требованием выступает качество используемого металла.

Практически всем требованиям к качеству материала для рыбоводной емкости отвечают нержавеющие стали, особенно сталь марки 12Х18Н10Т. Серийно из нержавеющей стали ранее в СССР выпускались емкости для подращивания личинок в послеинкубационный период. Например, рыбоводная емкость Н15-ИЛ2У-1, изготавливаемая в двух вариантах – круглом и квадратном, площадью 3,14 – 3,9 м<sup>2</sup>.

По специальным проектам строятся металлические емкости из нержавеющей стали различных форм, габаритов и объемов. Стоимость нержавеющей стали на порядок выше стоимости черных металлов, поэтому их применение ограничено. Обычно из нержавеющей стали выполняется внутренний корпус емкости, а ребра жесткости и несущие конструкции выполняют из черной стали.

Корпус емкости может быть выполнен и из черной стали с последующим покрытием специальными красками. Перед покраской поверхность металла обрабатывают либо пескоструйным аппаратом, либо ортофосфорной кислотой, затем наносят грунтовые краски и эмали. Пригодны эпоксидные краски и краски, применяемые в пищевой промышленности.

Помимо стали в качестве материала для изготовления рыбоводных емкостей можно использовать алюминий и чугун, но себестоимость таких емкостей очень высокая и не всегда рентабельна. Размеры бассейнов из металла теоретически не ограничены.

*Емкости из стеклопластика* широко распространены практически во всем мире. Столь широкую популярность данный вид емкостей приобрел за счет своих высоких антикоррозионных свойств и высокой надежности. Срок службы может достигать 50 лет, а твердость конструкции позволяет по минимуму использовать каркасы жесткости, вываленные из недолговечной стали.

Небольшие бассейны из стеклопластика объемом до 4 м<sup>3</sup> изготавливаются на матрицах путем нанесения слоев стеклоткани и эпоксидных смол. Внутренняя поверхность бассейнов окрашивается эпоксидными красками разных цветов. Несущие конструкции бассейна либо клеиваются в их корпуса, либо изготавливаются отдельно. Более крупные бассейны из стеклопластика (4–10 м<sup>3</sup>) выполняются из достаточно крупных деталей, которые соединяются с помощью болтов через мягкие резиновые прокладки. Если детали, из которых собирается бассейн, не имеют достаточной жесткости, то надежность

такого бассейна невысока, а предельный объем бассейна ограничивается  $10 \text{ м}^3$ .

Повышение надежности и увеличение объема достигается за счет применения деталей, обладающих повышенной жесткостью. Технология изготовления таких деталей разработана в Японии. Детали двухслойные, коробчатого сечения. Внутренняя и наружная стенки склеиваются по периметру, пустота заполняется вспененным наполнителем, который заливается в жидком виде перед склеиванием стенок. По данным 2014 года, максимальный объем бассейна, изготовленный из деталей такого рода, равен  $5000 \text{ м}^3$ .

Единственным минусом стеклопластиковых емкостей можно считать их высокую стоимость производства по отношению к другим видам емкостей, что, в свою очередь, увеличивает капитальные затраты на строительство УЗВ.

**Полипропилен** – это термопластичный полимер пропилена (пропена). В отличие от полиэтилена, полипропилен менее плотный (плотность  $0,91 \text{ г/см}^3$ , что является наименьшим значением вообще для всех пластмасс), более твердый (стойк к истиранию), более термостойкий (начинает размягчаться при  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура плавления  $175 \text{ }^\circ\text{C}$ ), почти не подвергается коррозионному растрескиванию. Обладает высокой чувствительностью к свету и кислороду (чувствительность понижается при введении стабилизаторов), а также высокой химической стойкостью.

Полипропилен – водостойкий материал. Даже после длительного контакта с водой в течение 6 месяцев при комнатной температуре водопоглощение полипропилена составляет менее  $0,5\%$ , а при  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  – менее  $2\%$ . Все изделия из полипропилена выдерживают кипячение и могут подвергаться стерилизации паром без какого-либо изменения их формы или механических свойств. Показатели основных физико-механических свойств полипропилена приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5. – Физико-механические свойства полипропилена

Показатель	Значение
Плотность, $\text{г/см}^3$	0,90–0,91
Разрушающее напряжение при растяжении, $\text{кгс/см}^2$	250–400
Предел текучести при растяжении, $\text{кгс/см}^2$	250–350
Ударная вязкость с надрезом, $\text{кгс}\cdot\text{см/см}^2$	33–80
Твердость по Бринеллю, $\text{кгс/мм}^2$	6,0–6,5
Температура плавления, $^\circ\text{C}$	160–170
Удельная теплоемкость (от $20$ до $60^\circ\text{C}$ ), $\text{кал}/(\text{г}\cdot^\circ\text{C})$	0,46
Температура хрупкости, $^\circ\text{C}$	От $-5$ до $-15$

Кроме того, полипропиленовые емкости обладают достаточно низкой стоимостью производства (стоимость емкостей составляет 50–60%), что в значительной мере снижает себестоимость УЗВ.

На основании вышеприведенного можно предполагать, что за полипропиленовыми емкостями будущее, учитывая, что полипропилен универсален и из него можно изготовить любые по размерам и формам бассейны, долговечен и, самое главное, прост в уходе и эксплуатации.

### 2.3 Механическая очистка воды

Кроме постоянно выделяемых продуктов метаболизма (аммиак, растворенные органические соединения) при кормлении рыб в воду попадают остатки несъеденного корма и экскременты. Они частично растворяются в воде, частично образуют взвешенные вещества, но основная их часть оседает на дно, и если вовремя не будут удалены, то, постепенно разлагаясь и загрязняя воду, они потребляют из воды кислород и изменяют рН.

Механическая очистка технологической воды рыбоводных установок преследует цель отделения от жидкости твердых тел (остатки корма, фекалии, чешуя и другие твердые загрязнения) и вторичного загрязнения (избыточный активный ил). Наибольшая концентрация первичных загрязнений находится в воде на выходе из рыбоводных бассейнов, а вторичных – после биофильтра. Для удаления первичных загрязнений устанавливается механический фильтр грубой очистки, вторичных – механический фильтр тонкой очистки.

По физико-механическим свойствам твердые загрязнения представлены грубо- и мелкодисперсными примесями, коллоидными и слизеподобными веществами.

Состав рыбоводных нерастворенных осадков изменяется при изменении вида корма и режима работы рыбоводной установки. Высушенный рыбоводный осадок из замкнутой рыбоводной установки представляет собой порошок коричневого или светло-коричневого цвета с легким запахом, характерным для исходного корма. Примерный биохимический состав высушенной до 10% влажности смеси первичного и вторичного осадков следующий: зольность – 29%, сырой протеин – 25%, сырой жир – 1%, клетчатка – 11%, витамины В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> – 40 мг/л. Сохранение биохимического состава при температуре + 20 °С наблюдается в течение 6–7 часов. Высушенный в течение указанного времени осадок представляет собой ценный биологический продукт, пригодный для использования как составляющая корма для рыб. На некоторых предприятиях осадок накапливается и сбрасывается, после чего он используется как биологическое удобрение.

Рыбоводный осадок, оседающий в регламентированных местах установки (накопители осадка) и в нерегламентированных местах (трубы, лотки, дно и стенки бассейнов и т.п.), представляет биологически активную массу, в которой протекают сложные биологические процессы, сопровождающиеся изменением структуры и состава массы.

В силу особенностей рыбоводного осадка для его отделения от воды пригодны не все виды фильтров.

Применяемые в рыбоводных установках фильтры по способу отделения осадка можно условно разделить на четыре группы, представленные на рисунке 2.4. Каждая группа делится на подгруппы, отличающиеся конструктивными особенностями.

Оценка и сравнение фильтров ведется по следующим показателям: отношение объема фильтра к номинальной проточности, потери напора в фильтре, сложность обслуживания, управление фильтроциклом, эффект очистки в %, затраты воды на обслуживание фильтра.

Первоначально в УЗВ использовали *объемно-пористые* (гравийные, песчано-гравийные) фильтры. Однако им были свойственны серьезные недостатки: низкая удельная производительность, трудность промывки и значительный расход промывочной воды.

В настоящее время наиболее распространены *сетчатые*, *гравитационные* и *флотационные* механические фильтры, обладающие своими преимуществами и недостатками.



Рисунок 2.4. – Классификация механических фильтров по способу отделения осадка

**Сетчатые фильтры.** Сетчатые фильтры используются в рыбоводных установках для различных целей и в зависимости от назначения имеют различные размеры ячеи.

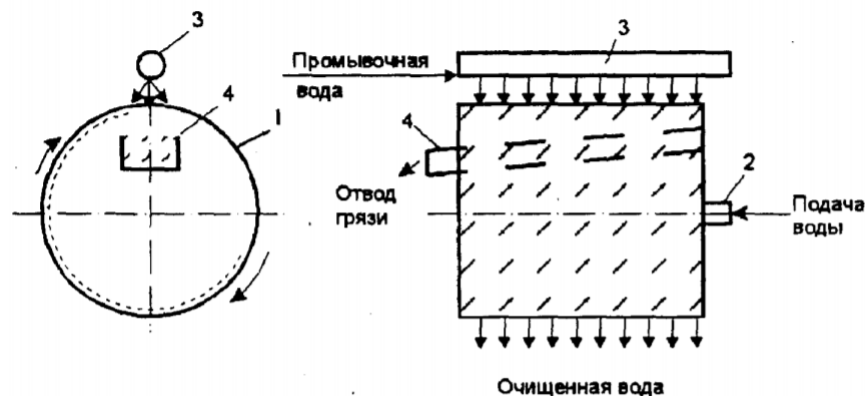
*Неподвижные сетчатые фильтры* закрывают все выпуски воды из бассейнов, предотвращая уход рыбы с током воды, а также удерживая крупный сор (погибшая рыба, случайные предметы). Чем мельче рыба содержится в бассейне, тем мельче должна быть ячейка сетки. Стремлению уменьшить ячейку сетки препятствует возможность ее быстрого самоочищения, что в свою очередь, может привести к зарастанию ячейки биопленкой и уменьшению способности пропускать воду. Так, сетка с ячейкой 3 мм зарастает полностью в течение нескольких суток.

Использование неподвижных сетчатых фильтров всегда предусматривает меры по периодической или постоянной очистке их от закупорки. Там, где это возможно, используется ручная чистка. В больших и достаточно глубоких бассейнах предусматривается система механических щеток с дистанционным приводом или промывка сеток струей воды под давлением с помощью насоса.

Заслуживает внимания и метод очистки сеток, дна и стенок бассейнов путем подсадки в бассейны с культивируемой рыбой небольшого количества рыб, поедающих отложения – тилипии, белого амура. Не являясь конкурентами по питанию комбикормом основному культивируемому виду, они довольствуются обрастаниями во всех доступных им частях бассейна.

*Вращающиеся сетчатые фильтры (радиальные)* представляют собой цилиндрические каркасы с натянутыми на них сетками. Поступающий поток направлен вдоль оси вращения цилиндра, выходящий – радиально от оси цилиндра к его периферии таким образом, чтобы жидкость прошла через ячейки сетки. Промывка сетки осуществляется либо периодически, либо постоянно.

Схема действия радиального фильтра приведена на рисунке 2.5.



1 – сетчатый барабан, 2 – патрубок подачи очищенной воды,  
3 – трубопровод подачи промывочной воды, 4 – желоб для сбора и отвода  
промывочной воды с грязью

**Рисунок 2.5. – Схема устройства радиально вращающегося  
сетчатого фильтра**

Размер ячеек для фильтрующих сеток радиальных фильтров зависит от их назначения. Желание отделить мелкие частицы заставляет применять мелкоячеистые сетки. Такие фильтры называются микрофильтрами. Потери напора и промывочной воды с уменьшением ячеек сетки возрастают. Применение микрофильтров в высоконагруженных системах связано с затратами промывочной воды, подаваемой под давлением.

На рынке оборудования для аквакультуры радиальные сетчатые фильтры предлагаются под названием «Барабанные фильтры». Они широко используются как для очистки природной воды перед подачей ее в рыбоводные бассейны, так и для работы в составе замкнутых установок. Фильтры поставляются оборудованные сетками с ячейкой от 30 до 90 микрон. В зависимости от размера фильтрующей поверхности, размера ячеек и вида стока проточность фильтра изменяется от 5 до 360 л/с.

Типичным примером барабанных фильтров является фильтр НСФ-50 производительностью по очищенной воде 50 м<sup>3</sup>/ч. Загрязненная вода по входному патрубку подается в камеру, проходит через фильтрующий элемент в камеру фильтрата и выводится через патрубок. Осадок удаляется обратным током отфильтрованной воды, поступающей под остаточным напором в промывной короб, который под действием электропривода перемещается по периметру цилиндрического фильтрующего элемента. Осадок из фильтра вымывается струями воды под давлением и отводится через короб, полый вал и патрубок. Насос для промывки должен быть снабжен фильтром грубой очистки с размером ячеек 200 мкм и иметь регулировочный вентиль на выходе, чтобы установить по манометру рабочее давление на форсунках механического фильтра в 7,5 бар. При первом его запуске необходимо открыть воздушник, чтобы удалить из насоса воздух и заполнить его водой.

Преимуществами фильтров подобной конструкции являются высокая компактность и непрерывность действия, недостатками – сложность устройства, наличие дополнительного электропривода.

Минимальный размер отфильтровываемых частиц составляет, как правило, 150–200 мкм, эффект очистки достигает 85–90%.

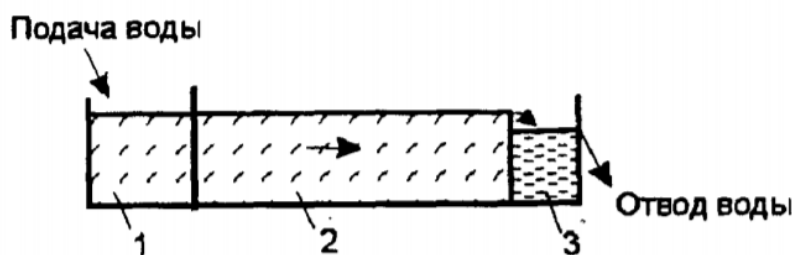
Механический барабанный фильтр работает в автоматическом режиме, т.е. при загрязнении фильтрующей сетки уровень воды внутри барабана поднимается и срабатывает датчик уровня, который включает привод вращения барабана и промывочный насос. Обслуживающему персоналу необходимо ежедневно визуально следить за работой фильтра. Насос должен периодически включаться и выключаться для промывки в зависимости от биологической нагрузки. Если фильтр включается слишком часто или вообще не выключается из

режима промывки, следует проверить, не забиты ли промывочные форсунки. Для этого, не выключая насосы, нужно выключить фильтр, открыть крышку и прочистить все форсунки.

**Гравитационные фильтры.** Гравитационные фильтры построены с использованием эффекта разделения воды и частиц грязи из-за разности их плотностей.

**Горизонтальные отстойники,** схема которых приведена на рисунке 2.6, построены по принципу отстаивания частиц грязи в спокойной воде, медленно перемещающейся в горизонтальном направлении. Отстойник представляет собой емкость с плоским дном, разделенную на три секции. Входная секция 1 предназначена для уменьшения турбулентности и скорости движения потока. Секция 2 предназначена для осаждения осадка. Секция 3 обеспечивает переход к высоким скоростям движения потока.

Наибольший эффект отстаивания наблюдается при низких скоростях и ламинарном течении жидкости. Рекомендуемые скорости течения воды в отстойнике – 15–60 мин.



1 – входная секция, 2 – секция для осаждения осадка,  
3 – секция высокой скорости потока воды

Рисунок 2.6. – Схема горизонтального отстойника

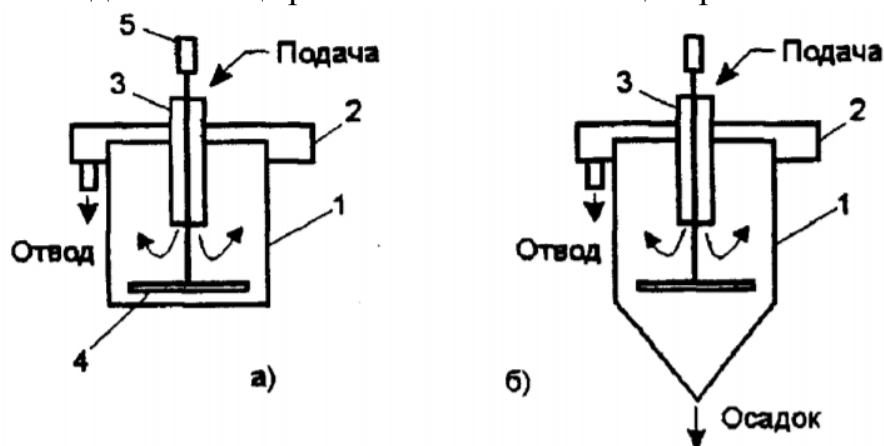
Основной недостаток горизонтальных отстойников – большие объемы при низкой эффективности очистки 10–30%. Кроме этого, из-за того что осадок распределяется по всей поверхности дна почти равномерно, очистка дна секции 2 от накопившегося осадка представляет определенные трудности. Очистке подлежат и все стенки отстойника, так как со временем они покрываются слоем биопленки, а условия для самоочистки при этом отсутствуют.

Высокий эффект очистки оборотной воды от взвешенных веществ (90–95%) обеспечивают *фильтры-отстойники с плавающей загрузкой*. В качестве загрузки плавающего фильтра обычно используют полиэтиленовые гранулы диаметром 2,5 мм. Регенерация загрузки осуществляется путем барботаж. Рекомендуются следующие рабочие параметры фильтра-отстойника: скорость фильтроцикла 5–10 м/ч; вы-

сота слоя загрузки 0,5–1,0 м; продолжительность фильтроцикла не более 24 ч; продолжительность отстаивания 5 мин.

Плавающие фильтры просты по конструкции, надежны, с низким расходом промывочной воды, однако менее компактны по сравнению с барабанными сетчатыми фильтрами.

*Вертикальные отстойники.* В практике рыбоводных установок широкое применение нашли отстойники с вертикальным перемещением очищаемой воды и смещением вектора ее движения от центра к периферии (рисунок 2.7). Отстойник имеет цилиндрический корпус с плоским или конусным дном. В верхней части корпуса устроен кольцевой лоток для приема очищенной воды. В центре корпуса размещена труба для подачи воды. Если дно у отстойника плоское, то в его состав включается скребок, приводимый в движение приводом. Очищаемая вода подается сверху вниз по трубе. При выходе из трубы скорость движения воды падает, а направление движения изменяется на противоположное. Изменение направления движения воды ускоряет выпадение в осадок частиц грязи за счет влияния центробежных сил.



1 – цилиндрический корпус, 2 – лоток приема очищенной воды, 3 – труба подачи воды, 4 – скребок, 5 – привод

Рисунок 2.7. – Схема вертикальных отстойников

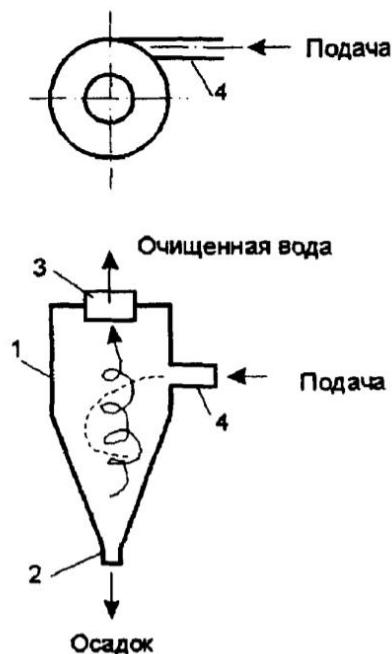
Подъем воды снизу вверх также сопровождается выпадением частиц грязи в осадок, если скорость движения воды вверх ниже скорости опускания частиц грязи вниз. Оптимальной считается скорость подъема воды 10 м/ч, или 3 мм/с, скорость движения по центральной трубе подачи 0,08–0,1 м/с, угол наклона конусного дна 45–50°.

Основной недостаток вертикальных отстойников такой же, как у горизонтальных – большие объемы при низкой эффективности очистки до 35%.

Принцип осаждения используют также в случае применения *центрифуг* или *гидроциклонов*.



*Гидроциклоны.* Эффект выделения осадка может быть усилен за счет вращательного движения жидкости в аппаратах, именуемыми гидроциклонами. Схема гидроциклона приведена на рисунке 2.8.



1 – цилиндрический корпус, 2 – коническое дно с выходным патрубком,  
3 – крышка с патрубком, 4 – патрубок подачи

**Рисунок 2.8.** – Схема гидроциклона

В цилиндрическом корпусе устроено коническое дно с выходным патрубком, в верхней части корпуса имеется крышка с патрубком. По касательной к цилиндрической части корпуса встроены патрубок. При подаче воды в патрубок она движется внутри корпуса по спирали. В результате движения частицы грязи выносятся к стенкам корпуса. Винтообразный поток движется сначала вниз вдоль стенок, затем вверх в его центральной части. Между этими двумя потоками образуется зона, в которой скорость вертикального движения равна нулю. В центре спирали, поднимающейся снизу вверх, образуется область низкого давления, которая заполняется воздухом или парами жидкости. Ядро, заполненное воздухом, возникает и увеличивается с увеличением скорости вращения воды.

Осветленная вода поднимается в верхнюю часть аппарата и выливается из него. Частицы взвеси вместе с частью воды выходят из нижнего патрубка. Эффективность осветления воды зависит от режима работы гидроциклона.

В рыбоводной практике гидроциклоны используются в единичных случаях. Причиной тому необходимость в высоком давлении на входе, а, следовательно, высокие энергетические затраты. Нормальная работа гидроциклона наблюдается при падении давления 1,5–3 кг/см<sup>2</sup>.

Эффективность очистки тем выше, чем выше скорости движения жидкости.

Если гидроциклон, изображенный на рисунке 2.8, использовать при небольшом давлении, а нижний патрубок перекрыть, то такой прибор играет роль ловушки взвесей, которые накапливаются в его нижней части. Безнапорные циклоны достаточно эффективно работают в аквариумах и промышленных рыбоводных установках, задерживая примерно 15% взвесей. Требования к циклу удаления осадка из безнапорного циклона остаются неизменными, выпуск осадка должен производиться не реже одного раза в сутки.

Практика применения напорных гидроциклонов для удаления взвесей из рыбоводного стока показала, что степень очистки от взвешенных частиц достигала 70% при незначительной потере воды (0,08%) с выводимым осадком. В установке использовались гидроциклоны диаметром 70 мм, через которые пропускалось 25 м<sup>3</sup>/ч воды под давлением 5,6 атм. Осадок накапливался в специальном отстойнике, что определяло низкий расход воды, уходящей с осадком.

Конструктивно гидроциклоны достаточно просты, их может обслуживать персонал невысокой квалификации. Они компактны, занимают незначительную площадь, не имеют вращающихся частей или приводов. Применение гидроциклонов в составе рыбоводных систем показало, что они способны не только осветлять воду, но и удалять некоторое количество азотных соединений. Однако эти сооружения весьма дорогостоящи и энергоемки, ввиду чего они не нашли широкого применения в рыбоводстве.

## 2.4 Биологическая очистка

*Биологическая очистка* является наиболее распространенным способом очистки воды в УЗВ и заключается в утилизации растворенных загрязнений с помощью микроорганизмов посредством процессов *минерализации, нитрификации и денитрификации*.

Основные группы микроорганизмов, обитающие в устройствах биологической очистки, – это автотрофные и гетеротрофные виды бактерий. Гетеротрофы окисляют органические азотсодержащие компоненты выделений рыб и остатков корма, превращая их в простые неорганические соединения, главные из которых – вода, углекислый газ (диоксид углерода) и аммиак. Данный процесс получил название *минерализация* или *аммонификация*.

*Аммонификация* – процесс разложения азотсодержащих органических веществ микроорганизмами с выделением свободного аммиака.

После того как органические соединения переведены гетеротрофными бактериями в неорганические, биологическая очистка вступает в следующую стадию, получившую название *нитрификация*.

*Нитрификация* – микробиологический процесс окисления аммиака до азотистой или азотной кислоты. Процесс аэробный. В ходе его происходит окисление токсичных компонентов технологической воды до менее токсичных. Нитрификация осуществляется автотрофными бактериями, которые в отличие от гетеротрофов не нуждаются в готовых органических соединениях.

Нитрифицирующие бактерии в устройствах биологической очистки представлены в основном родами *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*.

Источником энергии для *Nitrosomonas* является процесс окисления аммиака до нитритов:

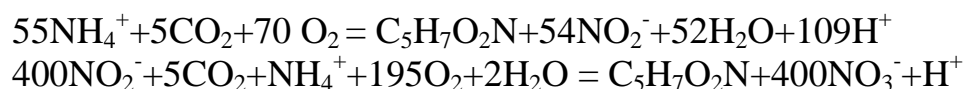


А *Nitrobacter* получает энергию из реакции дальнейшего окисления нитритов до нитратов:



Для проведения реакции нитрификации необходимо значительное количество кислорода. Количество кислорода рассчитывают под каждую установку и тип биофильтра отдельно.

Уравнения нитрификации описываются химическими реакциями, используемые бактериями для получения энергии. Для роста клеток и обмена веществ бактерии используют энергию реакции, углекислый газ и кислород. Уравнения, описывающие синтез веществ клеток:



Выделяющиеся ионы водорода в процессе окисления аммония снижают величину рН и изменяют условия содержания гидробионтов. Окисление одного килограмма аммония сопровождается образованием в системе 110 г-ион  $\text{H}^+$ .

Процесс нитрификации приводит к окислению неорганического азота. Одновременно идет процесс восстановления неорганического азота – *денитрификация*. В процессе денитрификации происходит переход азота из нитратов в газообразное состояние. Основными денитрифицирующими бактериями являются *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* и др. Если одновременно с нитритами в среде присутствуют аммонийные соли или аминокислоты, то свободный азот выделяется

за счет их химического взаимодействия (*косвенная денитрификация*) в отличие от *прямой денитрификации*, когда восстановление нитратов, напротив, идет до свободного азота. Таким образом, денитрификация в отличие от минерализации и нитрификации уменьшает количество неорганического вещества в воде.

Минерализация, нитрификация и денитрификация – процессы, происходящие во вновь запускаемой системе последовательно. В установившейся системе они идут параллельно.

Запуск и вывод в рабочий режим аппаратов биологической очистки воды в рыбоводных установках с замкнутым циклом водоснабжения являются одним из самых важных и ответственных периодов их эксплуатации. В это время в биофильтрах происходит ряд микробиологических и физико-химических процессов, от протекания которых в дальнейшем будет зависеть вся работа биологической очистки и всей рыбоводной установки в целом.

Для биологической очистки используются следующие виды оборудования – *биологические пруды, аэротенки и биофильтры*.

В условиях УЗВ в настоящее время наибольшее распространение приобрели *биофильтры* за счет своей высокой продуктивности.

Важнейшей характеристикой биофильтра, определяющей его производительность, является *удельная площадь поверхности загрузки* (УПП). В ранних конструкциях применяли объемную загрузку (гравий, керамзит, раковины моллюсков и т.д.), имевшую УПП – 20–100 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Позднее стали использовать пленочную и кассетную загрузки с УПП 100–150 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. В настоящее время широко применяют различные виды специальной пластиковой загрузки (сотовая, биошары и др.), имеющие УПП 350–1750 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, и, наконец, используют биофильтры с регенерируемой песчаной загрузкой (УПП – 3000–4000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>). Повышение удельной производительности устройств биологической очистки привело к резкому сокращению объема блоков очистки УЗВ. Если у первых УЗВ соотношение объемов рыбоводных емкостей и аппаратов водоподготовки составляло 1:(5–10), то для современных систем этот показатель равен 1:(0,5–1).

Процессы изъятия загрязнений из воды биологической пленкой подчиняются основным законам массообмена. На первом этапе изъятие загрязнений происходит путем прилипания частиц загрязнения и их сорбции (поглощения) биопленкой. Интенсивность этих процессов тем выше, чем больше поверхность контакта воды и биопленки, чем выше концентрация загрязнений и чем сильнее турбулентность движения воды относительно биопленки. Турбулентность движения воды относительно биопленки активно сменяет слои воды, из которых изъято загрязнение, на слои воды, еще не вступившие в контакт с биопленкой.

Когда частицы загрязнений попадают в контакт с биопленкой, начинается процесс аммонификации нерастворенных органических соединений с выделением аммония. Аммоний, поступивший вместе с водой и полученный в результате аммонификации нерастворенной органики, утилизируется группами бактерий *Nitrosomonas*, осуществляющими первый этап нитрификации – окисление аммония до нитритов. Нитриты окисляются бактериями группы *Nitrobacter* до нитратов. Так как нитраты – относительно малотоксичный продукт для рыб, то их концентрация может быть значительной без ущерба для результатов рыбоводства. Это обстоятельство позволило строить биофильтры для очистки рыбоводных стоков без блока денитрификации. Классификация биофильтров по способу их обустройства приведена на рисунке 2.9.

По способу аэрирования воды биофильтры разделяются на *активные* (принудительная аэрация) и *пассивные* (аэрация за счет смешения потока воды и атмосферного воздуха без применения специальных средств).

**Биофильтры со статической плоской и объемной загрузкой.** По способу размещения загрузки различают: *погружные*, *орошаемые* и *комбинированные* биофильтры.

**Погружные биофильтры.** В устройствах данного типа применяют в основном мелкозернистую регенерируемую загрузку (полимерные гранулы, песок), а также пластиковые элементы с развитой поверхностью. Загрузку из гравия, керамзита, стеклянных и керамических элементов используют редко, так как биофильтры с такого рода наполнителем нуждаются в периодической промывке, в процессе которой уничтожается бактериальная пленка.

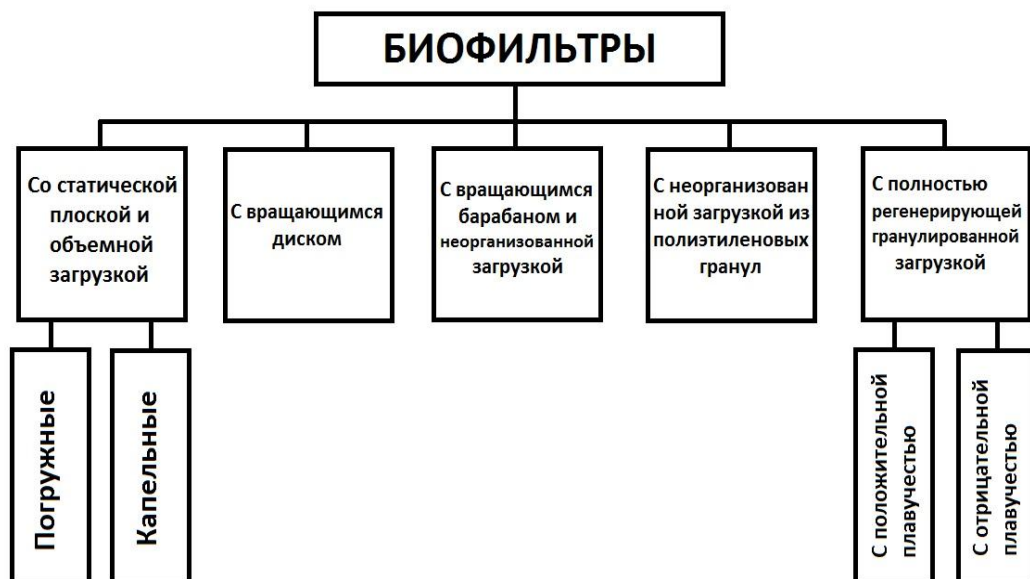


Рисунок 2.9. – Классификация биофильтров

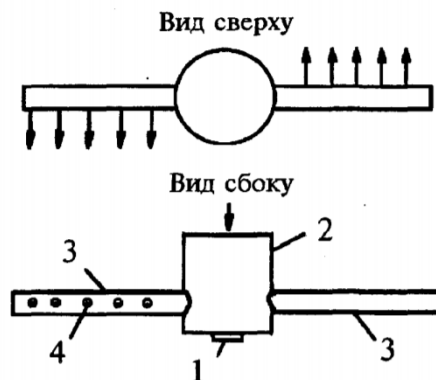
Погружные биофильтры просты в эксплуатации, не требуют создания больших перепадов уровней воды в установке, что позволяет уменьшить мощность циркуляционных насосов; способны работать в широком диапазоне гидравлических нагрузок. Однако в отличие от биофильтров других типов они требуют относительно высокой (6–8 мг/л) концентрации кислорода в поступающей на очистку воде.

*Орошаемые (капельные) биофильтры.* В них слой загрузки располагается выше уровня воды в емкости, биологическая очистка происходит в тонком слое воды, стекающей по загрузке, что позволяет поддерживать оптимальный кислородный режим и тем самым увеличивать активность микроорганизмов биопленки. Чаще всего в биофильтрах данного типа применяют кассетную и сотовую загрузки, а также пластиковые элементы с высокой удельной площадью поверхности. Наиболее совершенны конструкции орошаемых биофильтров в виде закрытой камеры с движением воды сверху вниз и принудительной закачкой воздуха в нижнюю часть фильтра.

Орошаемые биофильтры имеют высокую окислительную мощность, просты по конструкции, на них можно подавать воду с минимальной исходной концентрацией кислорода. Однако их применение требует значительного увеличения перепада уровней воды в системе, вследствие чего возрастает мощность циркуляционных насосов. Кроме того, орошаемые фильтры успешно работают в достаточно узком диапазоне гидравлических нагрузок, а равномерное распределение потоков воды по всей площади фильтра требует специальных технических решений.

Иногда погружной и орошаемый биофильтры объединяют в одном корпусе. Такие конструкции называют *комбинированными биофильтрами*. Верхняя часть подобного устройства представляет собой типичный орошаемый фильтр, а нижняя – погружной. Наличие орошаемой части способствует значительному увеличению интенсивности окисления органических веществ.

Для крупных биофильтров проблема равномерного распределения очищаемой воды по площади фильтра решается с помощью устройства над фильтром – «Сегнерова колеса», представленного на рисунке 2.10.



1 – подшипник скольжения, 2 – приемная емкость,  
3 – симметричные трубы, 4 – отверстия для подачи воды

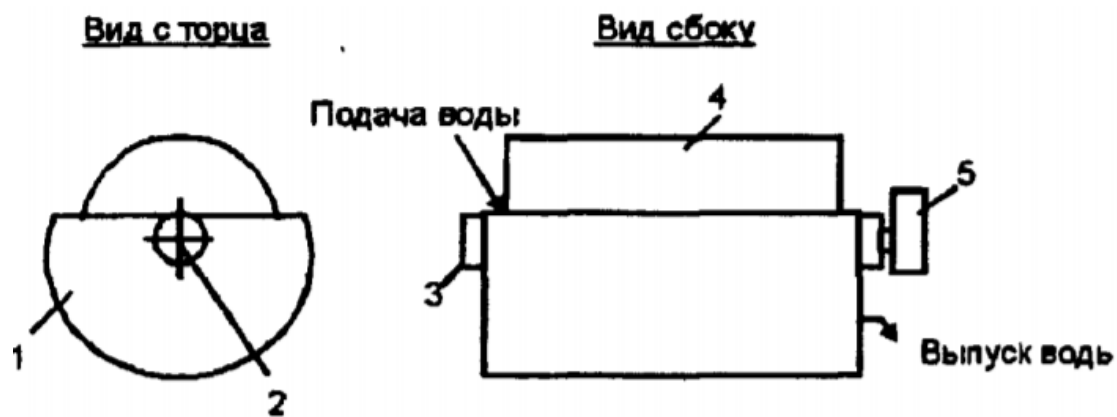
**Рисунок 2.10. – Устройство для распределения воды по поверхности биофильтра**

На подшипнике скольжения устанавливается приемная емкость, от которой отходят симметричными лучами трубы. В трубах устроены отверстия. Вода попадает в трубы и вытекает из отверстий, создавая реактивную тягу, с помощью которой все сооружение начинает вращаться с опорой в подшипнике. Равномерное распределение воды создается за счет вращения конструкции.

**Биофильтры с вращающимися дисками.** Отличительной особенностью фильтров данного типа является периодическая смена воздушной и водной среды на поверхности биофильтра. Это позволяет улучшить кислородный режим и тем самым существенно увеличить производительность системы. В конструктивном плане подобные устройства представляют собой вращающуюся систему пластиковых перфорированных труб, заполненных гофрированными полиэтиленовыми дисками, или вращающийся барабан, заполненный пластиковыми элементами с большой площадью поверхности. Рекомендуемая частота вращения дисков фильтра, имеющих диаметр 1–3 м, в пределах от 1 до 0,1 оборота в минуту.

Вращающиеся фильтры не требуют создания в УЗВ больших перепадов уровней воды, имеют высокую окислительную мощность, способны эффективно очищать воду с незначительной исходной концентрацией кислорода. К недостаткам этих устройств относятся сложность конструкции, наличие дополнительного электропривода и ограниченный объем вращающейся части фильтра.

Схема устройства биофильтра приведена на рисунке 2.11.



1 – емкость фильтра, 2 – вал, 3 – подшипник,  
4 – плоский субстрат, 5 – привод

**Рисунок 2.11. – Схема устройства биофильтра  
с вращающимися дисками**

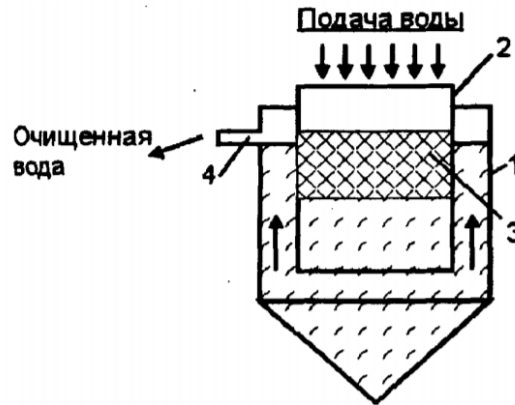
Биохимические процессы очистки воды в этом фильтре идут при интенсивном перемешивании по всей активной зоне фильтра. Это обстоятельство повышает активность использования объема фильтра, создает хорошие условия для изъятия загрязнений биопленкой и создает условия для отрыва рыхлой части биопленки от субстрата. В процессе вращения субстрат с биопленкой периодически осушается. Тонкий слой воды, покрывающий осушенную пленку, насыщается кислородом воздуха. При погружении субстрата в воду захватываются пузыри воздуха, повышая при этом концентрацию кислорода в очищаемой воде.

Предельная мощность единичного фильтра ограничивается производительностью по очищаемой воде в пределах 240–300 м<sup>3</sup>/сутки. Созданию более мощных агрегатов препятствуют проблемы надежности механизмов, вращающих значительные массы субстрата. Наиболее уязвимое место вращающегося фильтра – обрыв механических связей между приводом и валом из-за большой инерционности вращаемых масс.

Удельная поверхность субстрата вращающихся фильтров колеблется в пределах 50–80 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, а соотношение объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов снижается до 1,5:1.

**Биофильтр с неорганизованной загрузкой из полиэтиленовых гранул.** Этот биофильтр использует в качестве субстрата полиэтиленовые гранулы с плотностью 0,93–0,95 и удельной поверхностью 750–1000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Схема биофильтра приведена на рисунке 2.12. В корпусе биофильтра размещается стакан, внутри стакана плавает слой полиэтиленовых гранул, биофильтр снабжен патрубком.





1 – корпус биофильтра, 2 – стакан,  
3 – полиэтиленовые гранулы, 4 – патрубок

**Рисунок 2.12. – Биофильтр с неорганизованной загрузкой из полиэтиленовых гранул**

В рабочем состоянии очищаемая вода подается сверху на слой гранулы. Под действием тока воды слой несколько разжижается, занимая объем в 1,5–2 раза больший, чем в свободном состоянии. При токе воды через слой гранулы, на поверхности которой образуется биологическая пленка, происходит изъятие из воды загрязнений.

При выходе из стакана вода изменяет направление движения, что способствует отделению частиц загрязнения и отслоившегося ила, выпадению их в осадок. Очищенная вода поднимается между стенками стакана и корпуса и вытекает из патрубка. Уровень воды в корпусе остается постоянным.

Высокая удельная поверхность субстрата позволяет снизить отношение объема очистных сооружений к объему рыбоводных бассейнов до 1,5:1.

Фильтр, изображенный на рисунке 2.12, имеет ряд недостатков, связанных с организацией равномерного тока воды по всему поперечному сечению стакана. При неравномерном токе воды часть гранул остается в неразжиженном состоянии. Это способствует срастанию гранул между собой за счет срастания биопленки, покрывающей поверхность каждой гранулы. Образовавшиеся конгломераты теряют способность к самоочищению, приобретают отрицательную плавучесть, тонут и служат источником вторичного загрязнения воды. Чтобы избежать нежелательных последствий из-за слабой самоочищаемости гранул от старой биопленки, в фильтрах такого типа предусматривают устройства, обеспечивающие барботаж гранулы. В результате интенсивного барботажа гранулы очищаются от старой биопленки, которая оседает затем в отстойниках фильтра. Максимальная производительность по очищаемой воде фильтров, построенных по схеме, изображенной на рисунке 2.12, составляет 3–4 тыс. м<sup>3</sup> в сутки.

*Тенденции совершенствования биологических фильтров.* Эффективность работы биофильтров зависит от многих факторов: температуры, рН, концентрации в воде растворенного кислорода, времени удержания воды в толще загрузки, солености, исходной концентрации загрязнений в воде, подаваемой на очистку, и наличия в ней веществ, ингибирующих деятельность микрофлоры.

*Удельный объем биофильтра в УЗВ.* Одно из генеральных направлений совершенствования блока очистки в составе замкнутых рыбоводных установок – это снижение капитальных затрат на его сооружение. Снижение габаритов блока биологической очистки отвечает поставленной задаче. Дальнейшее совершенствование в этом направлении не исчерпано. Снижение габаритов и объемов блока очистки – путь к снижению энергетических затрат на очистку.

*Удельная поверхность субстрата.* При выборе субстрата для заполнения биофильтра одновременно решается вопрос удаления избыточного ила. Субстраты в виде щебня, гравия, колец Рашига и т.п. технически несовершенны, так как удаление избыточного ила при их применении проблематично. Используемые субстраты можно разделить на две группы: организованная загрузка в виде листов, объемных блоков с каналами, дисков вращающихся фильтров и неорганизованная загрузка в виде винипластовых шариков в барабанах, полиэтиленовых и других гранул. Удельная поверхность первых лежит в пределах  $50\text{--}200\text{ м}^2/\text{м}^3$ , вторых – до  $1000\text{ м}^2/\text{м}^3$  и более.

Увеличению этого показателя препятствуют проблема сохранения субстрата от выноса с током воды и проблема удаления избыточного ила, т.е. проблема регенерации загрузки.

*Использование объема фильтра.* Вид используемого субстрата диктует способ организации процесса контактирования очищаемой жидкости с биоценозом. При использовании статичных загрузок (плоских и объемных) очищаемая вода подается сверху и, постепенно очищаясь, двигается вниз. Верхняя часть загрузки в этом случае находится в условиях максимальной концентрации загрязнений. Нижняя часть загрузки принимает стоки с меньшей концентрацией загрязнений, что снижает эффективность использования объема фильтра. Более 60% загрузки используется в этом случае неэффективно. Частичное устранение этой проблемы достигается при распределении загрязнений по высоте биофильтра. Пропускная способность биофильтра может быть увеличена на 20%. Существуют такие способы улучшения использования объема фильтра, как рециркуляция очищенных стоков, применение многоступенчатых схем, применение комбинированных загрузок по высоте биофильтра.

**Технология запуска биологического фильтра.** Биологическая фильтрация – это многостадийный, многоступенчатый процесс, полностью аналогичный самоочистке природных водоемов.

Запуск нового биофильтра преследует своей целью заселение субстрата колониями минерализующих и нитрифицирующих бактерий.

Бактерии этих видов присутствуют практически повсюду и если в биофильтр попадает  $\text{NH}_4^+$ , то это вызывает развитие колоний бактерий *Nitrosomonas*. В результате окислительной деятельности бактерий *Nitrosomonas* в воде появляется нитрит  $\text{NO}_2^-$ , служащий питанием для бактерий рода *Nitrobacter*, окисляющих нитрит до нитрата  $\text{NO}_3^-$ . Как и для всего живого, им требуется время для своего размножения и наращивания биомассы, достаточной для окисления поступающих из рыбоводных емкостей (бассейнов) загрязнений. Чем больше загрязнений в единицу времени поступает из бассейнов, тем больше биомасса активного ила требуется для их окисления. Причем процесс развития бактерий-окислителей связан со значительными изменениями гидрохимического режима. Следует отметить, что бактерии-нитрификаторы чувствительны к кислой среде. Область значений рН, при которых наблюдается рост разных штаммов нитрифицирующих бактерий, приходится на 6,0–8,6, а оптимальное значение рН чаще всего 7,0–7,5. Известны штаммы, имеющие температурный оптимум 26 °С или около 40 °С, и штаммы, довольно быстро растущие при 4 °С.

Все известные нитрифицирующие бактерии являются облигатными аэробами. Но так как заметного снижения работы бактерий при снижении содержания кислорода в воде до 3 мг/л не происходит, а для выращивания рыбы это уже критические значения, то дополнительно в биофильтр вводить кислород не нужно.

Нормальный срок завершения процесса формирования колоний нитрифицирующих бактерий в биофильтре составляет 30–40 суток при температуре 20 °С. Но выход на установленный режим биофильтров в установках для выращивания холодолюбивых рыб растягивается до 1–2 месяцев, а в соленой воде – до 2–3 месяцев.

При небольших плотностях посадки рыбы (2–3 кг/м<sup>3</sup>) запуск биофильтра проходит без затруднений, так как уровень концентрации токсичных продуктов не успевает возрасти до предельных значений. После формирования колоний бактерий нагрузка на биофильтр может плавно увеличиваться. О формировании колоний бактерий судят по изменению концентрации нитрата  $\text{NO}_3^-$ . Если концентрация нитрата растет, значит, бактерии рода *Nitrobacter* действуют.

Ускоренный запуск биофильтра проходит при частичной заправке его субстратом из функционирующего биофильтра. Это очень просто выполнить при сыпучем субстрате. Но перед проведением

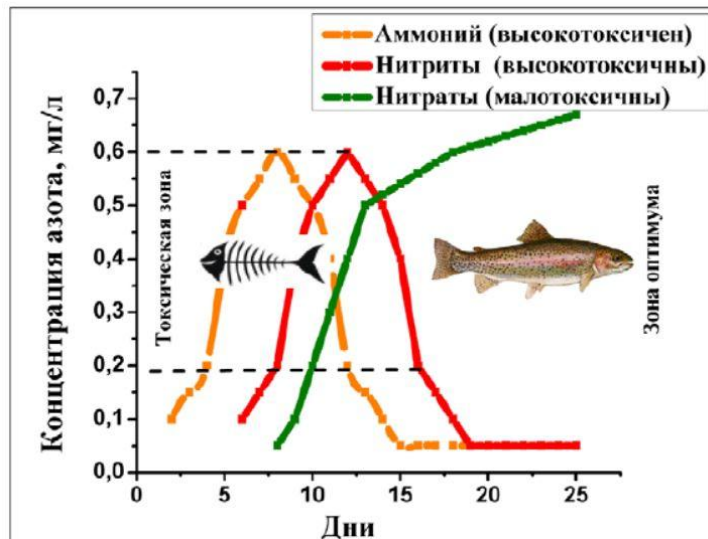
этой процедуры следует провести тщательный санитарно-ветеринарный мониторинг хозяйства, с которого планируется брать культуру бактерий, так как с субстратом можно занести в аквасистему различные заболевания, в том числе и вирусные.

После монтажа системы УЗВ не следует сразу высаживать в нее объекты выращивания. Предварительно необходимо заполнить водой и промыть всю систему циркуляции, проверить работу всех ее элементов. Как правило, в этот момент выявляются все недостатки монтажных работ, протечки в соединениях и строительно-монтажных швах, недостаточная герметичность запорной арматуры и т. п. Рекомендуемый срок такой опытной эксплуатации составляет 2–3 недели, после чего воду из системы необходимо слить, заполнить ее свежей водой и приступить к пусковому периоду эксплуатации биоочистки.

Как уже говорилось, при небольших плотностях посадки рыбы проблем с запуском биофильтра не возникает. И после того, как происходит устойчивое накопление нитратов в системе, а аммонийный азот и нитриты опускаются до оптимальных значений, можно еще подсаживать биомассу рыбы, но не более половины от существующей в неделю с корректировкой кормления по результатам анализов воды. То есть, если в установке биомасса рыбы была на уровне  $5 \text{ кг/м}^3$  и биофильтр заработал, то в течение последующих недель можно подсаживать по  $2,5 \text{ кг/м}^3$  рыбы до необходимой плотности посадки. Таким образом, этот способ запуска биофильтра, при возможности его применения, наиболее предпочтительный, так как на биофильтре развиваются штаммы, приспособленные именно к данным видам загрязнений.

После выхода биофильтра на проектную мощность следует избегать сильных колебаний в кормлении, так как резкое снижение кормления может вызвать отмирание биологической пленки, что чревато, во-первых, вторичным загрязнением биофильтра вследствие переработки отмерших бактерий оставшимися (своеобразный «нитритный всплеск»), а во-вторых, возобновлением процесса наращивания бактериальной массы.

При запуске биофильтра с рыбой, как видно на рисунке 2.13, сначала повышается концентрация аммонийного азота, затем нитритного, а после нитратного.



**Рисунок 2.13. – Изменение концентраций аммония, нитрита и нитрата в процессе запуска биофильтра (Н.В. Барулин)**

Аммонийный азот сам по себе не сильно токсичен для рыб, но при повышении рН более 7 он переходит в очень токсичный аммиак (таблица 2.6), концентрация которого не должна превышать сотых долей миллиграмма на литр. При повышенной концентрации аммиака в воде рыба не может полноценно выводить его из организма и помимо общего отравления происходит разрушение жаберного эпителия, куда проникает секундарная инфекция, в результате чего отравившаяся рыба еще и заболевает. Чтобы снизить токсическое действие аммиака при запуске биофильтра с рыбой, нужно регулировать рН воды в системе, медленно добавляя раствор соляной кислоты (х.ч.) желательно с помощью автоматических дозаторов корректировки рН. Однако следует помнить, что кислая среда неблагоприятно влияет на рост нитрифицирующих бактерий, поэтому при высоких концентрациях солей аммония рН следует поддерживать на уровне 7.

Нитритный азот также токсичен для рыб. Его оптимальное содержание в воде – десятые доли миллиграмма на литр. Нитритный токсикоз вызывает у рыб окисление феррогемоглобина в ферригемоглобин, влияет на ткани и сосудистую систему, а также на липидный и жирокислотный состав молоди рыб. Токсичность нитритов зависит от температуры, концентрации кислорода и хлоридов.

Ионы хлора снижают токсичность нитритов. Снизить токсическое действие нитритов можно внесением хлорида натрия в сочетании с хлоридом кальция из расчета  $5 \text{ мг Cl}^-/\text{м}^3$  на каждые  $0,1 \text{ г}$  нитритного азота в  $1 \text{ м}^3$  воды. При отсутствии хлорида кальция дозу поваренной соли увеличивают до  $8 \text{ г}/\text{м}^3$ .

Таблица 2.6. – Содержание свободного аммиака в растворах гидроокиси аммония при различных значениях рН и температуры, %

Температура, °С	Активная реакция среды (рН)								
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
0	0,0083	0,026	0,083	0,261	0,82	2,55	7,64	20,7	45,3
1	0,0090	0,028	0,090	0,284	0,89	2,77	8,25	22,1	47,3
2	0,0098	0,031	0,098	0,308	0,97	3,00	8,90	23,6	49,4
3	0,0106	0,336	0,106	0,335	1,05	3,25	9,60	25,1	51,5
4	0,0115	0,036	0,115	0,363	1,14	3,52	10,30	26,7	53,5
5	0,0125	0,040	0,125	0,394	1,23	3,80	11,10	28,3	55,6
6	0,136	0,043	0,135	0,427	1,34	4,10	11,90	30,0	57,6
7	0,147	0,046	0,147	0,462	1,45	4,44	12,80	31,7	59,5
8	0,0159	0,050	0,159	0,501	1,57	4,79	13,70	33,5	61,4
9	0,0172	0,054	0,172	0,542	1,69	5,16	14,70	35,3	63,3
10	0,0186	0,058	0,186	0,586	1,83	5,56	15,70	37,1	65,1
11	0,0201	0,064	0,201	0,633	1,97	5,99	16,80	38,9	66,8
12	0,0218	0,069	0,217	0,684	2,13	6,44	17,90	40,8	68,5
13	0,0235	0,074	0,235	0,738	2,30	6,92	19,00	42,6	70,2
14	0,0254	0,080	0,253	0,793	2,48	7,43	20,20	44,5	71,7
15	0,0274	0,087	0,273	0,859	2,67	7,97	21,50	46,4	73,3
16	0,0295	0,093	0,294	0,925	2,87	8,54	22,80	48,3	74,7
17	0,0318	0,101	0,317	0,996	3,08	9,14	24,10	50,2	76,1
18	0,0343	0,108	0,342	1,070	3,31	9,78	25,50	52,0	77,4
19	0,0369	0,117	0,368	1,150	3,56	10,50	27,00	53,9	78,7
20	0,0397	0,125	0,396	1,250	3,82	11,20	28,40	55,7	79,9
21	0,0427	0,135	0,425	1,330	4,10	11,90	29,90	57,5	81,0
22	0,0459	0,145	0,457	1,430	4,39	12,70	31,50	59,2	82,1
23	0,0493	0,150	0,491	1,540	4,70	13,50	33,00	60,9	85,2
24	0,0530	0,167	0,527	1,650	5,03	14,40	34,60	62,6	84,1
25	0,0569	0,180	0,566	1,770	5,38	15,30	36,30	64,3	85,1
26	0,6100	0,193	0,607	1,890	5,75	16,20	37,90	65,9	85,9
27	0,6540	0,207	0,651	2,030	6,15	17,20	39,60	67,4	86,8
28	0,0701	0,220	0,697	2,170	6,56	18,20	41,20	68,9	87,5
29	0,0752	0,237	0,747	2,320	7,00	19,20	42,90	70,4	88,3
30	0,0805	0,254	0,799	2,480	7,46	20,30	44,60	71,8	89,0

Нитратный азот не столь токсичен для рыб. Его концентрация может достигать до десятков, а по некоторым данным до сотен миллиграммов на литр без видимого вреда для рыбы. Впрочем, при его высоких концентрациях и низких значениях рН нитриты переходят в азотную кислоту и могут раздражать кожные покровы. Из УЗВ нитраты удаляются в основном за счет разбавления свежей подпиточной водой, в результате чего, собственно, и устанавливается лимит подпиточной воды современных УЗВ в 5–10%.

В идеале пусковой период сооружений биологической очистки в УЗВ следует проводить заблаговременно, когда в рыбоводных емко-

стях еще нет гидробионтов. Это позволяет избежать риска губительного воздействия на них высоких концентраций аммиака и нитритов в момент формирования биоценоза активного ила. В этом случае в качестве источника загрязнений (органического и аммонийного питания для развития бактерий) в систему циркуляции следует вносить какую-либо органику и минеральные соли, например, хлорид аммония, другие искусственные питательные среды. Но у этого метода может быть недостаток, выраженный в том, что могут развиваться не совсем те штаммы бактерий, которые сопровождают работу биофильтра с рыбой, и при вселении гидробионтов происходит некоторая разбалансировка в работе биофильтра.

Для подкормки нитрифицирующих бактерий, особенно в начальный период, в воде необходимо поддерживать концентрацию ионов аммония в пределах 1–3 мг/л. Для создания концентрации ионов аммония на уровне 1 мг/л необходимо внести 3,8 г хлорида аммония на 1 м<sup>3</sup> воды. После того как заработают колонии бактерий и начнется снижение аммония, раствор солей аммония нужно добавлять не реже 1 раза в сутки. Во время безрыбного запуска биофильтра подпитку свежей водой проводить не следует.

Для подкормки гетеротрофных бактерий необходимо добавлять комбикорм для рыб, желательнее такой же, которым впоследствии будет кормиться рыба, из расчета 0,1–0,2 кг/м<sup>3</sup> воды в системе в сутки. Перед внесением комбикорма следует замочить в горячей воде для размягчения, а затем сделать из него жидкую суспензию и только после этого следует добавлять в его воду. Если же бросать неразмягченные гранулы, то они не будут успевать растворяться, особенно при невысоких температурах, и покроются плесневыми грибами рода *Saprolegnia*.

В конце запуска биофильтр должен перерабатывать 4–5 кг аммонийного азота на тонну молоди и 0,7 кг на тонну товарной рыбы в сутки. Переработкой данного количества солей аммония определяется окончание пускового периода биофильтра. Учитывая, что в различных хозяйствах в разные периоды года присутствует индивидуальный бактериальный состав в атмосфере, каждая установка должна запускаться по индивидуальным временным промежуткам (в течение 1–2 месяца), а концентрацию солей аммония необходимо поддерживать по результатам анализов воды.

Оптимальная температура для безрыбного запуска биофильтра 28–30 °С. Чтобы избежать гибели имеющегося биоценоза от резкого перепада температуры воды и плавно адаптировать его к работе при низкой температуре, в течение 2 суток температуру оборотной воды в установке снижают до 18–19 °С и продолжают плавное ее снижение до заданного уровня со скоростью 1 °С в сутки. В этом случае пуско-

вой период биофильтра продлится не более месяца. Воду в данный период можно подогревать проточными нагревателями или дополнительными батареями из пластиковых труб, подключенных к котельной. При этом открытое зеркало воды в бассейнах и приямках необходимо закрыть полиэтиленовой пленкой (устроить парник). Но так как осуществить вышеописанное технически достаточно сложно, особенно на больших установках, то этот способ редко используется в практике рыбоводных хозяйств.

При запуске биофильтра ежедневно осуществляется контроль качества оборотной воды по аммонийному азоту, нитритам и нитратам. На основании полученных результатов определяют момент стабилизации гидрохимического режима по перечисленным показателям.

Чтобы сократить период запуска и оперативно начать технологический процесс содержания гидробионтов, в практике аквакультуры используют специальные водные кондиционеры и ускорители, представляющие собой концентрированные смеси культур бактерий-нитрификаторов. При этом необходимо помнить, нитрифицирующие бактерии *Nitrobacter* дольше приживаются на субстрате биофильтра, чем остальные, и если добавлять эти препараты при запуске с рыбой, то, как правило, через несколько часов происходит сильнейший всплеск токсичных нитритов.

Водные кондиционеры (Sera, Tetra, АРУ и пр.) широко представлены на аквариумном рынке, использование их осуществляется согласно инструкции фирмы-продавца. Большим недостатком этого способа ускорения запуска является высокая стоимость используемых биопрепаратов.

Во время запуска биофильтра устройства дезинфекции воды (УФ-фильтры, озонаторы и т.п.) должны быть по возможности отключены. Однако учитывая, что озон имеет свойство быстро окислять нитриты до нитратов, во время «нитритных всплесков» при запуске с рыбой, эту способность можно использовать в установках, оснащенных системой озонирования.

Таким образом, проведение пускового периода сооружений биоочистки в УЗВ можно осуществить тремя основными способами (или их комбинацией):

- внесением различных реагентов в качестве питательной среды для микроорганизмов;
- добавлением популяций бактерий в виде чистых культур и бактериальных смесей, всевозможных субстратов из других биофильтров или природных источников;
- постепенной подсадкой гидробионтов в систему.



## 2.5 Бактериологическая очистка

Бактериальные и вирусные инфекции вызывают большие потери в современной аквакультуре. Борьба с болезнями рыб является одним из ключевых технологических процессов, особенно в индустриальном рыбоводстве. Использование поверхностных вод, некачественные корма, отсутствие ветеринарно-санитарных мероприятий на предприятиях открывают ворота для распространения патогенных микроорганизмов.

*Дезинфекция* – процесс уничтожения патогенных микроорганизмов химическими и физическими способами.

Для дезинфекции чаще всего используют ультрафиолетовое (УФ) излучение и озонирование. Учитывая, что на дезинфекцию может повлиять присутствие в воде растворенных и взвешенных органических соединений, снижающих ее эффективность, УФ-стерилизаторы и озонаторы в системе очистки оборотной воды размещают после биологических, механических фильтров и других контактов.

Химические методы включают в себя окисление и коагуляцию органических загрязнений. Для этих целей используются соединения хлора, гидроокисей железа и алюминия, квасцов, озона.

*Обеззараживание воды с помощью озонирования.* Озон является самым сильным техническим средством окисления веществ, содержащихся в воде. Использование озона в установках по выдерживанию рыбы с небольшим процентом водообмена является идеальным средством для снижения количества микроорганизмов и устранения проблем с водорослями. Кроме значительного улучшения химического состава вод, частично предотвращается окрашивание воды в желтый цвет и повышается содержание в ней кислорода. Озонирование улучшает удаление тонкодисперсных частиц скорее за счет изменения их размера, а не отделения частиц от воды. Как нестабильный реактивный газ он разделяет крупные частицы на более мелкий биологически разлагаемый материал, который легко утилизируют гетеротрофные бактерии. С другой стороны, озон полимеризует метастабильные органические вещества, что ведет к их осаждению, связыванию и абсорбции. Иногда озон вводят для обесцвечивания и повышения прозрачности воды. Механизм действия этого газа сложен и не изучен полностью. В различных системах УЗВ он действует по-разному.

В настоящее время озон все чаще используется в рыбоводстве (например, в установках с замкнутым циклом водоснабжения). Основными преимуществами использования озона являются:

- высокая скорость реагирования;

- растворенный озон имеет время полужизни до 15 секунд;
- конечным продуктом разложения озона является кислород.

Воздействие озона на качество производственной и сточной воды, а также на общие рабочие характеристики рыбоводной системы, всегда положительное. В нормально функционирующей системе обработка воды озоном весьма эффективно снижает количество микроорганизмов.

Эффективность озона как дезинфицирующего средства зависит от времени контакта (1–30 минут) и остаточной концентрации недиссоциированного озона (0,3–0,4 мг/л). Используя озонирование для водоподготовки в УЗВ, следует учитывать, что даже небольшие концентрации остаточного озона могут вызывать гибель рыб. Поэтому после озонирования воду рекомендуется отстаивать или аэрировать перед подачей в рыбоводные емкости.

Установка для озонирования воды состоит из следующих компонентов: озонатора с оптимальной воздушной сушилкой, озонowego реактора, окислительно-восстановительного измерительного и регулировочного прибора.

*Генерация озона.* Наиболее эффективным методом получения озона является высоковольтный коронный разряд, который образуется во время прохождения кислорода через просвет между электродами, находящимися под высоким напряжением. Генерация озона требует в 2–3 раза меньше энергии, если протекает с вовлечением чистого кислорода, а не атмосферного воздуха. Кроме того, некоторые озонаторы требуют немного азота в кислородной смеси (>0,5 %) для наилучшей эффективности. Генераторы озона на коронном разряде, работающие с чистым кислородом, потребляют 10 кВт электричества для производства 1 кг озона, либо 20 кВт при работе на атмосферном воздухе.

Принцип работы озонатора представлен на рисунке 2.14.

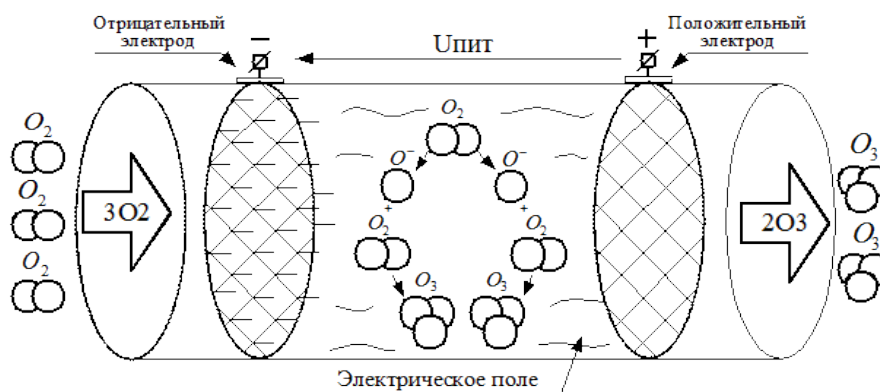


Рисунок 2.14. – Принцип работы озонатора

Для УФ-излучения с длиной волны  $<200$  нм требуется в 6–30 раз больше энергии, чем для образования необходимого для обеззараживания того же объема воды озона, что делает данную технологию более экономичной.

*Окислительно-восстановительные реакции* зависят друг от друга и их называют окислительно-восстановительным потенциалом. В УЗВ, как правило, находятся окисляющие вещества (озон, кислород) и восстанавливающие вещества (органические соединения в корме или экскрементах) (таблица 2.7).

В УЗВ не применяется ОВП выше 400 мВ и ниже 200 мВ. Рекомендуемые значения ОВП 200 – 350 мВ. Измерение ОВП дает косвенную концентрацию озона в воде. К прямому методу измерения озона относятся калориметрические тесты или спектрофотометрия.

**Обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением.** Микроорганизмы, ДНК которых подвергается влиянию ультрафиолетового излучения с длиной волны от 100 до 400 нм, погибают или становятся неактивными. Волны с длиной 255–265 нм наиболее эффективно разрушают ДНК и РНК; длина волны 280 нм разрушает белки и ферменты.

Таблица 2.7. – Окислительно-восстановительный потенциал и возможные причины, объясняющие его значение

Окислительно-восстановительный потенциал	Характеристика среды	Пояснения
-100–0 мВ	Восстановительная среда	Непригодная область для рыб, аэробных бактерий. Оптимальная для анаэробных бактерий.
0–150 мВ	Слабокислая среда	Плохо аэрируемая вода, постоянная угроза для жизни животных.
150–250 мВ	Окислительная среда, аэриобизис	Хорошо аэрируемая вода, нормальные условия для жизни в УЗВ.
250–350 мВ	Сильная окислительная среда	Очень хорошее снабжение кислородом, незначительное протекание или вообще полное отсутствие процессов восстановления.
350–450 мВ	Завышенный ОВП	Экстремально аэрируемая вода и присутствие органической субстанции (достигается интенсивным озонированием).
450–600 мВ	Экстремально высокий ОВП	Достигается только посредством добавки сильного окислителя. Для УЗВ этот метод не пригоден. При данном ОВП происходит окисление кожного покрова рыб. Производит сильное обеззараживающее действие.

Естественное и искусственное УФ-излучение повреждает микроорганизмы, прямо или косвенно влияя на нуклеиновые кислоты. Прямой ущерб связан с поглощением молекулой ДНК радиации, в результате чего происходит образование фотопродуктов. Коэффициент поглощения у молекул ДНК высок в диапазоне УФ-С (190–280 нм), но уменьшается более чем на три порядка в диапазоне УФ-В (280–320 нм) и ничтожно мал в УФ-А диапазоне (320–400 нм). Эффект излучения в диапазоне УФ-С, наносящий ущерб ДНК, используется в бактерицидных лампах.

Ртутная лампа низкого давления излучает приблизительно 85% своей вырабатываемой энергии в виде монохромного света с длиной 250–270 нм, оптимальной для бактерицидного действия. Солнечное облучение в диапазоне УФ-В прямо или косвенно повреждает молекулы ДНК, в то время как УФ-А диапазон приводит лишь к косвенному ущербу. Только получившие прямые повреждения молекулы ДНК восстанавливаются путем фотореактивации. Повреждения, вызванные волнами в диапазоне УФ-С, часто приводят к образованию димеров из двух молекул пиримидина. Фотопродукты циклобутана пиримидина и пиримидина-пиримидона (6–4) являются двумя основными видами фотоповреждений, образующихся в результате прямого поглощения ДНК излучения в диапазоне УФ-С. После того как все остатки пиримидина связываются друг с другом, ауторепликация нуклеиновой кислоты блокируется, что приводит к невозможности деления мутирующих клеток.

Умеренный уровень энергии ультрафиолетового излучения не оставляет токсичных остаточных продуктов в очищенной воде. Хотя химические соединения изменяются под воздействием радиации, дозы ультрафиолета при дезинфекции слишком малы для получения значительных количеств фотопродуктов. Эта нетоксичность имеет решающее значение, когда выбор делается в пользу метода ультрафиолетового излучения для обеззараживания воды в УЗВ.

*Доза УФ-излучения.* Эффективность УФ-стерилизаторов зависит от многих факторов: интенсивности излучения, глубины проникновения УФ-лучей в воду, размеров организмов. Чем крупнее микроорганизмы, тем устойчивее они к воздействию УФ-лучей. Типичным является время воздействия 10–30 секунд.

Применение ультрафиолетового излучения в сильно замутненной воде, как это часто происходит в системах замкнутого водоснабжения, совершенно неэффективно, поскольку передача УФ-лучей через водную толщу крайне незначительна и такое излучение не способно убивать микроорганизмы. Поэтому для прогнозирования необходимой дозы излучения, проходящей от источника света до целевого

организма, следует определить наименьшее ожидаемое пропускание ультрафиолета в обрабатываемой воде.

Фактическая доза УФ-излучения, применяемая к потоку воды, зависит от скорости водного потока и рабочего объема генератора УФ, интенсивности лампы (включая потери в кварцевом рукаве), пропускания УФ-излучения в воде (% пропускания). Существует два основных типа УФ-стерилизаторов: поверхностные и погружные. Поверхностный состоит из батареи УФ-ламп с отражателями, укрепленными на некоторой высоте от обрабатываемой воды.

Погружные УФ-стерилизаторы представляют собой замкнутый светозащитный корпус с расположенной внутри лампой. Вода закачивается внутрь стерилизатора тонким слоем около 2 см и, проходя вдоль лампы, обеззараживается. Принцип работы УФ-стерилизатора погружного типа представлен на рисунке 2.15.



**Рисунок 2.15.** – Принцип работы погружного УФ-стерилизатора

Погружные стерилизаторы обладают большей степенью надежности, их можно устанавливать в любом месте системы очистки воды и они более безопасны для людей, обслуживающих установку.

## **2.6 Оборудование, применяемое в установках замкнутого водообеспечения**

В настоящее время сложился практически окончательный тип современных промышленных рециркуляционных установок предлагаемых фирмами изготовителями различных стран. Все установки, несмотря на отличия в конструкторских решениях, обладают сходными техническими и технологическими характеристиками, суть которых можно обобщить в следующем виде:

- состав установок включает полный набор блоков, обеспечивающих поддержание оптимальной температуры, содержание кислорода в воде, pH, стерилизацию оборотной воды, механическую и биологическую очистку;
- среднегодовой выход рыбоводной продукции составляет 300–500 кг/м<sup>3</sup>;
- плотность посадки рыбы по отношению к объему воды колеблется в пределах 1:4–1:15;
- ежесуточная подпитка свежей водой не превышает 10% от общего объема системы;
- затраты электроэнергии и воды находятся примерно на одном уровне и составляют для типовых моделей соответственно 5–10 кВт и 30–100 л;
- затраты кормов 1–2 кг на 1 кг выращенной продукции.

Все современные установки с замкнутым циклом водоснабжения представляют собой системы блоков, обеспечивающих все технологические процессы выращивания объектов. Принципиальная схема УЗВ представлена на рисунке 2.16.



Рисунок 2.16. – Схема движения воды в УЗВ

Загрязненная вода из рыбоводных емкостей самотеком по *сливному трубопроводу* попадает на фильтр механической очистки и, после удаления твердых остатков, на фильтр биологической очистки. Вода, очищенная от биогенов, подается в емкость-накопитель, где доводится до заданной температуры с помощью *теплообменника* и насыщается кислородом. С помощью *насосов* или *аэролифтов*, пройдя бактериологическую очистку, вода поступает по *водоподающему*

*трубопроводу* в емкости с рыбой. Поскольку разновидности и способы очистки воды нами были описаны выше, остановимся только на дополнительном оборудовании.

**Терморегуляция.** Для увеличения темпа роста выращиваемых объектов используется подогретая или охлажденная вода. Для изменения температуры подаваемой воды можно использовать водоохлаждательные агрегаты или проточные нагреватели. Там, где невозможно смешивание теплой и холодной воды, передачу тепловой энергии осуществляет *теплообменник*.

Пластинчатые теплообменники в различных исполнениях (с паяным или винтовым соединением) нашли широкое применение в аквакультуре. Количество необходимых пластин и размер пластинчатых теплообменников определяется в соответствии с тепловыми и гидродинамическими требованиями.

Выбор типа *трубопровода* и их поперечного сечения, а также материала зависит от его назначения, общей компоновки сооружения, величины расхода и напора воды.

Расположение трубопровода проектируется исходя из минимальной протяженности трассы. Средняя скорость воды в трубопроводе должна быть не менее 0,8–1 м/с, чтобы наносы не оседали в трубах.

Трубопроводы бывают металлическими, бетонными, железобетонными, асбестоцементными, керамическими, из полимерных и других материалов.

По характеру работы трубы разделяются на *безнапорные*, *полупонапорные* (труба работает под напором, но при неполном заполнении сечения) и *напорные*. Поперечные сечения труб бывают *круглые*, *прямоугольные*, *овальные* и *сводчатые*.

**Гидравлический расчет трубопроводов.** Расход безнапорных трубопроводов производят по формулам 2.1 и 2.2:

$$Q = V\omega \quad (2.1)$$

$$V = C\sqrt{R_i} \quad (2.2)$$

где  $Q$  – расход безнапорных трубопроводов, м<sup>3</sup>/с;

$V$  – скорость течения воды, м/с;

$\omega$  – площадь сечения водотока, м<sup>2</sup>;

$C$  – (скоростной коэффициент) можно определить по формуле Маннинга

(2.3):

$$C = \frac{1}{n} R_i^{\frac{1}{6}} \quad (2.3)$$

Коэффициент шероховатости  $n$  принимают для трубопровода из любого материала = 0,013, что обусловлено наличием в трубах наносов.

Расход и скорость воды в безнапорных трубах при заданном наполнении определяют по формулам 2.4 и 2.5:

$$Q = AQ_0 \quad (2.4)$$

$$V = BV_0 \quad (2.5)$$

где  $Q_0$  – расход при полном заполнении трубы;  
 $V_0$  – скорость при полном заполнении трубы.

Подставляя в формулу (2.1) значение  $V$  из формулы (2.2) при полном заполнении трубы получим:

$$Q_0 = \omega_0 C_0 \sqrt{R_0 i} \quad (2.6)$$

$$V_0 = C_0 \sqrt{R_0 i} \quad (2.7)$$

где  $C_0$  – определяют по формуле (2.3) при полном заполнении трубы.

Модуль расхода рассчитывается по формулам 2.8 и 2.9:

$$K_0 = \omega_0 C_0 \sqrt{R_0 i} = Q_0 / \sqrt{i} \quad (2.8)$$

$$Q = AK_0 \sqrt{i} \quad (2.9)$$

где  $A = Q - Q_0$ ;  
 $i$  – уклон трубы.

Среднюю скорость для трубы определяют по формуле 2.10:

$$V = BQ / 0,785d \quad (2.10)$$

*Водоподающий трубопровод* выполняет функцию подачи чистой воды под давлением из системы водоподготовки в рыбоводные емкости. Состоит из основной магистрали, в которую врезаются отводы с запирающими механизмами, идущие на каждую емкость. Запирающие механизмы (краны, задвижки) необходимы для регулирования тока воды или отсоединения отдельных емкостей от системы в период сортировки или чистки. Диаметр трубопровода может составлять от 32 до 250 мм и зависит от ряда факторов, таких как объем перекачиваемой воды (нормативом для УЗВ считается 10–12 объемов рыбоводных емкостей в сутки), длина трубопровода, наличие изгибов и мощность насоса.



*Сливной трубопровод* в установках замкнутого водообеспечения предназначен для отведения отработанной воды с емкости для выращивания рыбы и подачи ее на системы очистки. Сливной трубопровод так же, как и водоподающий, выполняется из металлических или ПВХ труб, диаметром не менее чем в 1,5–2 раза больше по отношению к водоподающему. Вторым немаловажным фактором является уклон сливных труб, который должен составлять не менее 2 см на метр трубопровода. Данный уклон обеспечивает беспрепятственное прохождение твердых отходов, а также уменьшает естественное обрастание труб.

После прохождения механической и биологической очистки вода в УЗВ попадает в *емкость-накопитель*. Емкость-накопитель предназначена для подготовки и хранения рыбоводно-технической воды. К подготовительным процессам относятся: доведение воды до заданной температуры с помощью теплонесущего элемента, обогащение воды кислородом. К емкости-накопителю подводится трубопровод для подпитки чистой водой, потерянной вследствие очистки и испарения. Объем накопителя, как правило, составляет не менее 10% от объема УЗВ.

**Дегазация.** Одной из основных проблем, возникающих на рыбоводных предприятиях индустриального типа, является газопузырьковая болезнь рыб (ГПЗ), причиной которой является перенасыщение воды газами: молекулярным азотом и в отдельных случаях – кислородом. Газопузырьковая болезнь рыб возникает в индустриальных рыбоводных хозяйствах, а также в инкубационных цехах при заводском методе получения потомства рыб.

Предельно-допустимое насыщение воды азотом для личинок и ранней молоди рыб составляет 105–108%; для взрослых рыб – 110–118%. Насыщение воды кислородом не должно превышать 250–350%.

Предупреждение болезни основано на устранении (снижении до безопасного уровня) избытка растворенных в воде газов. С этой целью используют отстаивание, разбрызгивание воды, пропускание ее через систему ступенек или низконапорную аэрацию воздухом, что обеспечивает выход избытка газов из воды и нормализацию ее газового режима.

*Отстаивание воды* – наиболее экстенсивный способ. Для окончательной нормализации газового режима воды необходимо 18–24 ч.

*Разбрызгивание* воды позволяет снизить избыток растворенных газов на 8–12%. Ее проводят в специальных емкостях – моросильных камерах, а при подаче воды в рыбоводные емкости используют флейты, форсунки, горизонтальные столики или пластины.

В рыбоводных установках с расходом воды до 1 л/с эффективны дегазаторы пластинчатого типа, в которых тонкий слой воды пропускают по наклонным пластинам.

При расходах воды до 4–6 л/с используют кавитационные аэраторы, устанавливаемые в отдельной проточной емкости.

На предприятиях с расходом воды свыше 10 л/сек необходимо применять *низконапорную аэрацию воды* воздухом в специальных устройствах – *дегазаторах*. Это позволяет поддерживать насыщение воды азотом и кислородом на уровне 100–105%.

**Аэрация** – это процесс насыщения воды кислородом. Вода, поступающая на рыбоводные предприятия, зачастую нуждается в дополнительном насыщении кислородом. Аэрация воды может осуществляться естественным или принудительным методом. Естественный метод аэрации заключается в увеличении площади контакта воды с воздухом с помощью установки перфорированных труб, разбивающих поток воды на маленькие струи, либо систем порожистых переливов, где вода течет с высокой скоростью и тонким слоем, подобно горным рекам и ручьям. Такой метод зачастую применяется при ведении рыбоводства в бассейнах под открытым небом, поскольку необходимы большие объемы площадей.

Для УЗВ наиболее актуален принудительный способ аэрации путем установки специализированного оборудования (компрессоры, воздуходувки), в редких случаях – чистым кислородом.

**Компрессор** – энергетическая машина для сжатия и подачи воздуха под давлением. В установках замкнутого водообеспечения используются для подачи воздуха к распылителям, диффузорам, установленным в емкостях. Для каждой установки компрессор подбирается индивидуально, по мощности и времени работы. Значительным минусом воздушных компрессоров можно считать низкую производительность до 6–10 м<sup>3</sup>/ч, что позволяет их использовать только в установках с малым объемом.

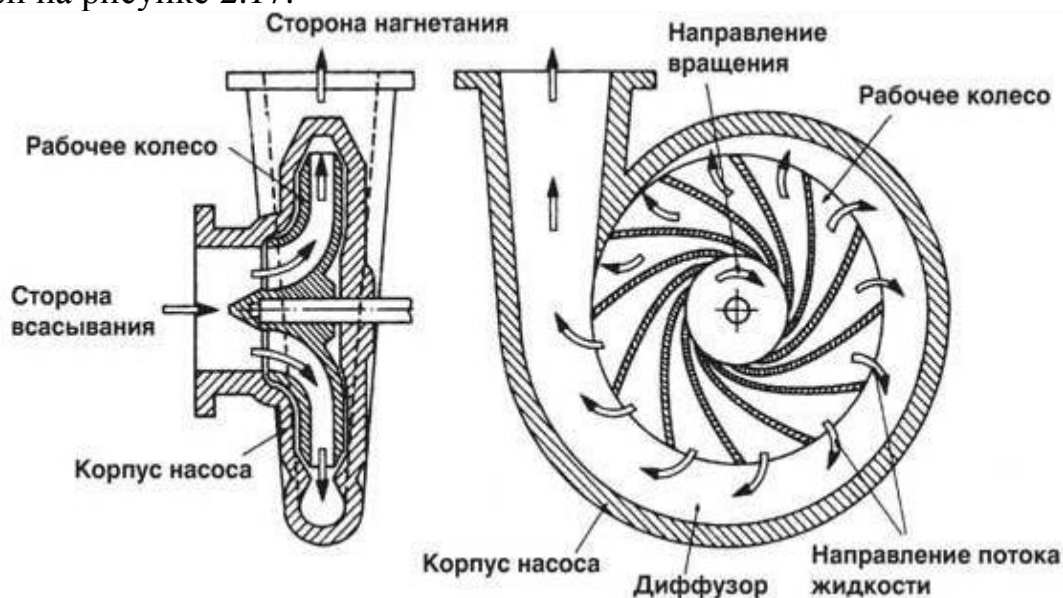
**Воздуходувка** – это агрегат, предназначенный для перемещения воздуха и газов, потребляющий энергию от привода (к примеру, электродвигатель) и передающий ее рабочему органу. Воздуходувка обычно состоит из корпуса, в котором помещен рабочий орган (ротор), закрытый с двух сторон крышками. Основное преимущество воздуходувки – высокая производительность до 300 м<sup>3</sup>/ч при относительно невысоких затратах электроэнергии.

Расчет мощности оборудования для обогащения воды кислородом производится для каждой системы отдельно и зависит от вида рыбы, объема установки и, в частности, биофильтра.

**Насосы и аэролифты** – гидравлические машины, преобразующие механическую энергию приводного двигателя или энергию пото-

ка воздуха в энергию потока жидкости, служащую для перемещения жидкостей всех видов.

В УЗВ наиболее часто для перемещения воды по системе используют лопастные насосы, по причине их высокой производительности и износостойкости. Принцип работы лопастного насоса представлен на рисунке 2.17.



**Рисунок 2.17. – Принцип работы лопастного насоса**

Вода за счет центробежного вращения рабочего колеса, с установленной на нем крыльчаткой, поступает через входное отверстие в корпус насоса и выбрасывается через выходное отверстие под высоким давлением. Производительность таких насосов может достигать 300 м<sup>3</sup>/ч.

В обязательном порядке насос должен быть оснащен обратными клапанами и шаровыми кранами для регулировки количества подаваемой воды. Нельзя закрывать полностью кран на включенном насосе – это приведет к выходу его из строя.

Перед запуском насоса необходимо проверить наличие воды внутри корпуса насоса. В случае ее отсутствия, перед запуском через заливную пробку насоса, корпус насоса и всасывающий трубопровод заполняется водой, и только после этого производится запуск.

Если после нескольких раз полного заполнения корпуса насоса водой не происходит запуск, следует перейти на резервный, а у этого насоса проверить обратный клапан.

Единственным недостатком таких насосов можно считать перегрев в результате непрерывной работы. Для решения данной проблемы используют методику дублирования, когда устанавливается два насоса с попеременным временем работы.

## 2.7 Автоматизация установок замкнутого водообеспечения

*Автоматизация УЗВ* – это совокупность программных и аппаратных средств, применяемых для повышения рентабельности ведения рыбного хозяйства. К аппаратным средствам автоматизации УЗВ относятся: системы автоматического кормления рыб (автокормушки), системы регуляции токов воды, датчики слежения за гидрохимическими показателями воды в УЗВ и др.

Датчики слежения за гидрохимическими показателями воды обеспечивают непрерывный реал-тайм мониторинг следующих параметров воды в каждом бассейне:

1. температура воздуха;
2. температура воды;
3. уровень воды;
4. рН;
5. концентрация растворенного кислорода;
6. электропроводность;
7. концентрация аммония;
8. концентрация нитрита.

*Принцип работы системы автоматизации.* Данные с датчиков, установленных в УЗВ и технологическом оборудовании, поступают в управляющий центр, который в соответствии со встроенными в него алгоритмами регулирования управляет основным технологическим оборудованием. Данные о параметрах воды в УЗВ и работе оборудования отображаются на встроенной панели визуализации, а также передаются через Internet для отображения на смартфонах, планшетах и удаленных компьютерах. Использование современных цифровых датчиков и компонентов автоматики ведущих мировых производителей гарантирует высокую точность измерений и длительную бесперебойную эксплуатацию.

Внедрение современных технологий в традиционные отрасли сельского хозяйства, в частности, аквакультуру, имеет решающее значение в их развитии. Часто строгие требования к мониторингу и контролю, которые формально возложены на человека, должны аккуратно выполняться новыми аппаратными платформами и программным обеспечением.

Максимальный прирост биомассы рыбы позволяет использование автоматических кормушек, имеющих ряд преимуществ:

- сокращение расходов корма, благодаря дозатору;
- защита корма от порчи;
- контроль количества корма;

– контроль времени кормления.

В условиях УЗВ наиболее часто используют следующие виды автоматических кормушек:

1) *Автоматические кормораздатчики марок ЭВОС и ИКВ.* Количество распределяемого корма может регулироваться в пределах от 5 до 50 г/мин. К одному блоку управления можно подсоединять одновременно до 50 кормушек и варьировать количество корма, подаваемого каждой кормушкой. Распределительный диск кормораздатчика вращается со скоростью  $1/6 \text{ мин}^{-1}$ . Это дает возможность даже очень малое количество корма распределять в течение длительного периода времени, предотвращая его потери. С помощью блока интервалы времени между кормлениями и продолжительностью этого процесса можно изменять в пределах от 0,2 до 3,0 ч.

Автоматический кормораздатчик ИКВ предназначен для раздачи гранулированного корма в бассейне площадью до  $4 \text{ м}^2$ . Он применяется для кормления личинок, мальков и молоди. Его технические характеристики представлены в таблице 2.8:

Таблица 2.8. – Технические характеристики автоматического кормораздатчика ИВК

Показатель	Значение
Производительность (г/мин ) при размерах гранул от 0,25 до 1 мм	1,25
Объем бункера, л	4,5
Скорость вращения питателя, рад/с (мин-1)	0,021(0,2)
Потребляемая мощность, Вт	14
Напряжение питания, В	127±10%
Частота питающего блока, Гц	50±10%
Габаритные размеры, мм	500x240x6
Масса, кг	6

2) *Шнековая автокормушка Multi Pro Feeder H500* предназначена для кормления разновозрастной рыбы гранулированным комбикормом в заданные интервалы времени. Использование шнека (спирали) позволяет осуществлять точную дозировку корма различной фракции. Корм из бункера попадает в кормораздатчик, выполненный из прочного пластика, внутри которого находится шнек из нержавеющей стали. Шнек приводит в действие электрический тихоходный мотор с большим крутящим моментом и безопасным напряжением (12В). Управление кормушкой производится с помощью автоматики. Корм используют гранулированный с размером гранул от 1-го до 10 мм. Может использоваться с бункерами объемом 1,5, 3, 7, 15, 30, 60 или 100 литров. Бункер с кормораздатчиком устанавливается на специальные крепления непосредственно над водоемом или бассейном.

3) *Multi ProFeeder Industrial* – автоматический кормораздатчик для использования в промышленных автоматических системах разведения рыбы: для кормления рыб в УЗВ и прудах. Может применяться при выращивании мальков и товарной рыбы. Кормораздатчик обладает простой настройкой параметров, интеллектуальной программой с функцией ежедневного автоматического прироста дозы подаваемого корма и возможностью подключения к общей системе производства. Это позволяет через интернет управлять одним или сразу несколькими кормораздатчиками. Производится с двумя типами электропитания: 12 или 220В в зависимости от типа электрического привода кормораздатчика.

4) *Автоматический кормораздатчик с механизмом ссыпания Omega*. Профессиональный автоматический кормораздатчик предназначен для использования в рыбоводческих хозяйствах. Может использоваться как в УЗВ, так и в открытых водоемах.

Отличительной особенностью данной модели является большое количество вариантов комплектации. С помощью предлагаемых разбрасывателей и насадок, а также использования тихоходных электродвигателей, производитель может комплектовать автокормушку для работы с кормами разной фракции: от 0,5 до 10 мм, настроить необходимую скорость подачи корма: от 100 г/мин. до 2000 г/мин.

Питание автокормушки может быть как автономным (аккумулятор 12 В и солнечная батарея), так и стационарным – 220 В.

Использование вышеприведенного оборудования позволит в значительной мере повысить продуктивность и рентабельность выращивания клариевого сома, но при этом возрастают и капитальные затраты на строительство.

### **3. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ И КОРМЛЕНИЯ КЛАРИЕВОГО СОМА В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДООБЕСПЕЧЕНИЯ**

Ключевыми факторами при выращивании товарного клариевого сома являются: кормление сбалансированными кормами, температурный и гидрохимический режим, а также плотность посадки и своевременная сортировка.

Современные технологии интенсификации ведения промышленного рыбного хозяйства и автоматизация установок замкнутого водообеспечения позволяют выращивать клариевый сом от 1 грамма до товарной массы 1 килограмм всего за шесть месяцев (180 суток), но это в идеальных условиях и при использовании комбикормов с кормовым коэффициентом 0,9–1. Нормой для предприятий со стандартными УЗВ и комбикормами с кормовым коэффициентом 1,3–1,6 можно считать 9 месяцев (270 суток).

Производственный процесс выращивания рыб начинается с зарыбления установки мальком. Обычно вес малька клариевого сома составляет от 5 до 10 грамм, обуславливается это его высокой выживаемостью при транспортировке и способность питаться искусственными гранулированными комбикормами.

На базе Полесского государственного университета в период с 2016 по 2019 год разработана технология выращивания клариевого сома, позволяющая выращивать товарную рыбу за 200–210 суток. Ключевые технологические этапы выращивания клариевого сома представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. – Технологические этапы выращивания клариевого сома

№ этапа	Длительность этапа, сут.	Начальная масса рыбы, г	Конечная масса рыбы, г	Смертность, %
1	20	5–10	50	7
2	30	50	200	5
3	30	200	350	2,5
4	30	350	500	2,5
5	30	500	750	1,5
6	30	750	900	1,5
7	30	900	1100–1200	0

В конце 7-го цикла выращивания выход товарной рыбы составил 75–80% от начального количества посаженной молоди. Рыбопродуктивность составила 200–250 кг/м<sup>3</sup>.

При выращивании клариевого сома в установках с замкнутым циклом водообеспечения возможно применение полициклической технологии, основанной на многократном получении в течение года посадочного материала и товарной продукции. Полициклическая технология исключает пиковые нагрузки на УЗВ по количеству поступающих загрязнений (наблюдаемые в режиме однократного съема продукции). Благодаря постепенному съему продукции и одновременной новой посадке на выращивание более мелкой группы рыб обеспечивается равномерная нагрузка на биологические фильтры. Такой режим способствует более стабильной работе блока биологической очистки по удалению загрязнений и снижению органической нагрузки на биофильтры.

С применением технологии полициклического выращивания общая рыбопродуктивность в УЗВ за календарный год возрастает до 400–500 кг/м<sup>3</sup>. Поскольку зарыбление производится от 2 до 12 раз в год в зависимости от мощности предприятия, соответственно, рыбоводные емкости используются круглогодично и позволяют выращивать 2 полных рыбоводных цикла.

Столь высокие результаты достигаются благодаря соблюдению ряда условий и параметров при выращивании товарного клариевого сома в УЗВ (см. главы 3.1–3.2 и 3.5).

### **3.1 Влияние гидрохимического, температурного и газового режимов на рост и развитие клариевого сома**

Темп роста и самочувствие клариевого сома напрямую зависят от ряда факторов окружающей среды, к которым относятся: температура, содержание растворенного кислорода, уровень кислотно-щелочного баланса pH, содержание аммиак/аммоний (NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>), нитратов (NO<sub>3</sub>), нитритов (NO<sub>2</sub>), фосфатов (PO<sub>4</sub>) и железа (Fe).

*Температура воды* является наиболее важным и значимым фактором окружающей среды при товарном выращивании рыб. Температурный диапазон жизнедеятельности у рыб закрепляется наследственно, но в его пределах может протекать более высокий или низкий обмен веществ. Это объясняется тем, что в тканях с повышением температуры интенсивность окислительных процессов увеличивается, и, как следствие, повышается потребление организмом кислорода. Следовательно, с изменением температуры воды очень сильно изменяется и газообмен рыбы.



Температура воды влияет на жизнедеятельность организма, в частности, на процессы обмена веществ и поведение сома.

Клариевый сом обладает высоким диапазоном кратковременно переносимых температур от 8 до 35 °С. При температуре воды ниже 8 °С клариевый сом погибает в течение нескольких часов, при температуре воды 15 °С смерть наступает в течение 48 часов. Питаться сом перестает при температуре ниже 20 °С. Верхний порог питания для клариевого сома составляет 30 °С, а при температуре 35 °С рыба погибает за 2–3 часа.

Данные по влиянию температуры на темп роста клариевого сома представлены на рисунке 3.1.

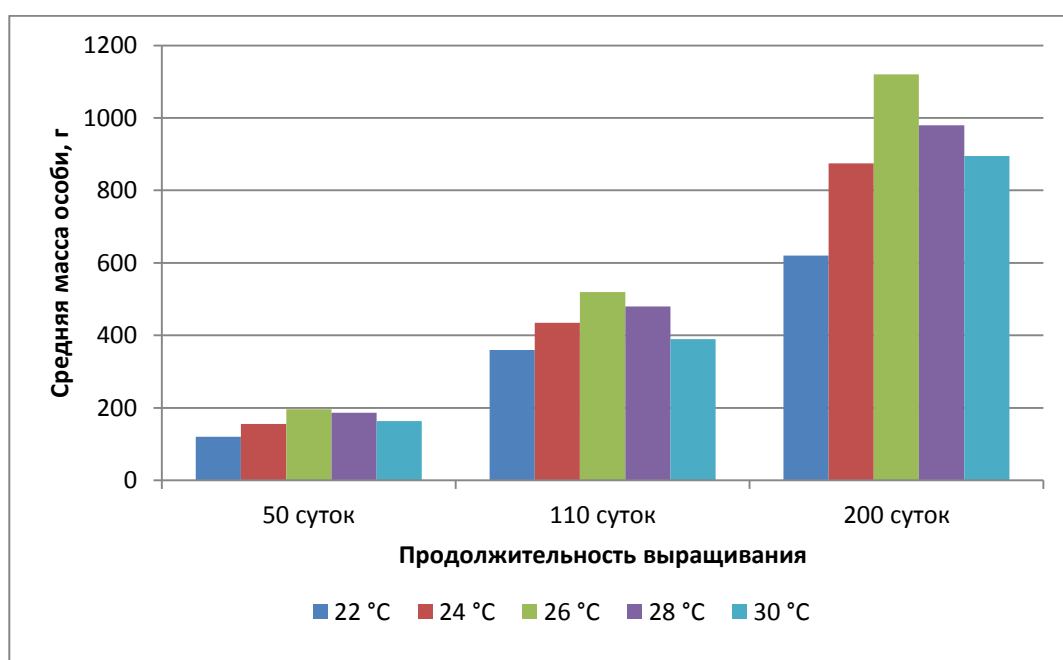


Рисунок 3.1. – Влияние температуры на темп роста клариевого сома

При температуре воды 25–26 °С у клариевого сома наблюдается максимальный темп роста: при зарыблении молодь массой 10 г за 200 суток конечная средняя масса особи составила 1100–1200 г. Неплохие приросты наблюдались при температуре 24, 28 и 30 °С с конечной средней массой особи 900–1000 г. При 22 °С наблюдается снижение прироста клариевого сома до 600–700 г за 200 суток, что на 30–40% ниже, чем при более высокой температуре. При низких температурах у клариевого сома наблюдается вялое поведение и значительно снижается активность поедания кормов.

*Содержание в воде растворенного кислорода* при товарном выращивании клариевого сома должно составлять от 3 до 6 мг/л.

Столь низкие значения, по отношению к другим рыбам, характеризуются способностью клариевого сома активно использовать для дыхания атмосферный кислород, который может удовлетворить потребность в кислороде у взрослой рыбы на 95%.

Клариевый сом легко переносит долгосрочное снижение содержания растворенного в воде кислорода в пределах 2 мг/л или кратковременное (до 20 часов) полное его отсутствие.

Столь феноменальные способности переносить низкие концентрации растворенного в воде кислорода позволяют выращивать сома при плотностях до 250–300 кг/м<sup>3</sup>, а также производить транспортировку в емкостях, не оборудованных системами аэрации на расстояния до 1000 км. Существуют технологии безводной транспортировки, при которой особей клариевого сома помещают в лотки со специальным влагоудерживающим субстратом. Безводная транспортировка применяется при перевозках авиатранспортом или автотранспортом на короткие расстояния до 300 км. Ключевым параметром при данном виде транспортировки является поддержание оптимальной температуры и доступ к чистому атмосферному воздуху.

Оптимальная *соленость* для клариевого сома составляет 0–2,5‰, при этом он способен кратковременно переносить повышение солености до 12‰.

При товарном выращивании немаловажным параметром является *уровень кислотно-щелочного баланса воды (рН)*. Изменения концентрации водородных ионов влияет на выживаемость рыб, интенсивность питания, степень усвоения корма, рост, уровень газообмена и другие жизненные процессы. При выращивании различных видов рыб в хозяйствах индустриального типа концентрация водородных ионов в пределах 6–8 не вызывает отрицательных явлений, однако оптимальной величиной рН считается 6,5–7,5. Клариевый сом обладает широким пределом толерантности по отношению к рН и оптимальной величиной для него является 6–8,5, летальный исход регистрируется при значении рН менее 4 или более 11.

*Влияние освещенности.* Свет является одним из обязательных условий существования водных организмов. Освещение влияет на обмен веществ, суточный режим активности, ритм питания и др. Освещенность имеет большое значение для развития рыб. У многих видов рыб, если развитие проходит в несвойственных им световых условиях, нарушается нормальный ход обмена веществ. Клариевый сом любит затененные участки и старается минимально находиться под обильным освещением. При товарном выращивании освещение должно находиться на минимальном уровне или емкости с рыбой необходимо укрывать светозащитными крышками.

Такой параметр, как *мутность* воды, для клариевого сома малокритичен в силу хорошо развитых органов обоняния и осязания, он себя отлично чувствует в среде с непрозрачной водой.

К основным токсичным веществам, влияющим на рыбопродуктивность и в целом на физиологическое состояние рыб, можно отнести:

– *Аммиак/аммоний ( $NH_3/NH_4$ )* – основной продукт метаболизма всех рыб, являющийся наиболее опасным токсическим соединением, постоянно выделяющимся в воду в процессе жизнедеятельности рыб. Является нестабильным соединением и быстро окисляется до нитритов. Нормативные требования до 0,5 мг/л.

– *Нитриты ( $NO_2$ )* – в основном образуются в результате окисления аммиака, содержащегося в воде, бактериями нитромонадами и по своей сути является переходной формой в процессе окисления нитратов. В воде накапливается очень в незначительных количествах из-за своей нестабильности и летучести. Нормативный показатель до 0,1 мг/л.

– *Нитраты ( $NO_3$ )* – конечный продукт окисления азотистых соединений в результате деятельности нитробактерий. Нитраты в отличие от остальных азотистых соединений наиболее стабильны и самопроизвольно не распадаются и не окисляются. Удалить из воды нитраты можно только с помощью химических реакций, что не применимо в рыбоводстве. Поэтому при выращивании рыбы в УЗВ используется частичная ежедневная подмена воды в объеме до 10% от общего объема, что, в свою очередь, позволяет поддерживать его содержание в пределах нормы – 2 мг/л.

Поскольку взрослые клариевые сомы двоякодышащие, они способны кратковременно (до 48 часов) выдерживать повышения нормативных показателей содержания азотистых соединений в 2–3 раза.

– *Фосфаты ( $PO_4$ )* – наименее опасное соединение из всех перечисленных. Сам по себе фосфор является одним из основополагающих элементов жизни, но при высоких концентрациях в воде вызывает бурное развитие бактерий и водорослей, те, в свою очередь, обильно потребляют кислород, вызывая «цветение воды», после чего погибают и тем самым ухудшают гидрохимический режим в бассейне.

– *Железо ( $Fe$ )*. Растворенное в воде железо окисляется до оксида железа  $FeO$ , а затем до нерастворимого буро-красного осадка  $Fe_2O_3$ . В процессе окисления железо забирает растворенный в воде кислород, тем самым отрицательно влияя на гидрохимический режим. Железо может оседать на жабрах рыб и вызвать асфиксию, приводящую к гибели. Кроме этого на поврежденном оксидом железа эпителии жабр активно развивается патогенная микрофлора, способная вызывать

различные заболевания. Этот факт особо критичен в условиях УЗВ из-за высокой температуры воды и плотности посадки рыбы.

Соблюдение всех вышеперечисленных параметров при выращивании клариевого сома в условиях УЗВ позволит добиться максимального темпа роста при минимальных затратах кормов.

### 3.2 Плотность посадки и сортировка клариевого сома

В условиях индустриального рыбоводства плотность посадки (концентрация рыб на единице площади рыбоводной емкости) является важнейшим экологическим фактором. Чем выше концентрация выращиваемых рыб, тем выше экономическая отдача площади рыбоводной емкости. По мере увеличения плотности посадки рыб возрастает потребность в кислороде и необходимость отвода продуктов обмена, то есть возрастает потребность в усилении подачи воды и проточности.

При создании максимальной посадки рыбы в индустриальных хозяйствах следует создавать условия, при которых рыба должны быть достаточно обеспечена кислородом. При этом следует учитывать, что потребление рыбой кислорода прямо пропорционально температуре воды и обратно пропорционально массе рыбы. Эту зависимость можно выразить уравнением 3.1:

$$Q = a \times W^k \quad (3.1)$$

где  $Q$  – потребность в кислороде, мг/кг\*ч;  
 $a$  – коэффициент потребления кислорода рыбой массой 1 г;  
 $k$  – коэффициент изменения потребления кислорода рыбой разного размера;  
 $W$  – масса рыбы, кг.

На основании данных о поступлении и расходе кислорода может быть составлено следующее уравнение 3.2 баланса кислорода в рыбоводной емкости:

$$z(O_2^{II} - O_2^I) \times nV = O_{2cn} \times P \quad (3.2)$$

где  $z$  – количество кислорода, используемого для дыхания, где  $l=100$  %;  
 $O_2^{II}$  и  $O_2^I$  – содержание растворенного кислорода на входе и выходе, мг/л;  
 $n$  – число смен воды в бассейне, раз/час;  
 $V$  – рабочий объем бассейна, м<sup>3</sup>;  
 $O_{2cn}$  – специфическое потребление кислорода клариевым сомом, мг/кг\*ч;  
 $P$  – общая масса рыбы в рыбоводной емкости, кг.

Количество кислорода, используемого для дыхания ( $z$ ) клариевым сомом, изменяется в зависимости от возраста. На личиночной стадии дыхание происходит только за счет жабр, при этом потребление содержащегося в воде кислорода составляет до 90% (10% на окислительные реакции органических веществ, содержащихся в воде). В возрасте 0,5–1 месяца при массе 0,5 г личинки переходят на дыхание атмосферным кислородом за счет органа клария, при этом количество потребляемого кислорода из воды падает и доходит до 5–10% от потребления на взрослой стадии.

Плотность посадки клариевого сома в рыбоводную емкость можно выразить формулой 3.3:

$$W = P \times V \quad (3.3)$$

где  $W$  – плотность посадки рыбы, кг/м<sup>3</sup>;

$P$  – общая масса рыбы, кг;

$V$  – объем рыбоводной емкости, м<sup>3</sup>.

Пользуясь уравнением (3.1) и формулой (3.3), выражая рабочий объем в литрах, можно рассчитать плотность посадки рыбы по заданной проточности по формуле 3.4:

$$W = \frac{z(O_2^{II} - O_2^I)1000n}{O_{2cn}} \quad (3.4)$$

где  $n$  – заданное значение проточности (интенсивность водообмена), раз/час.

Интенсивность водообмена непосредственно связана с расходом воды и рассчитывается по формуле 3.5:

$$Q = \frac{nV}{3600} \quad (3.5)$$

где  $Q$  – расход воды, л/с;

$V$  – объем рыбоводной емкости, м<sup>3</sup>.

Следовательно, общий расход воды (формула 3.6), необходимый для выращивания определенного количества клариевого сома, имеющего конкретную индивидуальную массу при конкретной температуре, составит:

$$Q = \frac{PO_{2cn}}{(O_2^{II} - O_2^I)z} \quad (3.6)$$

Расчеты, проведенные по уравнению кислородного баланса в рыбоводной емкости, могут служить для установления конкретной плотности посадки и интенсивности водообмена в зависимости от температуры воды, индивидуальной массы рыбы, качества комбикорма и воды.

Существует метод определения плотности посадки, основанный на том, что концентрация рыбы, или плотность посадки, определяется количеством кислорода, необходимого для окисления суточной нормы корма. Как известно, спокойная, не питающаяся рыба потребляет меньше кислорода, чем активная. Потребление кислорода резко возрастает у питающихся рыб за счет усиления обмена веществ, окисления съеденного корма и выделения продуктов метаболизма. Возможное количество корма, которое может быть использовано рыбой при определенном содержании кислорода в воде, может быть вычислено по формуле 3.7:

$$X = \frac{(O_2^{II} - O_2^I)1,44y}{220} \quad (3.7)$$

где  $X$  – количество корма, кг/сут.;  
 $y$  – проточность, л/мин;  
 1,44 – количество воды в сутки при интенсивности подачи 1 л/мин, т;  
 220 – необходимое количество кислорода для усвоения рыбой 1 кг гранулированного корма с калорийностью 2600–2800 ккал/г (определено на основании опытных данных).

Установив количество корма, которое может быть использовано при данном количестве кислорода, определяют возможное количество рыбы в рыбоводной емкости и плотность посадки. При этом используют кормовые таблицы, в которых показана суточная норма кормления (%) в зависимости от массы тела и температуры воды.

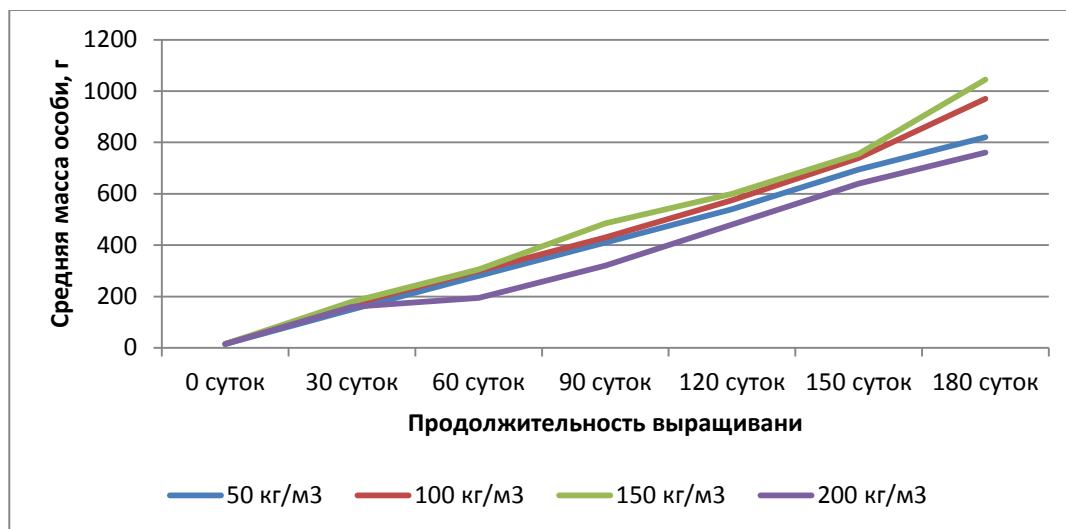
Благодаря толерантности клариевого сома к условиям обитания, в условиях установок замкнутого водообеспечения возможна высокая плотность посадки на всех этапах выращивания.

Для определения степени влияния плотности посадки на темп роста клариевого сома проводилась серия экспериментов, при которых все особи содержались в одинаковых условиях (температура воды – 25–26 °С, содержание кислорода – 6 мг/л, кормление гранулированными кормами с содержанием протеина – 42%, с двухразовым кормлением и рационом – 1% от массы в сутки).

Отличием являлась только плотность посадки, которая составляла в начале этапа:

- 1 группа – 50 кг/м<sup>3</sup>;
- 2 группа – 100 кг/м<sup>3</sup>;
- 3 группа – 150 кг/м<sup>3</sup>;
- 4 группа – 200 кг/м<sup>3</sup>.

Взвешивание производилось в конце каждого этапа, после чего определялся прирост и средняя масса рыбы (рисунок 3.2).



**Рисунок 3.2. – Влияние плотности посадки на темп роста клариевого сома**

Из графика видно, что наибольший темп роста фиксируется у групп с плотностями посадки 100 и 150 кг/м<sup>3</sup>. Связано это с эффективностью поедания кормов, поскольку в результате проведения экспериментов наблюдалось наиболее быстрое поедание кормов в данных группах. В группе с плотностью посадки 50 кг/м<sup>3</sup> сомы поедали корм менее интенсивно, часть кормов была не съедена и вымывалась в систему очистки. При плотности посадки 200 кг/м<sup>3</sup> корма поедались интенсивно, но за счет высокой конкуренции более крупные особи съедали большую часть кормов, что сказалось на разнице массы в группе. Вторым недостатком можно назвать большую скученность, значительно ухудшающую гидрохимический режим воды, тем самым увеличивая смертность рыб.

Согласно разработанной технологии, в начале этапа плотность составляет 100–150 кг рыбы/м<sup>3</sup>, в конце этапа 250–300 кг рыбы/м<sup>3</sup>. Данные плотности посадки считаются наиболее оптимальными, они базируются на данных темпов роста рыб и количества затрат на водо-подготовку.

Расчетные плотности посадки клариевого сома в УЗВ представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. – Плотности посадки клариевого сома в зависимости от средней массы

№ этапа	Длительность этапа, сут.	Начальная масса рыбы, г	Конечная масса рыбы, г	Плотность посадки, особей/м <sup>3</sup> *
1	20	5–10	50	5000
2	30	50	200	1300
3	30	200	350	700
4	30	350	500	600
5	30	500	750	400
6	30	750	900	350
7	30	900	1100–1200	300

Примечание – \*Плотность посадки на начало этапа с учетом смертности.

Вторым этапом исследований являлся этап по определению влияния сортировки на равномерность роста популяции и проявление каннибализма.

При товарном выращивании клариевого сома наблюдается неравномерность роста особей одного возраста, к примеру, разница в массе за один 30-ти дневной этап выращивания может составлять до 50–100 г. При полном цикле эта цифра доходит до 500–700 г. Фиксировались различия при товарном выращивании клариевого сома с начальной массой 50 г, к концу 7-ми месячного цикла вес варьировал от 350 до 1700 г, при этом средняя масса выборки составляла 820 г при норме 1000 г.

Механизм данного проявления достаточно прост. Более крупные особи первые подходят к кормежке и съедают большую часть внесенных кормов, тем самым увеличивают свой рацион с 3 до 5–7% и снижают его у остальных рыб до 0,5–1%. Рацион кормления менее 2% от массы тела у клариевого сома можно считать поддерживающим, практически вся энергия, полученная от корма, идет на поддержание жизненных функций организма, а не на массонакопление. В результате эффективность выращивания сильно снижается, что приводит к повышению себестоимости продукции.

Внутривидовые взаимоотношения рыб при индустриальном выращивании проявляются, прежде всего, в конкуренции, которая в основном возникает из-за пищи. Неодинаковая обеспеченность рыб пищей, а также ряд других факторов приводят к образованию разноразмерных групп. Неоднородность в темпе роста может привести к возникновению *каннибализма*. Проявление каннибализма у рыб довольно частое, особенно в природе или при выращивании рыбы прудовым

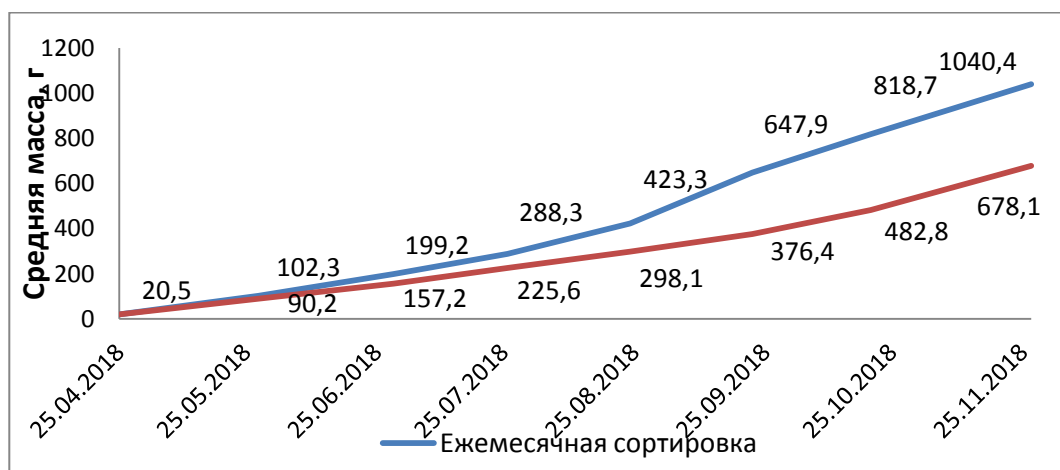


методом, и в основном характеризуется поеданием производителями потомства, или крупной рыбой молоди во время жора у хищников.

У клариевых сомов можно выделить две волны каннибализма: первая проявляется на стадии малька при массе от 1 до 20 г, вторая – в период активного роста и до наступления половой зрелости при массе от 100 до 1000 г.

Наиболее эффективным решением данной проблемы является своевременная *сортировка*. Основными критериями для проведения сортировки являются размерно-весовые показатели.

Проведя ряд исследований по определению периодичности сортировки и размерно-весовых показателей, при которых неравномерность роста и каннибализм проявляются в меньшей степени, было выявлено, что при проведении ежемесячной сортировки с созданием групп с различием масс в пределах 100 г практически полностью исчезают случаи каннибализма и значительно повышается темп роста. На рисунке 3.3 представлены данные по темпу роста клариевого сома с ежемесячной сортировкой и без проведения сортировки.



**Рисунок 3.3. – Темп роста клариевого сома с ежемесячной сортировкой и без нее**

Согласно графическим показателям, можно утверждать, что рост клариевого сома при проведении ежемесячной сортировки значительно выше: средняя конечная масса особей составляет 1040 г по отношению к 678 г. Помимо увеличения темпов роста, снижается разноразмерность в выборке. К примеру, при выращивании рыбы с проведением сортировок различия в массе особей составляли не более 200 г, по отношению к выращиванию без сортировок с различием масс до 400 г. Это говорит о негативном угнетающем влиянии разноразмерных одновозрастных особей друг на друга.

При проведении сортировок проявления каннибализма снизились с 14% до 2% (количество погибших особей на 100 посаженных), что также свидетельствует в пользу их проведения.

Наиболее эффективные результаты были получены при ежемесячной сортировке на несколько групп с различием масс в группе не более 150–200 на момент начала второго этапа.

Для сортировки рыбы в хозяйствах индустриального типа используют различные устройства. Для небольшого и среднего объема икры и молоди применяются ручные регулируемые сортировочные аппараты. Рама изготовлена из дерева. Расстояние между прутьями регулируется ступенчато в миллиметровом диапазоне с помощью ручки.

Наиболее подходящей для клариевого сома является сортировочная машина Est Faivre, которая представляет собой неподвижный канал из нержавеющей стали с направляющими рыбу нейлоновыми пальцами, расположенными в нижней части канала. Если расширяющаяся щель между боковыми стенками достаточно широка, то рыба падает вниз в одну из секций.

На современных рыбоводных предприятиях для учета рыбы применяются специальные счетные устройства. Их использование сводит к минимуму стрессовые воздействия на рыбу, так как во время подсчета она находится в водной среде. Счетные машины могут входить в комплектацию сортировочных устройств.

### **3.3 Общая характеристика и классификация кормов**

В индустриальном рыбоводстве интенсивность роста рыбы зависит от своевременного кормления и качественных комбикормов.

Этого можно достигнуть за счет применения полноценных кормов, сбалансированных по аминокислотному составу, минеральным веществам, витаминам, а также за счет совершенствования способов их изготовления.

В настоящее время разработанные рецептуры комбикормов различаются своим составом и размерами гранул в зависимости от выращиваемого вида рыбы, их возраста и температуры воды.

Традиционно в аквакультуре используют живые и комбинированные корма. Чаще всего живые корма применяют на личиночных стадиях развития рыбы, а комбинированные – на всех этапах ее выращивания. Поэтому в зависимости от стадий развития рыб или целей их выращивания (посадочный материал, производители, товарная продукция) комбикорма классифицируются на: стартовые, мальковые

или ростовые, продукционные, репродуктивные и специального назначения.

Стартовые корма используют для кормления личинок и мальков массой до 5 г. Характерной особенностью этих кормов является высокое содержание протеина, жира и переваримой (ассимилированной) энергии. В составе стартового корма преобладают компоненты животного происхождения.

Производство стартовых кормов для ценных видов рыб – это сложный технологический процесс, который связан с подбором качественного сырья и балансированием кормосмеси по химическому составу. Для изготовления качественных стартовых кормов применяется специфическое дорогостоящее оборудование.

На предприятиях нашей страны, в силу отсутствия необходимого оборудования, стартовые комбикорма для рыб не производятся. Закупка дорогостоящего оборудования для производства таких кормов также является нецелесообразной, поскольку стартовые корма для рыб используются в небольших объемах и их производство будет малорентабельным.

Мальковые или ростовые комбикорма должны обеспечивать нормальное развитие и физиологическое состояние выращиваемого рыбопосадочного материала, высокую интенсивность роста молоди, накопление в их теле питательных веществ и энергии для благоприятной транспортировки мальков на дальние расстояния.

Продукционные комбикорма применяются для выращивания товарной рыбы. В кормах для товарного выращивания из-за сокращения доли рыбной муки содержание компонентов животного происхождения значительно меньше, чем в стартовых кормах. Сочетание белков различного происхождения повышает питательную ценность корма.

Репродукционные комбикорма необходимы для выращивания ремонтно-маточных стад. Корма для ремонтно-маточных стад и производителей должны обеспечивать, наряду с хорошим ростом рыб, нормальное развитие и функционирование воспроизводительной системы.

Комбикорма специального назначения применяются с конкретной целью и в определенный период выращивания (лечебно-профилактические, антистрессовые, пигментирующие и т.д.).

При промышленном производстве посадочного материала и товарном выращивании рыб, как правило, используют сухие комбикорма – гранулированные, экструдированные, экспандированные, в ограниченных масштабах могут применять и влажные пастообразные корма.

Пастообразный корм готовят непосредственно в кормоцехе хозяйства. Влажные корма можно использовать для кормления практически всех объектов аквакультуры. Приготовление пастообразного корма в хозяйствах позволяет максимально использовать местные сырьевые ресурсы (фарш из малоценных рыб, отходы переработки рыб, скота, птиц и др.). Смешивание компонентов производится различными механизмами – кормосмесителями.

Пастообразные комбикорма обладают рядом недостатков, отрицательно влияющих на их качество при хранении и перевозках: слеживание, самосогревание, плесневение, а при продолжительном хранении наблюдаются значительные потери их питательной ценности. При погружении в воду значительная часть кормов взмучивается, размывается водой и безвозвратно теряется. Имеют место большие потери питательных веществ за счет вымывания (экстрагирования) и выщелачивания их водой. В целом, применение пастообразных кормов может привести к ухудшению гидрохимических режимов воды. Поэтому предпочтительнее использовать сухие гранулированные корма.

Гранулированные комбикорма для объектов аквакультуры производятся не только промышленным способом, но их также можно изготавливать непосредственно в хозяйствах. Сущность процесса гранулирования заключается в обработке рассыпной кормосмеси сухим паром и продавливанием ее через матрицу пресса-гранулятора при повышенных температуре и давлении с последующим охлаждением образовавшихся гранул до комнатной температуры в охлаждающей колонке. Гранулы представляют собой агломерат корма и имеют форму цилиндра. В зависимости от вида и возраста рыб их диаметр изменяется обычно от 2 до 8 мм и более.

Основные рыбоводные требования, предъявляемые к качеству гранулированных комбикормов для рыб, заключаются в следующем:

- гранулы кормов должны обладать водостойкостью, т.е. до поедания их рыбой должны сохранять первоначальную форму и питательные вещества;
- быстро набухать для обеспечения контакта питательных веществ с пищеварительными соками;
- содержать минимальное количество крошки и мучнистых частиц;
- обладать определенной прочностью и не разрушаться при транспортировке.

Гранулированные корма по сравнению с пастообразными комбикормами имеют следующие преимущества:

- меньше расход на единицу прироста рыбы;

– облегчение процессов витаминизации комбикормов и возможность включения в их состав гормональных и лечебных препаратов, различных стимуляторов роста, аминокислот, антибиотиков;

– значительное замедление процессов экстрагирования питательных веществ в воде;

– более полное сохранение питательной ценности при длительном хранении.

На отечественных комбикормовых заводах технология сухого прессования, как наиболее простая и наименее энергоемкая, до сих пор является доминирующей. Однако во многих странах с развитым кормопроизводством все большее распространение получают технологии глубокой переработки кормового сырья, такие как *экструдирование и экспандирование*.

Помимо вышеперечисленных технологий обработки сырья в эту группу относятся: *топширование, микронизация, флакирование, инкапсулирование*. Основное преимущество прогрессивных технологий заключается в повышении доступности питательных веществ организму животных, инактивации ингибиторов пищеварительных ферментов, содержащихся в сырье, стерилизации получаемой продукции благодаря глубокой гидробаротермической обработке.

**Процесс экструзии** – влажное прессование сырья, подвергнутого одновременному воздействию повышенной температуры, давления и влаги. Экструзия включает 4 технологических этапа: загрузку, сжатие, гомогенизацию и собственно экструзию. В зоне сжатия происходит разрушение клеточной продукта, благодаря чему он приобретает вязко-эластичное состояние. В зоне гомогенизации продукт приобретает вязко-текучее состояние.

По сравнению с другими способами влаготепловой обработки экструзия дает более ощутимое повышение питательности исходного сырья и, в первую очередь, резко возрастает переваримость углеводов – наименее доступной для рыб части кормового сырья. Этот эффект достигается в основном за счет глубокой желатинизации крахмала, деструкции и модификации лигноцеллюлозного комплекса.

Особенно эффективна эта технология для комбикормов, в которые входят зерновые, жмыхи и шроты и ограничивается уровень ввода жира.

В зависимости от технологических условий плотность экструдатов может варьировать в широких пределах, поэтому для рыб с помощью экструдеров могут вырабатываться как плавающие корма, так и тонущие с различной скоростью.

Существует *три типа экструдеров*:

– экструдеры, основанные на принципе кратковременного высокотемпературного воздействия;

– экструдеры, основанные на применении высокого давления;  
– экструдеры, в которых осуществляется обработка сырья только за счет трения без применения пара или воды.

С помощью такого оборудования можно производить плавающие корма для ценных видов рыб при условии, что готовый экструдат впрессовывается через матрицу и формируется в виде гранул. Данное оборудование можно устанавливать на небольших фермерских хозяйствах, где кормление рыбы осуществляется вручную.

*Экспандирование* сходно с экструзией, но гидротермическая обработка продукта под давлением проводится при влажности до 26%, что позволяет вводить жидкие компоненты, а температуру можно регулировать. Эффект примерно тот же, что и при экструдировании. В готовой продукции улучшаются питательность и санитарные показатели: переваримость протеина – на 10–20%, общая грибковая и бактериальная обсемененность снижаются – на 85–95%, инактивируется патогенная микрофлора. Предварительная подготовка зерна позволяет резко повысить качество комбикормов, что, в свою очередь, снижает их расход на единицу прироста рыб, позволяет с минимальными затратами получать высококачественную продукцию. Экспандирование и экструдирование сырья позволяют увеличить водостойкость выпускаемых кормов практически в два раза, снизить крошимость гранул, повысить их питательную ценность, в целом уменьшить кормовые затраты на единицу прироста рыб.

### **3.4 Потребность клариевого сома в питательных веществах и основных компонентах корма**

Рыбы, как и теплокровные животные, нуждаются примерно в 40 различных компонентах, содержащихся в 5 группах питательных веществ: азотсодержащие вещества (белки, аминокислоты и др.), жиры, углеводы, витамины и минеральные вещества. Однако, будучи холоднокровными животными, рыбы расходуют энергию от потребляемой пищи в основном на рост, обновление тканей и жизнедеятельность. Если, например, у такого теплокровного сельскохозяйственного животного, как свинья, на прирост биомассы используется только 28,5% энергии корма, то у форели – 44%.

Энергетическая ценность основных компонентов пищи оценивается следующими величинами (ккал/г): протеин – 5,65, углеводы – 4,15, жиры – 9,40. Однако с учетом доступности и переваримости этих компонентов для рыб в составе различных кормов их энергетическая ценность меньше (ккал/г): протеин – 3,9, углеводы – 2,6, жиры – 8,0.

Питательные органические вещества, поступающие с пищей, требуются сому как материал для синтеза тканей тела, а также в качестве источника энергии для дыхания, движения и других физиологических процессов. Сом, не потребляющий пищу, продолжает расходовать энергию для поддержания жизни, т.е. для механической работы, обусловленной мышечной деятельностью и химической работой, вызванной действием ферментов и гормонов. Эту энергию он получает за счет катаболизма имеющихся в организме веществ, в первую очередь, гликогена, жира и белка.

Все обменные процессы требуют энергии, которую клариевый сом получает из потребленной пищи. Потребленные питательные вещества корма в организме, перевариваясь, выделяют тепловую и свободную энергии. У теплокровных животных тепловая энергия используется для поддержания температуры тела, свободная – на метаболизм. Применительно к пойкилотермным животным (к сому) эти два понятия сливаются, так как на поддержание температуры тела сом не затрачивает энергию.

Общая потенциальная энергия потребленной пищи представляет собой валовую энергию. В процессе переваривания и всасывания питательных веществ часть валовой энергии теряется из организма в виде непереваренных остатков, а невыделенная часть потребленной энергии используется в организме для разнообразных целей и называется обменной энергией.

У клариевого сома, как и у других видов рыб, обменная энергия расходуется в организме в основном на поддержание жизни и его рост. После удовлетворения потребностей организма в энергии, расходуемой на поддержание жизни, большая часть оставшейся энергии рациона превращается в продуктивную энергию. Часть продуктивной энергии корма и, соответственно, рост сома возрастают при увеличении рациона, переваримости его компонентов и качества питательных веществ.

При составлении рациона очень важно учитывать его калорийность. На прирост 1 кг массы тела рыб в пище должно содержаться 4000–5000 ккал (16760–20950 кДж). Белок пищи используется, главным образом, на рост организма, а поставщиками энергии в основном служат жиры и углеводы. Если пища богата белками, но малокалорийна, то организм вынужден извлекать энергию за счет окисления белков. При соответствующих добавках жиров и углеводов можно поддерживать оптимальный уровень калорийности и добиваться снижения количества белка, необходимого для прироста массы рыбы и, особенно, для отправления его физиологических потребностей.

**Протеин.** Основные фирмы (Aller Aqua, Coppens, Биомар), занимающиеся производством комбикормов для клариевого сома, реко-

мендуют в стартовых кормах использовать 50–60% протеина, в продукционных кармах этот показатель должен составлять 37–48%. Основной рецептов всех импортных комбикормов является рыбная мука, содержание которой в рецепте составляет более 60%. Рыбная мука, используемая в таких кормах, производится по специальной технологии, причем используется очень свежее сырье из определенных видов рыб (чаще всего из мойвы), пролежавшее на палубе промыслового судна не более 3 часов. Обработка сырья ведется в вакуумных установках при температуре 50–70 °С по специальной технологии, препятствующей разрушению витаминов, образованию ферментостойчивых комплексов лизина с углеводами и минеральными веществами, а также перекисному окислению липидов. Это позволяет максимально сохранять питательные свойства рыбного сырья. Корма, содержащие в своем составе такую муку, обеспечивают более высокий темп роста рыб по сравнению с кормами, включающими рыбную муку, изготовленную по прессово-сушильному способу. Кроме этого, современная технологическая обработка составляющих компонентов, обогащение кормов стабилизированными витаминами, микроэлементами и ввод легкоусвояемых липидов (рыбьего жира, соевого масла) делают такие корма высококонцентрированными и хорошо усвояемыми.

В нашей республике рыбную муку производят на одном предприятии ООО «Техмашконтакт». Сырьем для ее изготовления является мелкая промысловая рыба и ее части, оставшиеся при производстве рыбной продукции. Цех по производству кормовой муки из рыбы оснащен современным высокотехнологичным шведским оборудованием, позволяющим производить высококачественную продукцию.

В большей степени в Республике Беларусь занимаются производством мясокостной и кровяной муки. Данные компоненты комбикормов производят на мясокомбинатах страны. Мясокостная мука характеризуется высоким содержанием протеина до 50% и жира до 20%, является неотъемлемым компонентом многих разработанных рецептур комбикормов. Однако ввод данного компонента строго регламентируется и не должен превышать 16%.

Из побочных продуктов переработки молока интерес для комбикормов ценных видов рыб могут представлять сухое обезжиренное молоко, белакт, провибел, кисломолочный белок (КСБ), провилакт, а также сгущенная молочная и творожная сыворотки. Последние обладают большей усвояемостью, чем сухие продукты, а также способствуют укреплению гранул комбикорма. В республике освоено производство всех поименованных видов продукции, их объемы сейчас невелики и зависят от наличия исходного сырья. А поскольку потребность кормопроизводства в продуктах переработки молока невысокая,



то ее можно решить в пределах республики, разработав при этом рецептуры комбикормов для каждого из перечисленных компонентов.

Большой интерес в комбикормах для сома имеют дрожжи. Отличительная особенность сырого протеина дрожжей заключается в присутствии в его составе большого количества небелковых азотистых соединений (до 25%). Основная часть его приходится на нуклеиновые кислоты, в частности РНК (до 15–20% сухого вещества). Кроме этого, достоинства дрожжей заключаются в наличии большого количества растворимых белков, имеющих в своем составе промежуточные продукты белкового синтеза: свободные аминокислоты, пептиды, низкомолекулярные полипептиды, что свойственно очень быстро размножающимся и быстрорастущим организмам. В настоящее время производством дрожжей в республике занимаются ОАО «Дрожжевой комбинат» (Минский и Ошмянский дрожжевые заводы) и Слуцкий дрожжевой завод «Интерферм». Дрожжевые заводы в полной мере обеспечивают сырьем хлебозаводы и комбикормовую промышленность республики.

Из высокобелковых растительных компонентов в кормах можно использовать жмыхи и шроты масличного производства. В республике такого сырья недостаточно, в основном это подсолнечный и рапсовый шрот. Шрот подсолнечный и соевый экспортируется из Украины, России и стран дальнего зарубежья. В последнее время в комбикормах используют полножировую сою. По сравнению с соевым шротом инактивированная полножировая соя обладает для рыбы более высокой энергетической ценностью. За рубежом в состав кормов из высокобелковых растительных компонентов вводят гороховый протеин, производство которого ежегодно увеличивается на 10–12%.

В последние годы в республике выросло производство семян рапса и появились новые безэруковые сорта. Белки этой культуры обладают очень высокой биологической ценностью для рыбы из-за высокого содержания в нем метионина и серосодержащих аминокислот, таких как цистин и цистеин. Поскольку корма для ценных видов рыб производятся методом экструдирования, то следует считать, что рапс будет достаточно хорошим белковым сырьем для использования его в комбикормах для всех возрастных групп клариевого сома.

Дефицит белковых продуктов является одной из серьезных проблем современности. Отсюда следует, что промышленное рыбоводство всегда будет испытывать трудности с получением кормов животного происхождения. Поэтому поиск путей снижения непроедательных затрат белка является важной задачей в рыбоводстве.

**Липиды.** Содержание жира в комбикормах для клариевого сома варьирует от 8 до 20% в зависимости от возраста выращиваемой рыбы.

Основным источником липидов в кормах для ценных объектов выращивания является рыбий жир, например, для форели его содержание в комбикормах достигает 20–30%. Ввод большого количества жира достигается за счет того, что экструдированные корма имеют пористую внутреннюю текстуру, которая возникает вследствие резкого выброса пара из материала кормовой смеси (эффект микровзрыва) в момент его выхода из экструдера. Затем продукт сушится и покрывается маслом в специализированных вакуумных машинах, где можно его добавлять от 5% до 34%. Благодаря этому, получают корма с высокой энергетической емкостью, более водостойкие, сохраняющие свою форму и структуру в течение 24 часов пребывания в воде.

На наш взгляд, перспективным кормовым сырьем для ценных видов рыб и альтернативой рыбьему жиру можно рассматривать льняное масло. В отличие от других растительных масел, оно богато линоленовой кислотой, физиологически важной для рыб. Производство льняного масла налажено в Беларуси на трех предприятиях: ОАО Воложинский льнокомбинат, филиал «Лида» ОАО «Кореличи-Лен» и дрогичинская частная фирма «Фармэко». По расчетам специалистов данные предприятия могут выпускать до 2,4 тысяч тонн масла в год.

**Углеводы.** В комбикормах углеводы также являются одним из главных источников обеспечения организма энергией. Известно, что часть энергетических потребностей животного организма, даже при наличии других источников, обязательно должна покрываться за счет расщепления углеводов.

Привлекательность углеводистых кормов для нужд рыбоводства определяется их широким распространением и, следовательно, низкой стоимостью. Однако следует иметь в виду очень существенные видовые различия в степени утилизации углеводов рыбой. Теплолюбивые рыбы (каarp, канальный сом, угри) независимо от характера питания в природе (хищники или мирные рыбы) в условиях высокой оптимальной для них температуры усваивают углеводы пищи и трансформируют их в жиры. Эта способность повышается с увеличением размеров рыб. Следовательно, клариевый сом способен усваивать значительное количество углеводистой пищи. Учеными установлено, что оптимальное содержание углеводов в комбикормах для клариевого сома составляет 27–38%, при этом соотношение углеводов и липидов корма не должно быть выше 1,7–3,4 раза.

Основу углеводистой части в комбикормах для рыб составляют зерновые злаковые культуры. Наиболее используемым сырьем в составе рецептур комбикормов являются пшеница, тритикале, ячмень, рожь, кукуруза.

Среди основных фуражных культур нашей страны пшеница занимает ведущее место. Ежегодно валовые сборы данной зерновой

культуры в Беларуси превышают 2,0 млн тонн. Пшеница в чистом виде является, прежде всего, носителем энергии углеводов, среди злаковых культур одним из наиболее питательных и употребительных компонентов комбикормов. Для кормовых целей используется некондиционное зерно, имеющее пониженные хлебопекарные качества, а также непригодное для продовольственных целей из-за засоренности другими видами зерна. На долю углеводов в нем приходится около 65–82%, из них на крахмал – около 55–62%, сахара – 2,5–4,0%, сырую клетчатку – 1,7–6,2%.

Ячменя в нашей республике собирают чуть больше 1,0 млн тонн, рекорд по сбору данной культуры был установлен в 2008 году, когда с полей страны было собрано 2, 212 млн тонн. В ячмене на долю углеводов приходится около 67–75%, из них на крахмал – около 50 %, свободные сахара ~ 2%. Содержание сырой клетчатки в ячмене в среднем составляет 6%, это больше, чем в пшенице, кукурузе, сорго в 2,0–1,5 раза и во столько же раз меньше, чем в овсе, просе и рисе с пленками.

Тритикале – относительно новая зерновая культура, является пшенично-ржаным гибридом, получаемым от скрещивания мягкой озимой и мягкой яровой пшеницы, а также твердой пшеницы с рожью. В настоящее время выращивание данной культуры на наших посевных площадях достигло 1,6 млн тонн в год. Содержание белка в гибридной культуре достигает 13–18%, что превышает содержание его в пшенице в 1,5, а в ржи – в 3,0–3,5 раза. Зерно тритикале также содержит 3,8% лизина, 2–4% жира, 2,4–3,0% сырой клетчатки, 58,4–70,0% крахмала.

Помимо высокого содержания белка, зерно тритикале превосходит:

- кукурузу и сорго по содержанию незаменимых аминокислот;
- ячмень и рожь по содержанию крахмала;
- все зерновые культуры по содержанию лизина и триптофана.

В состав зерна тритикале входят минеральные элементы (К, Р, Mg, Fe, Cu, Mn и др.) и витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>9</sub>, РР, Е). Вышеперечисленная характеристика зерна тритикале указывает на его высокие кормовые достоинства и сбалансированность по белку.

Фуражная рожь, как правило, содержит в основном некондиционное зерно, непригодное для продовольственных целей по тем или иным причинам. Количество углеводов в нем, в том числе крахмала и свободных сахаров, сопоставимо с их содержанием в пшенице (около 50–60% и 1,5% соответственно). Содержание сырой клетчатки в лузженной ржи – 1,2–3,8%, в нелузженной – выше.

Кукуруза – один из наиболее употребляемых компонентов комбикормов для сельскохозяйственных животных и рыб. По химическо-

му составу она выделяется среди хлебных злаков низким содержанием белка и высоким – углеводов. Среди ее углеводов преобладает крахмал (около 56–70% их суммы), количество сахаров невелико – 2,0–4,5%, клетчатка составляет в среднем около 2,5%. Положительное качество углеводов кукурузы более низкое, чем у других злаковых, содержание антипитательных некрахмалистых полисахаридов – 5-глюканов (0,1 – 0,2%).

В составе рыбных кормов норма ввода кукурузы не должна превышать 5%. Во-первых, ограниченное введение связано с тем, что зерно кукурузы плохо измельчается на молотковых дробилках, которыми оборудовано большинство комбикормовых предприятий. Средний диаметр частиц зерен кукурузы после помола не должен превышать 0,6 мм, в противном случае оно для рыбы становится неудобоваримым.

Во-вторых, кукуруза резко дисбалансирована по незаменимым аминокислотам, поэтому в рыбные комбикорма ее нужно вводить при наличии в рецепте не менее 3–6% рыбной муки.

Однако при современной обработке сырья (экспандирование или экструзия) существенным образом можно повысить питательную ценность кукурузы и увеличить ее содержание в комбикормах до 15–20%.

**Минеральные вещества.** Рациональное питание должно удовлетворять потребность рыб как в органических, так и в минеральных веществах, ибо только в этих условиях могут быть обеспечены нормальный рост и развитие организма. Незаменимой составляющей комбикормов для рыб являются минеральные вещества. Они выполняют структурную функцию, входя в состав опорных элементов скелета и клеточных оболочек всех тканей организма. В составе различных соединений они участвуют в процессах переваривания и всасывания, синтеза и распада, обеззараживания ядовитых веществ и выделения. Минералы играют важную роль в поддержании коллоидного состояния белков и кислотно-щелочного равновесия тканевых жидкостей, обеспечивают осмотическое давление и постоянство других физико-химических свойств внутренней среды организма.

Находясь в составе биологически активных соединений (ферментов, витаминов, гормонов), минеральные вещества могут в значительной степени активизировать или тормозить обмен веществ.

**Кальций.** Данный макроэлемент участвует в процессах регуляции проницаемости клеточных мембран, проведении нервного импульса, сокращении мышц, свертывании крови, активизирует работу многих ферментов.

Наиболее высоки требования рыб к содержанию кальция в воде на ранних этапах онтогенеза: при дефиците кальция замедляется ми-

нерализация скелета личинок и рост сеголетков. Максимальная потребность в кальции у молоди рыб совпадает с периодом усиленного окостенения скелета. Недостаток кальция в кормах может привести к искривлению и деформации позвоночника, ребер, укорочению тела рыб, слабой минерализации костей.

**Фосфор.** Важная роль принадлежит фосфору, являющемуся частью фосфолипидов, в функционировании мембран клеток, транспорте жиров, работе антиоксидантной системы и др. В составе нуклеиновых кислот принимает участие в передаче наследственной информации. Участвует во всех синтетических и биоэнергетических процессах.

Одним из характерных признаков дефицита фосфора является повышение содержания жира в теле рыб, причина этого – снижение окислительного фосфорилирования, затруднение использования липидов в качестве источника энергии и, как следствие, активизация глюконеогенеза и синтез жирных кислот из аминокислот.

**Магний.** Входит в состав костных и покровных тканей, способствуя повышению прочности скелета и чешуи у рыб, катализирует процессы окислительного фосфорилирования в митохондриях, стимулирует нуклеиновый обмен, активизирует образование антител.

Основные признаки дефицита магния – потеря аппетита, снижение скорости роста, появление вялости, судорог, высокая смертность. Среди патологий отмечаются кальциноз почек, деформация позвоночника, дегенерация мышечных волокон, эпителиальных клеток пилорических придатков и жаберных лепестков. При недостатке магния наблюдается снижение уровня кальция.

**Натрий.** Натрий составляет основу катионов плазмы и внеклеточной жидкости, участвует в поддержании осмотического давления клеток. При избытке кальция и недостатке натрия у рыб отмечается кальциноз почек.

**Сера.** Входит в состав серосодержащих аминокислот метионина и цистина, которые принимают участие в образовании белка и других необходимых для жизни соединений (глутатион, инсулин и др.). Основное поступление серы в организм происходит с белками, небольшое количество ее поступает с некоторыми серосодержащими витаминами – тиамином, биотином.

**Железо.** Входит в состав дыхательного пигмента гемоглобина, который связывает и переносит кислород. В составе гемосодержащих ферментов, катализирующих тканевое дыхание, железо принимает активное участие в окислительно-восстановительных процессах. Дефицит железа в организме рыб приводит к нарушению кроветворения, снижению содержания гемоглобина, эритроцитов, уменьшению гематокрита.

**Медь.** Относится к активным микроэлементам и регулирует многие реакции клеточного дыхания, являясь составной частью ферментов. В больших количествах медь находят у рыб в органах и тканях с активным метаболизмом – в глазах, печени, мозге, сердце. Недостаток меди приводит к ухудшению работы сердца, мозга, печени, способствует развитию катаракты, некрозу плавников, угнетает рост.

**Марганец.** Входит в состав многих ферментных систем, активизирует обмен белков, жиров, углеводов, оказывает влияние на фосфорно-кальциевый обмен. Основным депо марганца является скелет, где он присутствует преимущественно в виде неорганических соединений. Дефицит марганца может привести к жировому перерождению печени. К нарушениям, встречающимся при дефиците марганца у рыб, относятся: неправильное развитие скелета, укорочение тела, катаракта глаз, а также нарушение координации движений.

**Цинк.** Связан с метаболизмом простагландинов, нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов. Цинк оказывает влияние на рост рыб, развитие, размножение, принимает активное участие в образовании костей, в кроветворении, влияет на зрение. Дефицит цинка у рыб проявляется в плохом росте, потере аппетита, повышенной смертности. Пониженное содержание кальция и цинка в костях и сыворотке крови приводит к снижению жирности и, как следствие, карликовой короткотелости, катаракте, воспалению и эррозии плавников и кожи рыб.

**Кобальт.** Входит в состав витамина В<sub>2</sub>, стимулирует синтез витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, участвует в синтезе белков, в частности гамма-глобулинов, обеспечивающих иммунитет, способствует накоплению в печени естественных антиоксидантов (витаминов Е, С) и витамина А. При недостатке кобальта тормозится синтез гемоглобина и витамина В<sub>12</sub>, снижается устойчивость рыб к заболеваниям, в результате чего повышается смертность и замедляется темп роста рыб, особенно молодые.

**Селен.** Совместно с витамином Е участвует в регуляции перекисного окисления липидов и в антиоксидантной системе организма, защищая клетки от повреждающего действия перекисей. Дефицит селена вызывает у рыб мышечную дистрофию, жировую дегенерацию печени, накопление жидкости в брюшной полости, гемолиз эритроцитов, снижение гематокрита, патологические изменения в гепатоцитах и клетках спинного мозга, желтый цвет печени и кишечного химуса, снижение активности глутатионпероксидазы.

**Йод.** Более половины всего йода организма входит в состав гормонов щитовидной железы, регулирующих метаболическую активность животных. Эти гормоны играют большую роль в окислительных процессах в клетках, в осуществлении нейромускулярного

контроля, роста рыб. Дефицит йода проявляется в торможении общего обмена веществ у рыб, замедлении темпа роста и снижении устойчивости к неблагоприятным воздействиям, гиперплазии щитовидной железы и появлению зоба.

**Витамины.** Витамины представляют собой группу пищевых органических веществ различного строения, которые обладают одним общим свойством – способностью катализировать биохимические реакции в организме. Наличие достаточного количества витаминов в кормах способствует нормальному развитию, росту и размножению рыб, высокой устойчивости к стрессам и болезням. Не являясь источниками энергии или материалом для построения тканей и органов, они участвуют в регуляции обмена веществ. Поэтому недостаток витаминов неизбежно ведет к сбою обменных процессов, что отрицательно сказывается на развитии, росте, продуктивности и воспроизводстве животных.

По физическим свойствам витамины подразделяют на жирорастворимые и водорастворимые. К жирорастворимым витаминам относятся витамины А, D, Е, К, а к водорастворимым – витамины группы В, а также витамин С.

*Витамин А (ретинол)* принимает участие в обмене белков и минеральных веществ, оказывает влияние на скелетообразование, плодовитость, зрение, обеспечивает нормальное состояние эпителия, является природным антиоксидантом. К признакам дефицита ретинола относятся: кровоизлияния, анемия, снижение гемоглобина, числа эритроцитов и цветного показателя, уменьшение индекса печени, нарушение зрения, побледнение окраски тела, деформация жаберных крышек, скопление жидкости в полости тела, отечность.

*D<sub>2</sub> (холекальциферол)* принимает участие в регуляции минерального и энергетического обмена, стимулирует деятельность желез внутренней секреции (гипофиза, щитовидной, парашитовидной, поджелудочной желез, коры надпочечников). Способствует всасыванию кальция и фосфора в кишечнике, регулирует их концентрацию в организме и выделение через почки, управляет их накоплением и соотношением в костных тканях.

Основным следствием недостатка холекальциферола является развитие рахита, проявляющегося в нарушении костеобразования у рыб. Нарушение кальциевого гомеостаза приводит к снижению содержания органических и минеральных веществ, повышению содержания воды в костной матрице и наступлению судорог.

*Е (α-токоферол)* необходим для обеспечения клеточного дыхания, способствует сохранению целостности мембран клеток, предохраняя от окисления селеносодержащие белки. Контролирует синтез РНК. Способствует синтезу аскорбиновой кислоты. Регулирует бел-

ковый, углеводный и липидный обмен, препятствуя образованию токсических продуктов.

Недостаток в организме  $\alpha$ -токоферола приводит к жировой и цериодной дегенерации печени, анемии, гемолизу (наличию незрелых эритроцитов разных размеров и формы), скоплению жидкости в полости тела, пучеглазию, мышечной дистрофии.

*K<sub>3</sub> (викасол)* участвует в клеточном дыхании, а в печени играет роль катализатора, влияющего на образование ряда важных для свертывания крови протеинов, в том числе протромбина. Недостаток викасола в кормах приводит к замедлению свертываемости крови, снижению объема эритроцитов, легкой анемии, снижению индекса печени и кровоизлиянию в кожу рыб.

*B<sub>1</sub> (тиамин)* входит в состав внутриклеточных ферментов, регулирующих обмен углеводов и их перевод в жиры. Играет важную роль в обеспечении нормального функционирования нервных тканей и сердечной мышцы. Обеспечивает защиту желудочно-кишечного тракта и поддержание нормальных условий для перистальтики и ферментной активности, расщепления жира.

При недостатке тиамин в кормах у рыб наблюдается потеря аппетита, снижение темпа роста, депигментация кожи, крайняя нервозность, конвульсии, неустойчивость, потеря равновесия, топорщание жаберных крышек, учащенное дыхание, гиперемия плавников, атрофия мышц, нарушение эритропоза, побледнение печени.

*B<sub>2</sub> (рибофлавин)* входит в состав клеточных ферментов всех тканей в виде кофермента флавопротеинов, участвующих в окислительно-восстановительных процессах, образовании энергии и играет важную роль в переносе атомов водорода. Обеспечивает функционирование зрительного процесса. Синтезируется микрофлорой кишечника и незначительно в тканях.

В случае его недостаточности у рыб проявляется вялость, нарушение координации движений, некроз жаберных крышек и плавников, помутнение роговой оболочки глаз, кровоизлияние, анемия.

*B<sub>3</sub> (пантотеновая кислота)* обеспечивает нормальный ход основных реакций обмена веществ, являясь составной частью коэнзима А и ацетилкоэнзима А. В соединении со специфическими белками образует многочисленные ферменты, ускоряющие обмен углеводов, распад и синтез глюкозы. Способствует нормальному развитию центральной нервной системы, поддерживает нормальное состояние кожи.

Дефицит пантотеновой кислоты приводит к крайне высокой и быстрой смертности, разрастанию жаберного эпителия, вздутию жаберных лепестков, их склеиванию, вялости и ненормальности движения, ожирению печени и анемии.



*В<sub>4</sub> (холин)* является структурным элементом ацетилхолина и фосфолипида лецитина, входящего в состав клеточных мембран большинства тканей. Участвует в обмене жиров, предотвращая чрезмерное их отложение в клетках печени и других тканях, необходим для синтеза метионина. Находится в тесном взаимодействии с другими витаминами. Его синтез в организме обеспечивается витамином В<sub>12</sub>.

Симптомы недостаточности холина у рыб проявляются в высокой смертности, ожирении печени, увеличении ее размеров, кровоизлиянии в почках и кишечнике, анемии, вздутии брюшка, пучеглазии и побледнении окраски тела.

*Витамин В<sub>5</sub> (никотиновая кислота)* активизирует действие инсулина в результате чего происходит метаболизм гликогена и улучшается использование сахаров. Улучшает кровообращение, оказывает благоприятное влияние на кожу.

Дефицит никотиновой кислоты нарушает процессы биологического окисления, синтеза глюкозы, жиров, появляется фотофобия, вялость, судороги, нарушение равновесия, мышечные спазмы во время покоя, потеря аппетита, торможение роста, увеличение смертности, анемия. Избыток вызывает торможение роста и ожирение печени.

*Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин)* активно участвует в белковом обмене, в частности, в переаминировании, декарбоксилировании и метилировании аминокислот. Пиридоксин принимает участие в жировом обмене, улучшая использование незаменимых жирных кислот.

Недостаток витамина В<sub>6</sub> приводит к задержке роста, потери аппетита, повышению возбудимости, учащению дыхания, анемии, подкожному кровоизлиянию, водянке брюшной полости, появлению на печени белых пятен, отслаиванию чешуи, воспалению кожи, деформации жаберных крышек, снижению устойчивости к стрессам и массовой гибели рыб.

*Витамин Н (В<sub>7</sub> биотин)* входит в состав ферментов, катализирующих реакции карбоксилирования, участвует в биосинтезе липидов, аминокислот, углеводов и нуклеиновых кислот. Недостаток биотина оказывает тормозящее действие на рост рыб, вызывая появление голубоватой слизи, мускульную атрофию, поражение кишечника и даже повышенную смертность.

*Витамин В<sub>8</sub> (инозитол)*. Входя в состав фосфолипидов, инозитол вместе с холином принимает участие в регуляции липидного обмена, предотвращая жировую дегенерацию печени и способствуя выведению избыточного жира из печени.

Симптомы авитаминоза у рыб проявляются в повышенной смертности на стадии личинки.

Гиповитаминоз вызывает эрозию спинного плавника, особенно у основания, что приводит к поражению сапролегнией с последующим обнажением мышц и исчезновением плавника. Ускоряет эвакуацию пищи, вызывает потемнение кожи, появление на ней язв и ломкость плавников, ожирение печени, анемию, побеление кишечника. Приводит к ухудшению аппетита и торможению роста.

*Витамин В<sub>С</sub> (фолиевая кислота)* стимулирует синтез гемоглобина и рост эритроцитов, катализирует синтез белков и участвует в обмене холина. Дефицит фолиевой кислоты замедляет рост рыб и увеличивает смертность молоди.

*Витамин В<sub>12</sub> (цианкобаламин)* вместе с фолиевой кислотой участвует в синтезе гемоглобина, а совместно с холином и метионином обладает эффективным липотропным действием. Цианкобаламин принимает участие в синтезе нуклеиновых кислот, в обмене жира, углеводов и аминокислот. Недостаток витамина В<sub>12</sub> в кормах вызывает замедление роста рыб, снижает потребление пищи, содержание гемоглобина в крови и разрушающе действует на эритроциты. В сухие гранулированные корма вводится также в составе премиксов.

*Витамин С (аскорбиновая кислота)* активно участвует в обменных реакциях, в частности в окислительно-восстановительных процессах, обладает антиоксидантным свойством. Витамин С способствует синтезу кортикостероидных гормонов, образованию коллагена, обеспечивает нормальную деятельность нервной системы, влияет на углеводный обмен, контролирует отдельные фазы белкового обмена у рыб.

Характерные признаки дефицита витамина С: искривление позвоночника (лордоз, сколиоз) в результате нарушения образования коллагена; кровоизлияния во внутренних органах, в глазах и на коже; снижение гемоглобина, числа эритроцитов крови, деформация (укорочение) жаберных крышек, эрозия плавников, уменьшение аппетита, скорости роста и др.

### **3.5 Кормление клариевого сома в условиях индустриального выращивания**

Как было указано выше, для нормального роста и развития клариевого сома необходимо определенное количество и соотношение основных питательных веществ. Протеин (с набором незаменимых аминокислот), жир, углеводы, минеральные вещества, витамины и другие биологически активные вещества должны содержаться в корме в соответствии с потребностью сома. Такая потребность меняется в

зависимости от возраста рыб, их размера, температуры воды и других факторов внешней среды. Чем полнее соответствует состав корма биологическим потребностям каждой возрастной группы сома, тем эффективнее использование рыбами питательных веществ.

Для приготовления кормов, необходимых при кормлении клариевого сома, используется сырье животного и растительного происхождения, продукты микробиологического и химического синтеза, а также разнообразные побочные продукты и отходы пищевой промышленности. Чем разнообразнее состав комбикормов, тем выше их питательность. Установлено, что максимальной эффективностью обладает кормовой белок, представляющий сумму белков животного, растительного и микробного происхождения. Лучшие рецепты отечественных и зарубежных рыбных комбикормов содержат до 9–12 различных компонентов, не считая добавок витаминов, минеральных солей и других биологически активных веществ. Учитывая огромную роль витаминов и микроэлементов в обеспечении жизненно важных процессов рыб, в настоящее время широко используют витаминно-минеральные премиксы, содержащие в своем составе все необходимое для нормального развития организма.

Рацион питания сома зависит, в первую очередь, от возраста и размера рыб. В промышленных условиях клариасов кормят дорогостоящими специальными комбинированными кормами, которые дают весьма ощутимые приросты рыбы.

Выращивание клариевого сома происходит поэтапно.

**Первый этап (выращивание молоди).** Процесс выдерживания личинок до полного рассасывания желточного мешка необходимо проводить в круглых бассейнах или в специальных лотках. Как правило, плотность посадки в этот период составляет от 50 до 150 экз./л. При этом уровень насыщенности воды кислородом должен быть около 50–70%. Необходимо, чтобы обмен воды в бассейне проводился около 1–2 раз/час. Кроме этого, необходимый объем бассейна или лотка должен быть не более 100 л, а глубина 15–20 см. Необходимо весь период времени содержать личинку в темноте. Активное движение личинок является одним из показателей того, что желточный мешок полностью рассосался.

На вторые сутки после выклева личинкам клариевого сома необходимо обильное кормление стартовыми живыми кормами. С этого времени личинки начинают интенсивно набирать массу. При недостатке корма в этот период увеличивается смертность среди молоди и иной раз выход личинок не превышает 10%. Поэтому своевременное начало активного питания имеет существенное значение для нормального развития личинок. В литературе имеются данные о том, что при отсутствии в воде подходящего корма для личинок при пере-

ходе их к активному питанию рост и развитие личинок задерживается. При изучении гистологических препаратов кишечника голодавших личинок выявлено, что наряду с общим отставанием в развитии наблюдается и частичная редукция пищеварительного тракта, выражающаяся в дегенерации эпителия слизистой оболочки кишечника, редукции трубчатых желез желудка.

Как правило, в рацион питания личинок в первые 2–4 дня жизни входит живая декапсулированная артемия.

Артемия относится к жаброногим рачкам, обитает в пересоленных водоемах. Взрослые особи достигают 18 мм длины. В 100 г рачков артемии содержится 57,6 г белков, 18,1 г жиров и 5,2 г углеводов.

Для получения личинок артемии (науплий) взвешивают 150 г соли и растворяют в аппарате Вейса в 5,5–6,0 л воды. Добавляют туда же 10–12 г соды, чтобы рН раствора было более 7,5 (оптимум 8,0–8,5). Проверяют рН универсальной лакмусовой бумагой. Затем взвешивают 50 г цист артемии и засыпают в аппарат. Для активной аэрации воды в течение всего периода культивирования подключают компрессор. При круглосуточном освещении и температуре 26–27 °С выклев науплий происходит через 24–26 часов, при более низкой температуре 17–20 °С выклев рачков растягивается до 48 часов.

Для сбора артемии из инкубатора, за 15 минут до запланированного кормления, выключают освещение и прекращают аэрацию воды. При отсутствии освещения артемия собирается на дне инкубатора. Со дна инкубатора артемию сливают с помощью крана, вмонтированного в колбу Вейса, и пропускают через мелкое сито, отсеживающее личинок артемии. После отсеживания личинок промывают теплой проточной водой от остатков соли и после этого их можно использовать для кормления молоди. Артемия вносится в емкость равномерно по всей площади.

Кормление личинок клариевого сома осуществляют через каждые 2 часа небольшими порциями. В нашем эксперименте кормление начиналось с 6:00 часов утра и заканчивалось в 24:00 часа вечера. Во время кормления, за 2 минуты до начала и спустя 2 минуты после окончания, включалось слабое освещение. Это способствовало скорейшей адаптации личинок к солнечному свету и лучшему употреблению корма. Кормление личинки клариевого сома представлено на рисунке 3.4.



**Рисунок 3.4. – Кормление личинки клариевого сома артемией**

Кормление личинок продолжалось на протяжении 5 дней, количество кормлений в сутки составляло 10–12 раз.

Контроль за поедаемостью осуществлялся визуально, если личинки активно употребляли артемию, то у них изменялся цвет брюшка от прозрачно-белого до темно-желтого. Количество вносимой артемии также определялось визуально, при этом суточная норма кормления составляла не менее 60–85% от биомассы личинок. В конце подращивания на живом корме масса личинок колебалась от 0,02 до 0,03 г.

Для дальнейшего выращивания молоди клариевого сома до массы 1 г хорошо подходят специальные промышленные комбинированные корма. Суточная норма кормления при этом должна составлять 10% от общей массы выращиваемой рыбы, кратность кормления составляет не менее 8–10 раз в сутки. В нашем случае использовались пастообразные корма собственных рецептов.

Теоретической и практической базой для создания рецептов комбикормов послужили сведения о значении основных веществ и энергии в жизнедеятельности рыб, а также данные о потребностях в них в различные периоды их развития. При этом учитывали химический состав и специфические свойства кормового сырья, особенности его переваривания в организме рыб.

Ключевыми показателями корма для молоди клариевого сома являлось содержание сырого протеина не менее 50% и содержание сырого жира не более 10%. В ходе анализа литературных источников был подобран оптимальный компонентный состав корма по показателям «цена-качество».

В качестве компонентов для изготовления пастообразных кормов были выбраны следующие ингредиенты: *килька балтийская, салака, мясокостная мука II-го сорта, пшеница, горох, подсолнечный шрот, ячмень, альбумин, премикс*. Исходя из этого, были составлены 2 рецептуры стартовых кормов.

В таблице 3.3 представлено процентное соотношение компонентов и химический состав стартового малокомпонентного корма для первой рецептуры.

Таблица 3.3. – Процентное соотношение компонентов и химический состав стартового малокомпонентного корма

Показатель	Название компонента					Общее количество
	Салака	Килька балтийская	Пшеница	Горох	Премикс	
Соотношение, %	50	15	19	15	1	100
Валовая энергия, МДж/100г	0,26	0,09	0,35	0,25	–	0,95
Сырой протеин, %	8,5	2,1	2,8	3,8	–	17,2
Сырой жир, %	3,2	1,4	0,5	0,3	–	5,4
Углеводы, %	–	–	15,3	10,5	–	25,8
Клетчатка, %	–	–	0,6	1,0	–	1,6
Сырая зола, %	0,7	0,3	0,5	0,4	–	1,9

Исходя из данных, приведенных в таблице 3.3, видно, что влажность малокомпонентного корма составляет около 50%, содержание сырого жира находится в пределах нормы и составляет около 5,4%, а содержание сырого протеина ниже необходимого количества – 17,2%.

Во второй рецептуре с целью повышения белковой составляющей, количество компонентов, входящих в состав корма, было увеличено с 5 до 8 за счет добавления высокобелковых компонентов растительного и животного происхождения.

Компонентный состав и химические показатели многокомпонентного корма для второй рецептуры представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4. – Процентное соотношение компонентов и химический состав стартового многокомпонентного корма

Показатель	Название компонента								Общее количество
	Килька балтийская	Мясокостная мука 2-го сорта	Пшеница	Горох	Подсолнечный шрот	Ячмень	Альбумин	Премикс	
Соотношение, %	49	10	5	10	15	5	5	1	100
Валовая энергия, МДж/кг	0,28	0,20	0,09	0,16	0,30	0,09	0,12	–	1,24
Сырой протеин, %	6,9	4,7	0,7	2,6	7,2	0,7	5,0	–	27,8
Сырой жир, %	4,4	2,0	0,1	0,2	0,6	0,2	–	–	7,5
Углеводы, %	–	0,2	4,0	7,0	6,2	4,0	–	–	21,4
Клетчатка, %	–	–	0,2	0,6	2,4	0,3	–	–	3,5
Сырая зола, %	0,9	3,1	0,1	0,2	1,0	0,2	–	–	5,5

Таким образом, увеличивая количество высокобелковых компонентов растительного и животного происхождения при влажности 38%, можно увеличить содержание сырого протеина в кормах до 27%. Помимо этого, в среднем на 6% увеличивается и содержание сырой золы и жира.

Изготовление пастообразных кормов условно можно разделить на 2 этапа:

- предварительная подготовка сырья;
- замес с доведением пасты до однородного состояния.

Предварительная подготовка сырья:

1) Мясокостную муку II-го сорта, альбумин, и витаминно-минеральный премикс перед вводом в комбикорм очищают от случайно попавших примесей методом просеивания через сито с диаметром ячеей 0,3 мм.

2) Зерна пшеницы и ячменя, а также подсолнечного шрота, закупленного в виде пластин, измельчают до необходимой фракции. Измельчение до фракции размером 0,3 мм можно проводить с помощью кофемолки Bosch TSM6A013B с мощностью 180 Вт. После этого компоненты пропускаются через сито с диаметром ячеей 0,3 мм.

3) Горох перед использованием в опытном комбикорме предварительно замачивают в воде в течение 12 часов с последующим измельчением при помощи блендера Galaxy GL2115.

4) Килька балтийская и салака закупается в мороженом виде. Дефростация проводится на воздухе при комнатной температуре. По-

сле полного размораживания рыбу измельчают при помощи блендера и пропускают так же, как и горох, через сито.

Все компоненты после предварительной подготовки тщательно перемешиваются в соответствии с рецептурой корма до однородной массы. В ходе проведенных экспериментов выяснено, что срок хранения данного корма составляет не более 7 дней при температуре 0–4 °С.

Сравнительная характеристика по пищевой ценности экспериментальных кормов представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5. – Питательная ценность экспериментальных пастообразных кормов

Показатель	Малокомпонентный корм	Многокомпонентный корм
Влажность, %	50	38
Сырой протеин, %	17,2	27,8
Сырой жир, %	5,4	7,5
Сырая клетчатка, %	1,6	3,5
Углеводы, %	25,8	21,4
Сырая зола, %	1,9	5,5
Валовая энергия, МДж/100 г	0,95	1,24

Исходя из данных, представленных в таблице 3.5, можно утверждать, что оба экспериментальных корма по содержанию протеина значительно уступают сухим гранулированным кормам из-за высокого содержания влаги. Кроме того, содержание углеводов в экспериментальных кормах значительно выше за счет введения большого количества компонентов растительного происхождения, призванных снизить стоимость производства.

Основные производителями стартовых и мальковых кормов, представленные на рынке Республики Беларусь, являются фирмы «Aller Aqua» и «Alltech Coppens».

Датская компания «Aller Aqua» разработала и поставляет на мировой рынок целую линейку стартовых кормов, флагманами которой являются *Aller Futura EX* и *Aller Performa*.

***Aller Futura EX*** – стартовый корм экстра-класса для лососевых, сомовых и осетровых рыб. Корм имеет высокую усвояемость, что позволяет получить низкие кормовые затраты, хорошо усваивается рыбами при низкой температуре воды. Кроме того, содержит иммуностимулятор MacroVital, повышающий выживаемость и жизнестойкость рыб, и является полностью экструдированным. Выпускается в виде крупки с диаметром 1,3 и 1,5 мм.



Основными компонентами данного корма являются: рыбная мука, крилевая мука, рыбий жир, пшеница, витамины и минеральные добавки, иммуностимулирующая добавка MacroVital (бета-глюкан, дополнительная доза витаминов С и Е). Помимо этого в корм добавляются витамины А – 10000 МЕ/кг, D3 – 1000 МЕ/кг и Е – 400 мг/кг.

**Aller Performa** – стартовый корм для молоди массой 1,5–10 г, выпускаемый той же компанией «Aller Aqua». Выпускается в виде крупки диаметром 1,3 и 1,5 мм.

Компонентный состав: рыбная мука, рыбий жир, крилевая мука, кукурузная клейковина, пшеничная клейковина, рапсовое масло, соевый протеин, соя, пшеница, витамины и минералы.

**Aller Claria Float** – стартовый корм для молоди массой 10–50 г, выпускается в виде крупки диаметром 2 мм.

Компонентный состав: рыбная мука, рыбий жир, мука из домашней птицы, перьевая мука, кукурузная клейковина, рапс, рапсовое масло, соевый протеин, соя, подсолнечный протеин, продукты крови, пшеница, витамины и минералы.

Характеристики кормов, гарантируемые производителем, представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6. – Характеристика стартовых кормов для клариевого сома компании «Aller Aqua»

Показатели	Вид корма			
	Aller Futura EX	Aller Performa 1,5 мм	Aller Claria Float 2,0 мм	Aller Performa 2,0 мм
Протеин, %	58,0	48,0	45,0	45,0
Жир, %	17,0	21,0	12,0	20,0
Углеводы, %	6,0	13,2	25,1	17,9
Зола, %	10,1	8,7	6,4	7,1
Клетчатка, %	0,9	1,1	3,5	2,0
Фосфор, %	1,2	1,2	0,9	1,0
Энергетическая ценность, МДж	21,6	22,1	20,3	21,9
Усвояемая энергия, МДж	20,1	20,0	17,2	18,9
Кормовой коэффициент	0,5–0,8	0,5–0,8	0,8–1,0	1,0-1,2

Исходя из представленных характеристик, можно говорить о возможностях использования данных кормов для молоди клариевого сома.

Вторым основным производителем в мире и поставщиком кормов в нашу страну является голландская фирма «Alltech Coppens». У данной фирмы имеются специализированные корма для молоди клариевого сома, основными из которых являются *Coppens Essense* и *Coppens Advance*.

*Coppens Essense* – это искусственный заменитель артемии, обеспечивающий высокие показатели выживаемости благодаря особой технологии изготовления и химическому составу, приближенному к живым науплиям артемии.

Размер крупки у данного вида корма составляет 0,2-0,3 мм и 0,3-0,5 мм.

Одним из основных видов кормов данной фирмы является и *Coppens Advance*. Это стартовый экспандированный корм, обеспечивающий высокие показатели роста и выживаемости.

Размер крупки поставляемого корма: 0,2–0,3 мм, 0,3–0,5 мм, 0,5–0,8 мм, 0,8–1,2 мм, 1,2–1,5 мм. Химические показатели данного корма представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7. – Химический состав стартовых кормов компании «Alltech Coppens»

Показатель	Вид корма			
	Essense	Advance	Pre Grower-15 Ef	Start Premium
Белки, %	45,0	56,0	50,0	54,0
Жиры, %	11,0	15,0	15,0	15,0
Клетчатка, %	1,3	0,3	0,8	0,3
Зола, %	7,2	11,7	9,4	10,5
Фосфор, %	2,06	1,82	1,31	1,63
Витамин А (МЕ/кг)	14000,0	14000,0	12000,0	12000,0
Общая энергия (МДж/кг)	16,5	20,8	20,9	20,7
Легко усваиваемая энергия (МДж/кг)	14,5	18,3	18,6	19,0

Вышеперечисленные виды кормов прекрасно подходят для кормления молоди клариевого сома на ранних стадиях развития, но имеют один общий минус – высокую ценовую планку.

Разработкой кормов, в частности стартовых, на территории Республики Беларусь занимается РУП «Институт рыбного хозяйства». Из разработанных в данной лаборатории кормов рассмотрены два наиболее соответствующих по химическому составу.

**Комбикорм экструдированный для сеголетков лососевых рыб по техническим условиям ТУ ВУ 100035627.015-2013.**

Комбикорм предназначен для кормления сеголетков лососевых рыб массой от 30 г и выше. Включает 10 компонентов. Сырье животного и микробиологического происхождения составляет 48%. Производится на основе местного сырья с добавлением импортного соевого шрота и рыбной муки. Содержит полный набор питательных веществ, обогащен витаминами, микро-, макроэлементами и ненасыщенными жирными кислотами. Представляет собой гранулы темно-коричневого цвета, диаметром 2–4 мм.

Массовая доля влаги не более 12%, сырого протеина не менее 45%, сырого жира не менее 15%, сырой клетчатки не более 2%.

Разбухаемость гранул не менее 30 мин. Срок хранения 3 месяца. Кормовые затраты на прирост составляют 1,4 ед. Комбикорм обеспечивает хорошее физиологическое состояние и интенсивный рост рыбы. Поставляется в упакованном виде в мешках массой 20–25 кг. Производит ОАО «Жабинковский комбикормовый завод», и могут производить комбикормовые заводы, имеющие линию экструдирования.

**Комбикорм экструдированный для осетровых рыб** по техническим условиям ТУ ВУ 100035627.016-2015.

Комбикорм предназначен для кормления осетровых рыб массой более 10 г, представляет собой гранулы диаметром 3,2–4,7 мм буро-коричневатого оттенка, производится на основе местного сырья и сбалансирован по основным питательным веществам, витаминам, макро- и микроэлементам. Массовая доля влаги не более 12%, протеина не менее 42%, жира не менее 9%, клетчатки не более 4,0%, кислотное число не более 30 мг КОН/г.

Поставляется в мешках массой 20–25 кг. Гарантийный срок хранения 3 месяца. Комбикорм обеспечивает хорошее физиологическое состояние и интенсивный прирост выращиваемой рыбы, удельные затраты корма на прирост 1,7–1,8. По заявке может выпускаться ОАО «Жабинковский комбикормовый завод», ОАО «Барановичхлебопродукт» и другие комбикормовые заводы, имеющие линию по производству экструдированных комбикормов небольшой производительности.

**Второй этап (товарное выращивание).** Данный этап начинается после достижения средней массы 50 грамм. При правильном выращивании массы 50 грамм клариевый сом достигает в возрасте 1,5 месяцев, и в случае дальнейшего правильного сбалансированного кормления и соблюдения дальнейшего выращивания массы 1 кг клариевый сом достигает к возрасту 6–7 месяцев.

Основными требованиями к продукционным кормам для выращивания товарного клариевого сома можно выделить:

- содержание протеина не менее 37%;
- содержание жира не более 12%;

– водостойкость гранул в теплой воде в течение не менее 20 минут.

*Aller Claria Float* – специализированный комбикорм для кормления клариевого сома датской фирмы «Aller Aqua». Выпускается в виде гранул диаметром 3–11 мм.

*Компонентный состав:* рыбная мука, соевый протеин, соя, пшеница, рапс, продукты крови, рапсовое масло, рыбий жир, кукурузная клейковина, мука из домашней птицы, перьевая мука, подсолнечный протеин, витамины и минералы. Характеристика производственного корма представлена в таблице 3.8.

Таблица 3.8. – Характеристика производственных кормов для клариевого сома «Aller Claria Float»

Показатель	Диаметр гранулы				
	3 мм	4,5 мм	6 мм	8 мм	11 мм
Протеин (%)	45,0	42,0	40,0	38,0	38,0
Жир (%)	12,0	12,0	12,0	10,0	10,0
Углеводы (%)	26,4	29,5	32,0	36,2	36,2
Зола (%)	6,0	5,6	5,1	4,7	4,7
Волокно (%)	2,6	2,9	2,9	3,1	3,1
Фосфор (%)	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
Энергетическая ценность (МДж)	20,3	20,2	20,2	19,6	19,6
Усваиваемая энергия (МДж)	17,0	16,6	17,1	16,3	16,3

Кормовой коэффициент составляет от 1,0 до 1,5. Фасовка происходит в полиэтиленовые пакеты по 25 кг. В таблице 3.9 представлена программа кормления клариевого сома кормом Aller Claria Float (кг корма на 100 кг рыбы/сутки).

Таблица 3.9. – Программа кормления клариевого сома кормом «Aller Claria Float»

Масса рыбы, г	Диаметр гранулы, мм	Температура воды в (°C)					
		20	22	24	26	28	30
50-100	3,0	2,56	3,2	3,84	4,27	3,84	3,41
100-150	3,0	2,05	2,56	3,07	3,41	3,07	2,73
150-300	4,5	1,67	2,09	2,51	2,79	2,51	2,23
300-500	4,5	1,34	1,67	2,01	2,23	2,01	1,79
500-1000	6,0	1,01	1,3	1,56	1,73	1,56	1,39
1000-1500	8,0	0,83	1,04	1,25	1,39	1,25	1,11
>1500	8,0	0,67	0,84	1,01	1,12	1,01	0,90

*Aller Bona Float* – производственный корм, используемый для кормления клариевого сома при выращивании в УЗВ. Выпускается в виде гранул диаметром 3–11 мм.

*Компонентный состав:* рыбная мука, соевый протеин, соя, пшеница, пшеничная клейковина, рапсовое масло, перьевая мука, подсолнечный протеин, витамины и минералы. Характеристика производственного корма представлена в таблице 3.10.

Таблица 3.10. – Характеристика производственных кормов для клариевого сома «Aller Bona Float»

Показатель	Диаметр гранулы				
	3 мм	4,5 мм	6 мм	8 мм	11 мм
Протеин (%)	42,0	42,0	42,0	42,0	42,0
Жир (%)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Углеводы (%)	28,2	28,2	28,3	28,3	28,3
Зола (%)	6,8	6,8	6,6	6,6	6,6
Волокно (%)	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1
Фосфор (%)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Энергетическая ценность (МДж)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Усваиваемая энергия (МДж)	15,8	15,8	15,7	15,7	15,7

Кормовой коэффициент составляет от 1,0 до 1,4. Фасовка происходит в полиэтиленовые пакеты по 25 кг. В таблице 3.11 представлена программа кормления клариевого сома кормом *Aller Bona Float* (кг корма на 100 кг рыбы/сутки).

Таблица 3.11. – Программа кормления клариевого сома кормом «Aller Bona Float»

Масса рыбы, г	Диаметр гранулы, мм	Температура воды в (°C)				
		22	24	26	28	30
50-100	3,0	3,48	4,17	4,64	4,17	3,71
100-150	3,0	2,78	3,34	3,71	3,34	2,97
150-300	4,5	2,23	2,67	2,97	2,67	2,37
300-500	4,5	1,78	2,14	2,37	2,14	1,9
500-1000	6,0	1,42	1,71	1,9	1,71	1,52
1000-1500	6,0	1,14	1,37	1,52	1,37	1,22

*Aller Primo Float* – производственный корм, используемый для кормления клариевого сома при выращивании в УЗВ. Выпускается в виде гранул диаметром 3–6 мм.

*Компонентный состав:* рыбная мука, соевый протеин, соя, тритикале, мука из домашней птицы, перьевая мука, подсолнечный протеин, пшеница, рапс, рапсовое масло, рыбий жир, витамины и минералы. Характеристика производственного корма представлена в таблице 3.12.

Кормовой коэффициент данного корма составляет от 1,0 до 1,4. Фасовка происходит в полиэтиленовые пакеты по 25 кг. В таблице 3.13 представлена программа кормления клариевого сома кормом Aller Primo Float (кг корма на 100 кг рыбы/сутки).

Таблица 3.12. – Характеристика производственных кормов для клариевого сома «Aller Primo Float»

Показатель	Диаметр гранулы		
	3 мм	4.5 мм	6 мм
Протеин (%)	37	37	37
Жир (%)	12	12	12
Углеводы (%)	35,2	35,2	35,2
Зола (%)	6,2	6,2	6,2
Волокно (%)	3,6	3,6	3,6
Фосфор (%)	1,0	1,0	1,0
Энергетическая ценность (МДж)	20,1	20,1	20,1
Усваиваемая энергия (МДж)	15,4	15,4	15,4

Таблица 3.13. – Программа кормления клариевого сома кормом «Aller Vona Float»

Масса рыбы, г	Диаметр гранулы, мм	Температура воды в (°C)					
		20	22	24	26	28	30
50-100	3,0	2,82	3,53	4,23	4,7	4,23	3,76
100-150	3,0	2,26	2,82	3,39	3,76	3,39	3,01
150-300	4,5	1,81	2,26	2,71	3,01	2,71	2,41
300-500	4,5	1,44	1,81	2,17	2,41	2,17	1,93
500-1000	6,0	1,16	1,44	1,73	1,93	1,73	1,54
1000-1500	6,0	0,92	1,16	1,39	1,54	1,39	1,23

Из производственных кормов фирмы «Alltech Coppens» можно выделить только один вид кормов, наиболее подходящий для кормления товарного клариевого сома – *Special PRO EF*. Данный вид корма способствует сохранению качества воды. В таблице 3.14 представлен химический состав корма Alltech Coppens Special PRO EF.

Таблица 3.14. – Химический состав мальковых кормов компании «Alltech Coppens»

Показатель	Гранула 3,0 мм	Гранула 4,5 мм
Белки, %	48,0	42,0
Жиры, %	13,0	13,0
Клетчатка, %	1,4	1,4
Зола, %	9,7	8,1
Фосфор, %	1,39	1,14
Витамин: А (у.е./кг)	10000,0	10000,0
Общая энергия (МДж/кг)	19,8	19,7
Легко усваиваемая энергия (МДж/кг)	17,3	17,2

Помимо представленных кормов существуют много других как гранулированных, так и пастообразных кормов, пригодных для клариевого сома. Главным условием для эффективного ведения данного направления рыбного хозяйства является своевременное кормление клариевого сома сбалансированными кормами, полностью удовлетворяющими всем потребностям данного вида.

### 3.6 Транспортировка клариевого сома

Развитие рыбоводства во внутренних водоемах, в том числе индустриального рыбоводства, связано с расширением объема перевозок живой рыбы. Интенсификация рыбоводства и расширение видового разнообразия аквакультуры обуславливают необходимость совершенствования средств и методов транспортирования рыб определенных видов и возраста, а также живой икры как внутри хозяйства, так и за его пределами. Транспортировка живой рыбы проводится как внутри хозяйства, между хозяйствами, так в места реализации, требует соблюдения нормативных показателей (таблица 3.15). Процесс перевозки живой рыбы и икры является одним из сложных и ответственных в технологии выращивания, от его правильной организации во многом зависит успех отрасли.

Внутрихозяйственные перевозки живой рыбы связаны с технологическим процессом выращивания рыбы: пересадка рыбы из одной емкости в другую проводится при сортировке и бонитировке, а также при доставке товарной рыбы в торговую сеть. Внутрихозяйственные перевозки осуществляются на небольшие расстояния и по времени они непродолжительны.

Таблица 3.15. – Нормативы транспортировки клариевого сома

Посадочный материал	Время перевозки, ч	Плотность посадки
Полиэтиленовые бочки и пакеты (40 л воды) без кислорода		
Личинки	не более 2	100–200 тыс. шт.
Мальки	не более 2	10–15 тыс. шт.
Полиэтиленовые пакеты (20 л воды) с кислородом		
Личинки	24	50–100 тыс. шт.
Мальки	24	15–18 тыс. шт.
Специальный автотранспорт с аэрацией воды (объем цистерны 3 м <sup>3</sup> )		
Товарная рыба	до 3	1500 кг
Производители и ремонтный молодняк	до 12	300 кг
Безводным способом (площадь емкости 1 м <sup>2</sup> )		
Товарная рыба	до 6	150 кг
Производители и ремонтный молодняк	до 4	50 кг

Межхозяйственные перевозки рыбы связаны главным образом с транспортировкой посадочного материала (мальков и личинок) из хозяйств-питомников и полносистемных хозяйств. Значительное место в рыбохозяйственной практике занимают перевозки производителей.

При перевозке живой рыбы из одного хозяйства в другое необходимо соблюдать следующие условия:

- получить разрешение ветеринарного надзора на право перевозки;
- подлежащую перевозке рыбу обработать дезинфицирующим раствором (солевым или аммиачным);
- рыбу, пораженную триходиниозом, хилодонеллезом, дактилогирозом, допускать к перевозке после антипаразитарной обработки;
- при обнаружении заболевания во время транспортировки доставленную рыбу необходимо поместить в изоляторные пруды для лечения или направить на обработку;
- запретить сбрасывать в водоемы воду, использованную для перевозки рыбы.

Перевозка рыбы допускается в таре, промытой и продезинфицированной 10–20%-м раствором хлорной извести. Перед транспортировкой рыбы ее выдерживают в чистой проточной воде в течение 2–10 ч. За это время промываются жабры, освобождается кишечник. Затем заполняют емкость чистой водой, температура которой должны быть равна температуре воды емкости, где находилась рыба.



Оптимальная температура для перевозки клариевого сома составляет 18...25 °С. При транспортировке товарной рыбы и ремонтно-маточных стад обязательным условием является доступ сомов к свежему атмосферному воздуху. В теплое время года можно транспортировать клариевый сом с частично открытыми люками, в холодное время необходимо организовать принудительную подачу воздуха внутрь емкостей с рыбой.

Взрослый клариевый сом очень неприхотлив к транспортировке, что увеличивает время его нахождения в пути и плотность посадки.

В последнее время стали широко использовать при перевозке рыбы анестезирующие препараты. Применение хинальдина при концентрации его в воде 7–10‰ позволяет увеличить плотность посадки рыбы в 2,5–4 раза.

За рубежом широко применяют анестетик MS-222. Аналоги этого препарата – трикаин, метакаин. Преимущества этого препарата заключаются в относительной дешевизне, быстром всасывании и быстром выведении из организма рыбы. При концентрации анестетика 10–40 мг/л воды плотность перевозимой рыбы увеличивается в 4–6 раз. Наряду с этими препаратами используют веронал натрия, уретан, применяют электронаркоз.

Для перевозки ценных рыб используют анестетики хлорбутанол (50 мг/л), хлоргидрат (100 мг/л) и новокаин (1:5000). Рыбы могут находиться в наркозе от 2 до 7 суток при увеличении плотности посадки в 2–4 раза.

Живую рыбу можно перевозить и без воды. При перевозке различных возрастных групп клариевого сома продолжительность перевозки может составлять до 4 ч. Рыб размещают в 1–2 ряда и перевозят в ящиках. Необходимым условием при перевозке является постоянное через 20–30 мин орошение рыб водой.

Живую рыбу перевозят *автомобилями, железнодорожным, водным и авиационным транспортом*. В качестве транспортной тары используют как открытые, так и герметичные емкости. К емкостям открытого типа относят автоцистерны, съемные контейнеры, чаны, специальные вагоны, бочки, ванны и изотермические контейнеры. К емкостям закрытого типа относят полиэтиленовые пакеты.

*Автомобили для перевозки рыбы* имеют автоцистерну емкостью 2400 л. Производительность воздушного компрессора цистерны составляет 10 м<sup>3</sup>/ч. В ее передней части находится емкость для хранения льда (до 100 кг) и уснувшей рыбы. В задней стенке цистерны имеется люк диаметром 250 мм с воздушным рукавом, через который выпускают рыбу. Перед загрузкой автоцистерны рыбой воду доводят до нужной температуры. Для насыщения воды кислородом и удаления из нее углекислоты перед погрузкой на 10–15 мин включают аэрацион-

ную систему при открытых крышках загрузочных люков. Во время погрузки рыбы через верхние люки компрессор должен работать непрерывно.

В зависимости от продолжительности транспортировки, температуры воды и воздуха, возраста и размеров рыбы и других факторов соотношение воды и рыбы в емкостях для перевозки бывает различным. Оптимальным считается такое соотношение, когда при минимальном количестве воды рыба не угнетается.

Для перевозки рыбы применяют съемные контейнеры типа ИКФ-4 и ИКФ-5. Контейнеры прямоугольной формы выполнены из листового алюминия. Аэрация воды осуществляется от бензокомпрессорной установки, смонтированной на платформе автомашины. В нижней части контейнера находится люк для выгрузки рыбы. В таких контейнерах массой около 210 кг и вместимостью 1800 л можно перевозить до 900 кг рыбы.

Существуют два типа пакетов: стандартные (40 л) и крупногабаритные (до 300 л). Крупногабаритные пакеты используют для перевозки крупных рыб. Пакеты изготавливают из полиэтиленового рукава шириной 40–80 см, толщиной 0,07–0,15 мм. Для увеличения надежности их делают из нескольких слоев полиэтилена.

При перевозке молоди в течение более 2 ч пакеты наполняют кислородом при соотношении к воде 1:1. В пакет с водой помещают рыбу и вставляют резиновую трубку длиной 5–6 см. Освободив пакет от воздуха, присоединяют к резиновой трубке шланг от кислородного баллона и подают кислород. Заполненный пакет герметизируют с помощью зажима и помещают в картонную коробку. Если во время транспортировки ожидается резкая смена температуры, то в картонные коробки вокруг пакетов следует помещать теплоизоляционный материал (вату, поролон, бумагу). Перед перевозкой рыбу, за исключением личинок, необходимо выдержать без пищи не менее суток. При выпуске рыбы пакеты предварительно помещают в емкость и вскрывают после выравнивания температуры воды в пакете с температурой воды в емкости.

## 4. ИХТИПАТОЛОГИЯ И ТОКСИКОЛОГИЯ

Болезни рыб разделяют на две группы: *заразные* и *незаразные*. К заразным относят болезни, вызываемые бактериями, вирусами, грибами, водорослями, животными-паразитами. Незаразные болезни возникают в результате резких изменений факторов окружающей среды (дефицит или избыток кислорода, резкие колебания температуры, воздействие токсических веществ и т. д.), нарушения обмена веществ, а также при неправильном или неполноценном кормлении и травматизации рыб.

Заразные болезни подразделяют на *инфекционные*, возбудителями которых являются бактерии, вирусы, грибы, и *инвазионные*, вызываемые простейшими, гельминтами и ракообразными. Такие болезни называются, соответственно, бактериозами, вирусозами, микозами, протозоозами, гельминтозами и крустацеозами.

Клариевый сом подвержен практически всем вышеперечисленным заболеваниям (вирусные заболевания не зарегистрированы). А особенности его выращивания в промышленных условиях увеличивают в сотни раз опасность их возникновения.

При промышленном выращивании клариевого сома применяется комплекс мероприятий, направленный, в первую очередь, на профилактику и предотвращение попадания носителей патогенов в систему. Для этого устанавливаются зоны санитарного контроля с особенностями допуска персонала на каждый уровень.

Основными источниками возникновения заболеваний у рыб при промышленном выращивании являются: *вода, корма, оборудование и обслуживающий персонал*.

**Вода.** Закачиваемая в систему свежая вода проходит тщательную очистку, обеззараживание УФ-излучением и озонированием. Данные мероприятия проводятся относительно всех источников водоснабжения (водопровод, артезианская скважина, открытые источники).

**Корма.** Корма, используемые для кормления, должны соответствовать потребностям рыбы и поставляться с заводов в соответствующей герметичной упаковке. В случае нарушения целостности упаковки корма использовать не рекомендуется. Хранение кормов производится в отдельном помещении с соблюдением требований температурного режима и влажности воздуха.

**Оборудование.** Все оборудование, используемое на предприятии, перед и после его использования моется специализированными растворами и дезинфицируется.

**Обслуживающий персонал.** В цех по воспроизводству и выращиванию клариевого сома допускается персонал, прошедший меди-

цинское обследование. Перед началом рабочего дня персоналу необходимо переодеться в специализированную сменную одежду и выполнять соответствующие процедуры личной гигиены.

Особое внимание уделяется нахождению посторонних лиц на предприятии. Вход посторонним разрешается только в бахилах и халатах.

К общим профилактическим мероприятиям относятся: установка дезинфицирующих барьеров для автотранспорта и персонала, запрет на въезд транспорта внутрь производственных помещений (за исключением транспорта, находящегося на постоянной основе для обслуживания предприятия внутри производственных помещений), регулярный осмотр рыбы и проведение санитарно-профилактических мероприятий (влажная уборка с дезинфекцией установок и производственных помещений).

Строгое соблюдение данных правил позволит свести к минимуму вероятность возникновения эпидемий. В отличие от естественных водоемов и прудов, заболевания в УЗВ распространяются значительно быстрее, а их лечение порой труднее из-за больших объемов рыбы и невозможности применения антибиотиков и химических препаратов. Внесение препаратов непосредственно в воду может повлечь гибель бактерий в биофильтре, что приведет к полной остановке УЗВ.

Приведем краткую характеристику заболеваний, характерных при выращивании рыбы в индустриальных условиях, их диагностику, методы профилактики и лечения.

#### 4.1 Инфекционные болезни

**Миксобактериоз (бактериальная жаберная болезнь, разбухание жабр, столбчатая болезнь)** – это инфекционная болезнь, характеризующаяся поражением кожных покровов и жабр.

Возбудитель болезни – бактерия *Flexibacter columnaris*, грамотрицательная подвижная палочка длиной 3 мкм, шириной 0,5 мкм.

**Восприимчивость рыб.** Миксобактериозом болеет чаще молодь рыб в тепловодных хозяйствах при температуре около 25 °С, форель заболевает при температуре 15 °С.

**Клинические признаки и течение болезни.** Больная рыба всплывает к поверхности воды. На коже по всему телу заметны серо-белые пятна, отмечаются приподнимание жаберных крышек, отек и ослизнение жабр, вздутие брюшка.

**Патологоанатомические изменения.** У погибших от миксобактериоза рыб наблюдается очаговый дерматит (серо-белые пятна с образованием язв), асцит, приподнимание жаберных крышек и отек жабр с ослизнением жаберных лепестков.

*Диагноз* ставят комплексно с обязательным бактериологическим исследованием (обнаружение миксобактерий при микроскопии мазков, посев на цитофагагар, где наблюдается рост желтоватых ризоидных колоний).

*Лечение и профилактика.* Для лечения применяют фурацин из расчета 7,5 г на 100 кг массы тела рыбы с кормом в течение 2 недель или в виде ванн в количестве 3–5 мг/л, трипофлавин – 8 г/м<sup>3</sup> в виде ванн на протяжении 2 ч.

**Бранхиомикоз (жаберная гниль)** – это остропротекающая микозная болезнь рыб различных видов, характеризующаяся поражением кровеносных сосудов жаберного аппарата и некротическим распадом ткани жаберных лепестков.

Возбудитель болезни – гриб *Branchiomyces sanguinis*, который вызывает заболевание у карпа, сазана, их гибридов, карася серебряного, пескаря и *Branchiomyces demigrans* – у щуки обыкновенной. У линя могут паразитировать оба вида. *Br. sanguinis* – специфический паразит крови. Гифы гриба сильно разветвлены, толщиной 8–12 мкм, длиной 10–15 мкм. В вегетативной фазе они обычно тонкие, при спорообразовании утолщаются. Гифы мицелия локализуются только в стенках сосудов жаберных лепестков и респираторных складок. В соединительной ткани рост гриба прекращается. *Br. demigrans* может проникать из кровеносных сосудов жабр в соединительную ткань, при этом рост мицелия не прекращается.

*Восприимчивость рыб.* Возбудители бранхиомикоза широко распространены в окружающей среде, однако в естественных водоемах эпизоотий не регистрируется. Заболевание возникает при нарушении санитарно-биологических условий выращивания рыбы. Подвержены заболеванию карпы, сазаны, их гибриды, караси, пескари, лини, щуки. Известны случаи заражения форели радужной и сома. Болеют все возрастные группы рыб, однако более восприимчивы рыбы в возрасте 1–2 лет, среди которых возбудитель болезни распространяется до 70% случаев от общего количества особей.

Источником инфекции являются больные рыбы, трупы рыб, миконосители. Заражение происходит через инфицированные емкости, инвентарь и воду. Возникновению и распространению возбудителей болезни способствуют неполноценное кормление рыб, малая проточность и чрезмерное загрязнение воды. Эпизоотии возникают чаще всего при температуре 22–25 °С. Гибель рыбы достигает 70%.

*Клинические признаки и течение болезни.* Болезнь развивается в течение 5–12 суток. Вначале заболевания на жаберных лепестках появляются точечные кровоизлияния. Затем гифы грибов, разрастаясь, закупоривают кровеносные сосуды, вызывая эмболию. Возникает мозаичность в окрашивании жабр и некроз участков, лишенных крово-

снабжения с отмиранием лепестков и образованием зубчатого края жабр. Больная рыба не кормится, не реагирует на раздражители, подплывает к поверхности воды, но не заглатывает воздух, как при заморе. Она ложится на бок и в таком положении погибает. У выживших рыб болезнь приобретает подострое или хроническое течение. Жабры частично разрушены, регенерация их длится год или более.

*Патологоанатомические изменения.* У погибших рыб наблюдаются гиперемия жабр и точечные кровоизлияния в них (мозаичное окрашивание жабр), некроз и мутиляция (темно-серое окрашивание) отдельных участков жабр.

*Диагноз* ставят комплексно. Приоритетным является микроскопия жабр рыб, а также микологическое лабораторное исследование (при этом берут участки жаберной ткани от трупов рыб).

Бранхиомикоз необходимо дифференцировать от вирусного бранхионекроза, жаберной формы криптобиоза и дактилогироза. При вирусном бранхионекрозе в сосудах жабр рыб не обнаруживаются гифы грибов, а при патологоанатомическом вскрытии отмечаются кровоизлияния в миокарде, перикарде, мозговых оболочках и слизистой глаз. При криптобиозе и дактилогирозе в соскобах с жабр регистрируют большое количество специфических для болезней паразитов.

*Лечение и профилактика.* Эффективных способов лечения не разработано.

*Сапролегниоз* – это микозная, как правило, секундарная болезнь пресноводных рыб и икры (биссус) различных видов, характеризующаяся поражением кожи, плавников и жаберного аппарата.

Возбудитель болезни – грибы *Saprolegnia parasitica*, *S. mixta*, *S. ferax*, *S. tonica*. Морфология и особенности биологии их имеют много общего. Грибы обладают разветвленными и неразветвленными гифами, которые сплетаются и образуют мицелий. Толщина гиф варьирует в пределах 20–75 мкм, они окружены оболочкой и заполнены протоплазмой, содержащей большое количество ядер. Терминальная часть расширена и образует спорангий, в котором находятся зооспоры. После созревания спорангий лопается, и споры рассеиваются во внешнюю среду. Возможно размножение грибов и половым путем (оогонии и антеридии).

*Восприимчивость рыб.* Сапролегниозом болеют пресноводные рыбы всех возрастов. Болезнь в большинстве случаев регистрируют у рыб при индустриальных технологиях выращивания. Сопутствующие факторы заболевания: ухудшение условий содержания, истощение и травматизация рыб. Сапролегниоз часто может быть секундарным заболеванием при фурункулезе лососевых, аэромонозе карпов, других

инфекционных и инвазионных болезнях. Кроме рыб, сапролегниями поражается и икра.

*Клинические признаки и течение болезни.* На начальной стадии болезни на коже, плавниках и жабрах появляются белые тонкие нити, перпендикулярно отходящие от тела рыб. Через несколько дней в местах поселения гриба ясно виден ватообразный налет, состоящий из мицелия. В последующем гифы могут прорасти в подлежащие слои, вызывая некроз тканей и общий микотоксикоз. Ослабленные особи погибают.

*Патологоанатомические изменения.* У погибших рыб на коже, плавниках, жабрах и внутренних органах хорошо виден белый ватообразный налет, состоящий из тонких белых нитей – гиф гриба, а также наблюдаются очаги некроза кожи.

*Диагноз* ставят комплексно с учетом лабораторных исследований (проводят микроскопию соскобов и микологическое исследование). Культура хорошо растет на мясопептонном агаре, агаре Чапека в виде больших белых пушистых колоний, состоящих из свободных упругих несептированных гиф. Сапролегниоз необходимо дифференцировать от болезни Штаффа, при которой рост гиф гриба отмечается из носовых пазух и на голове.

*Лечение и профилактика.* На начальных стадиях болезни с лечебной целью рекомендуют ванны из 5%-го раствора натрия хлорида при экспозиции 5 мин, растворов малахитового зеленого – 1:200 000 (экспозиция 1 ч) и метиленового синего – 50 мг/л (экспозиция 12–16 ч).

*Аэромоноз* – это инфекционная болезнь пресноводных рыб, характеризующаяся воспалением кожного покрова, ерошением чешуи и пучеглазием.

Возбудитель болезни – бактерии *Aeromonas hydrophila*, *Aeromans sp.* подвижные грамотрицательные палочки, которые не образуют спор и капсул.

*Восприимчивость рыб.* Болеют карпы, караси, белый амур и, в частности, клариевый сом в возрасте от сеголеток до производителей. Источник заражения – больные рыбы. Заражение происходит через поврежденную кожу, жабры, а также алиментарно.

Течение аэромоноза усугубляет плотная посадка рыб, кормление маловитаминизированным, неполноценным в белковом отношении кормом, ранения, вызываемые эктопаразитами, а также травматические повреждения. Особенно опасна болезнь в промышленных хозяйствах. Заболевание возникает, когда температура воды достигает 20 °С и более.

*Клинические признаки и течение болезни.* Различают острое, подострое и хроническое течение болезни. Отмечается гиперемия кож-

ного покрова с очаговыми кровоизлияниями на ней, ерошение чешуи, пучеглазие, асцит.

*Патологоанатомические изменения.* При остром течении отмечают ерошение чешуи, экзофтальмию, серозно-геморрагический или очагово-язвенный дерматит, восковидный некроз скелетных мышц, катарально-геморрагический энтерит, спленит, энцефалит, застойную гиперемию внутренних органов, точечные геморрагии на сердце, асцит (скопление в брюшной полости кровянистой или студнеобразной жидкости со зловонным запахом). При хроническом течении регистрируют хронический язвенный дерматит и сине-фиолетовые рубцы на коже.

*Диагноз* ставят с учетом эпизоотологических, клинических, патологоанатомических данных и результатов бактериологического исследования (выделяют вирулентную культуру возбудителя, ставят биопробу на рыбе или мышах).

*Лечение и профилактика.* С лечебной целью эффективны ванны с левомицетином (300 мг/л на протяжении 12 ч). Производителям и ремонтному молодняку левомицетин вводят внутривентрально в дозе 20–30 мг/кг массы тела рыб двукратно с интервалом 2–4 суток. Всем возрастным группам – фуразолидон из расчета 6 г на 10 кг корма в течение 10 суток с интервалом 2 суток между пятидневками. С профилактической целью препарат дают производителям в дозе 0,4 г, молоди – 0,3 г на 10 кг корма.

На неблагополучное хозяйство накладывают карантин. Трупы погибших рыб обеззараживают 20%-м раствором хлорной извести и зарывают в землю на глубину 1,5 м. Всю рыбу вылавливают, условно здоровую рыбу реализуют в торговую сеть, минуя контакт со здоровыми хозяйствами. Орудия лова, тару и спецодежду дезинфицируют кипячением или обрабатывают 4%-м раствором формалина и другими дезсредствами. После проведения всех ветеринарно-санитарных мероприятий УЗВ зарыбляют здоровой рыбой.

Карантин с неблагополучного хозяйства снимают через год после последнего случая клинического проявления болезни при условии получения отрицательного результата биопробы.

## 4.2 Инвазионные болезни

*Ихтиободоз* – инвазионная болезнь, характеризующаяся поражением кожи и жабр молоди рыб.

Возбудитель болезни – простейший жгутиконосец *Ichthyobodo necatrix* размером (5–20)х(2,5–10,0) мкм. Тело грушевидной формы. На брюшной стороне – спинальный желобок, переходящий в ротовое отверстие. Из желобка отходят два упругих жгутика, при помощи ко-



торых паразит фиксируется. Размножается продольным делением пополам. В неблагоприятных условиях образует цисты. Продолжительность жизни вне тела хозяина составляет около часа. Оптимальная температура для развития равна 25 °С.

*Восприимчивость рыб.* Болеет молодь всех пресноводных рыб. Эпизоотия возникает главным образом весной и летом при большой скученности посадки; может быть и зимой. Поражается в первую очередь рыба с низкой упитанностью. Летальность достигает 97%.

*Клинические признаки и течение болезни.* Больная рыба истощена, скапливается на притоке, слабо реагирует на раздражители, жабры анемичны и обильно покрыты слизью. На теле – тусклые голубовато-серые пятна, сливающиеся в сплошной налет. Отмечается разрушение межлучевой ткани плавников.

*Патологоанатомические изменения.* У погибших рыб наблюдаются истощение, анемия и ослизнение жабр, разрушение межлучевой ткани плавников. На теле наблюдается серо-голубой налет.

*Диагноз* ставят с учетом клинических признаков и обнаружения паразитов при микроскопическом исследовании соскобов с кожи, плавников и жабр.

Ихтиободоз необходимо дифференцировать от криптобиоза, бронхиомикоза, миксобактериоза, при диагностике которых решающим аргументом является микроскопическое исследование.

*Лечение и профилактика.* Для лечения рыб и профилактики болезни используют в виде ванн калия перманганат в концентрации 1:1000 (экспозиция 20–45 с) либо в концентрации 1:100 000 (экспозиция 40–60 мин); натрия хлорид в 5%-й концентрации (экспозиция 5 мин); формальдегид в концентрации 1:5000 (экспозиция 45–60 мин); свободный хлор 0,5–1,0 мг/л (экспозиция 30–50 мин при температуре воды 2...1 °С).

*Эндопаразитарный криптобиоз* характеризуется поражением крови и развитием ярко выраженной анемии.

Возбудитель болезни – простейший жгутиконосец *Cryptobia suphini* размером (10–30)х(1–15) мкм. Тело бесцветное, удлиненное, с двумя жгутиками. Имеется блефаробласт – центр управления жгутиками и ундулирующей мембраной. Ротовая полость и пищеварительная вакуоль отсутствуют. Паразитирует в крови рыб, питается всей поверхностью тела. Размножается прямым делением, развивается со сменой хозяев. Переносчиками заболевания являются кровососущие пиявки.

*Восприимчивость рыб.* Болеют рыбы всех видов и возрастов, но наиболее подвержены заболеванию мальки и сеголетки. Заражение происходит путем переноса возбудителя пиявками от больной рыбы к

здоровой. Эпизоотии возникают в весенне-летний период. Летальность достигает 72%.

*Клинические признаки и течение болезни.* Заболевшая рыба истощена, жабры анемичны, тело незначительно гиперемировано. В периферической крови наблюдаются уменьшение количества эритроцитов, понижение свертываемости.

*Патологоанатомические изменения.* У погибших рыб наблюдаются истощение, анемия жабр, гиперемия кожи, наличие в подкожной клетчатке пузырей с розовым экссудатом, анемия и дистрофия внутренних органов.

*Диагноз* ставят комплексно с обязательным обнаружением в крови *S. surinii*.

*Лечение и профилактика.* С лечебной целью рекомендуется в течение месяца добавлять в корм метиленовый синий и генцианвиолет в соотношении 1:1000.

**Ихтиофтириоз** – инвазионная болезнь пресноводных и морских рыб, характеризующаяся поражением подслизистого слоя кожи и жабр.

Возбудитель болезни – равноресничная инфузория *Ichthyophthirius multifiliis*. Тело округлое, до 1 мм в диаметре, покрыто медиально рядами ресничек, которые сходятся у цистостомы. Макронуклеус подковообразно изогнут. Имеется множество сократительных вакуолей. В жизненном цикле различают три стадии:

- 1) стадия паразитирования в толще кожи хозяина;
- 2) стадия размножения. Вышедший из пустулы кожи ихтиофтириус на водном субстрате создает цисту, в которой, за счет многократного деления, образуется до 2 тыс. дочерних особей;
- 3) стадия свободноплавающей в воде дочерней инфузории («бродяжка»). Продолжительность жизни «бродяжки» вне тела хозяина составляет 2–3 суток. Попав на тело рыбы, дочерняя особь внедряется под кожу, где растет и созревает.

Оптимальная температура для развития инфузорий + 25 °С.

*Восприимчивость рыб.* Ихтиофтириозом болеют все виды рыб; наиболее тяжело болезнь протекает у мальков и сеголеток. При неблагоприятных условиях может поражаться товарная рыба и производители. Заражение происходит через воду и предметы рыбоводного инвентаря. Эпизоотии наблюдаются весной и летом. Экстенсивность инвазии достигает 100%, летальность – 80%.

*Клинические признаки и течение болезни.* Вначале заболевания жабры темно-вишневого цвета, с петехиями. С развитием болезни они становятся анемичными, с очагами некроза. Кожа рыб усеяна белыми дермоидными бугорками, похожими на манную крупу. По мере уси-

ления болезни рыба начинает проявлять беспокойство, затем становится малоподвижной, кожа отпадает клочьями.

*Патологоанатомические изменения.* У погибших рыб наблюдаются истощение, анемия и очаги некроза на жабрах, некроз и десквамация эпидермиса кожи, наличие паразитарных гранул в подкожной клетчатке.

*Диагноз* ставят комплексно с обнаружением ихтиофтириусов в соскобах с кожи, жабр, плавников.

*Лечение и профилактика.* Больных рыб лечат в солевых ваннах (раствор готовят из поваренной и горькой английской соли в соотношении 3,5:1,5), создавая 0,6–0,7 %-ю концентрацию. Рыб выдерживают в ваннах на протяжении 3–11 суток в зависимости от температуры. Для лечения применяют также бриллиантовую зелень и метиленовую синь (0,5–0,9 мг/л при экспозиции 1–2 суток), калия перманганат.

**Триходиноз** – инвазионная болезнь рыб, характеризующаяся поражением кожного покрова и жабр.

Возбудитель болезни – инфузории рода *Trichodina*. Тело триходин блюдцеобразной формы, диаметром 25–75 мкм. Прикрепительный диск полосчатый, снабжен венчиком, который состоит из хитиновых зубов, расположенных кольцеобразно. Макронуклеус подковообразный, микронуклеус – шарообразный. На верхнем и нижнем концевых дисках тела инфузорий имеются два круга ресничек. Паразитируют на коже и жабрах. Размножаются простым делением. У рыб паразитируют 6 видов триходин. Вне тела хозяина продолжительность жизни составляет до суток.

*Восприимчивость рыб.* Триходинозом болеют все виды рыб, наиболее восприимчива молодь до года. Рыба старших возрастов может быть источником инвазии. Заражение контактное, в любое время года. Экстенсивность инвазии достигает 100%.

*Клинические признаки и течение болезни.* Заболевшая рыба истощена, держится на притоке, заглатывает воздух, не реагирует на внешние раздражители. На теле больных рыб заметен голубоватосерый налет, тело матовое. Жабры анемичны, покрыты слизью.

*Патологоанатомические изменения.* У погибших рыб наблюдается анемия жабр, ослизнение кожи и жабр, истощение.

*Диагноз* ставят комплексно с учетом результатов микроскопии соскобов слизи с кожи и жабр.

*Лечение и профилактика.* Для лечения рыб используют поваренную соль (см. профилактику ихтиофтириоза), малахитовую зелень (0,5–1,0 г/м<sup>3</sup> при экспозиции 4–5 ч), основной ярко-зеленый (0,1–0,2 г/м<sup>3</sup> при экспозиции 1–2 суток), 2%-й раствор аммиака (экспозиция 1 мин).

*Диплостомоз (паразитарная катаракта)* – инвазионная болезнь рыб, характеризующаяся поражением нервной системы у молодняка рыб и глаз у взрослых особей.

Возбудитель болезни – метацеркарии сосальщиков из семейства *Diplostomatidae*. У рыб чаще паразитирует *Diplostomum spathaceum*. Метацеркарий *D. spathaceum* имеет плоское, овальное, прозрачное тело размером 0,5x0,3 мм, делящееся перетяжкой делится на два отдела. На переднем конце расположены ушковидные выступы и ротовая присоска. От пищевода отходят два кишечных ствола, слепо заканчивающихся. В заднем отделе имеются яичник, матка и семенники. Брюшная присоска расположена посередине тела.

Половозрелые гельминты паразитируют в кишечнике рыбоядных птиц, откладывают яйца, которые попадают с экскрементами в воду. В воде из яйца выходит мирацидий, который проникает в брюхоногих моллюсков–прудовиков, где проходят стадии спороцисты, рении и церкария. Церкарий покидает моллюска и в течение суток внедряется через кожу, жабры или пищеварительный аппарат рыбы, проникает в кровеносные сосуды, с током крови заносится в глаза и превращается в метацеркарий. Метацеркарий не инкапсулируется. Пораженную метацеркариями рыбу заглатывает птица, в кишечнике которой вырастает половозрелая трематода (марита). В рыбе метацеркарии остаются жизнеспособными до 4 лет.

*Восприимчивость рыб.* Болеет более ста видов рыб всех возрастов, но наиболее интенсивно поражается молодь.

Экстенсивность инвазии достигает 100% при интенсивности до 270 метацеркариев в каждом глазу. Регистрируется гибель мальков при интенсивности инвазии от 85 личинок диплостом.

*Клинические признаки и течение болезни.* Диплостомоз протекает остро и хронически. При остром течении, преимущественно у молоди, наблюдается поражение нервной системы мигрирующими церкариями. Рыба беспокоится, часто погибает. При хроническом течении у рыб старших возрастов отмечается потеря зрения. Рыба держится на поверхности воды и становится легкой добычей для птиц.

*Патологоанатомические изменения.* При осмотре павшей рыбы отмечают помутнение роговицы, экзофтальмию. Во внутренних органах видимых изменений нет.

*Диагноз* ставят комплексно с обязательной микроскопией хрусталика по методу раздавленной капли, где обнаруживают подвижных метацеркариев. Диплостомоз следует дифференцировать от метацеркарий, который чаще локализуется в стекловидном теле глаза.

*Лечение и профилактика.* Эффективных методов лечения не разработано.

**Постодиплостомоз (чернопятнистая болезнь)** – инвазионная болезнь пресноводных рыб, характеризующаяся появлением черного пигмента на коже, поражением мышц и искривлением позвоночника.

Возбудитель болезни – метацеркарии трематоды *Posthodiplostomum cuticola*. Личинка паразита довольно крупная, длиной до 1,5 мм. Метацеркарий грушевидной формы, размером (0,7–1,5)х(0,3–0,5) мм. Тело прозрачное, разделенное на два отдела: передний и задний. На переднем конце расположена ротовая присоска, в середине тела – брюшная. В задней части переднего отдела помещается орган Брандеса. Поселяясь в коже и в подкожной клетчатке рыб, паразит образует круглую капсулу, вокруг которой отлагается пигмент меланин в виде темного пятна.

Развитие трематоды происходит с участием двух промежуточных хозяев: брюхоногих моллюсков из семейства Planorbidae и рыб. Окончательным хозяином являются цапли и квакши. В организме definitivoного хозяина паразит выделяет яйца, которые, попав в воду, превращаются в мирацидии. Мирацидии попадают в первого промежуточного хозяина – брюхоногого моллюска. В организме моллюска паразиты проходят стадии спороцисты, редии и церкарий. Церкарии, попав в рыбу, превращаются в метацеркарии. Метацеркарии проникают в кожу и мышцы рыбы, где и обнаруживаются в виде темных пигментных пятен.

**Восприимчивость рыб.** Болезнь поражает различные виды рыб, чаще болеет молодь на первых этапах своего развития, а также сеголетки. С возрастом экстенсивность заражения снижается. Молодь и сеголетки в неблагополучных прудах заражены на 100%.

**Клинические признаки и течение болезни.** Первые признаки заболевания у мальков отмечаются уже на 8–12-е сутки их жизни.

Наиболее явный симптом болезни – пигментация поверхности тела рыбы вокруг капсул паразита. Часто наблюдаются деформация тела, искривление позвоночника, разрушение покровов тела и мускулатуры, что нередко приводит к потере подвижности. Сильно пораженная молодь держится в верхних слоях воды, она отстаёт в росте, худеет.

**Патологоанатомические изменения.** У больных рыб наблюдаются пигментные пятна в коже и мышцах (очаговый меланоз), истощение и общая анемия, атрофия мышц, искривление позвоночника.

**Диагноз** ставят комплексно с обязательной микроскопией пигментированных участков кожи и обнаружением в них метацеркариев.

**Лечение и профилактика.** В настоящее время эффективных методов лечения не разработано.

**Неохиноринхоз** – гельминтозная болезнь, вызываемая скребнем *Neoechinorhynchus rutili* из семейства *Neoechinorhynchidae*, парази-

рующим в кишечнике ручьевой и радужной форели, усача, маринки, османа, налима, окуня, хариуса, сига и некоторых других видов рыб.

Возбудитель болезни – мелкий гельминт веретенообразной формы, слегка изогнут на брюшную сторону. Имеет маленький округлый хоботок с тремя рядами крючьев, по шесть в каждом ряду. Длина тела самца – до 6 мм, самки – до 10 мм.

Половозрелая самка гельминта в кишечнике рыбы откладывает яйца овальной формы с тремя оболочками, которые с экскрементами попадают в воду. Здесь их заглатывают промежуточные хозяева: ракушковые рачки – *Ostracoda*, вислоккрылки – *Stalls*, аннелиды – *Nepheleis oktocuiata*. В организме промежуточных хозяев развиваются личинки паразитов. Рыбы, поедая инвазированных промежуточных хозяев, заражаются неохиноринхозом. В кишечнике рыбы через 3–4 недели вырастают взрослые скребни и самки начинают откладывать яйца. Яйца неохиноринхусов могут сохраняться в воде до 5–6 месяцев и являться источником заражения промежуточных хозяев. В окружающей среде инвазия сохраняется как в дефинитивном хозяине (рыбе), так и в промежуточном.

*Восприимчивость рыб.* Рыбы заражаются в конце мая – начале июня, но наиболее интенсивно в июле–августе. Экстенсивность инвазии достигает 60–70% с интенсивностью до 320 экземпляров скребней в кишечнике. К осени экстенсивность и интенсивность заражения снижаются.

*Клинические признаки и течение болезни.* Больная рыба отстаёт в росте и развитии, худеет, слизистые оболочки анемичны. Нередко она гибнет или становится жертвой рыбоядных птиц. Мощное вооружение хоботка скребня хитиновыми крючьями и внедрение в стенку кишечника рыбы обуславливает травмирование слизистой оболочки, что способствует проникновению в ранки патогенной микрофлоры. На месте фиксации паразитов развивается воспалительный процесс.

*Патологоанатомические изменения.* Отмечается геморрагическое воспаление кишечника, кровоизлияния на слизистой оболочке. В местах прикрепления скребней к слизистой оболочке кишечника образуются гранулемы, слизистая гипертрофируется. Кишечник приобретает узловатую форму. Нарушается процесс пищеварения. Тяжело переносят заболевание годовики и двухлетки рыб.

*Диагноз* ставят на основании исследования рыб и нахождения в кишечнике скребней.

*Лечение и профилактика.* В настоящее время эффективных методов лечения не разработано.

**Описторхоз** – это трематодозная болезнь человека и животных (кошек, собак, лисиц, песцов, соболей и др.), характеризующаяся поражением печени, желчного пузыря и поджелудочной железы с при-

знаками расстройства пищеварения, желтухи, истощения и общей интоксикации организма.

Возбудитель болезни – кошачий сосальщик *Opisthorchis felineus* (греч. felis – кошка). Трематода желто-красного цвета, размером (8–13)х(1,2–3,0) мм. Передний конец сужен, задний закруглен. Спереди расположена ротовая присоска, брюшная находится на расстоянии 1/4 от ротовой присоски. Два лопастных семенника имеются в задней части тела. Инцистированные метацеркарии локализуются в мышцах и подкожной клетчатке рыбы. Цисты овальные, размером (0,23–0,38) х (0,18–0,28) мм. Метацеркарии в цистах подвижные, веретенообразной формы, размером (0,20–0,26)х(0,12–0,22) мм, имеющие круглые ротовую и брюшную присоски одинакового размера.

Дефинитивный хозяин (человек, плотоядные животные) выделяет во внешнюю среду яйца трематод, из которых выходят свободноживущие личинки – мирацидии. В воде они проникают в тело промежуточного хозяина – пресноводного брюхоногого моллюска рода *Bithynia*. В течение 3–4 недель в моллюске формируются спороцисты, рении, церкарии (хвостатые личинки, покидающие промежуточного хозяина). Плавая в воде, церкарии нападают на рыбу, проникают под кожу, в мышцы и в течение 1,5 мес. превращаются в метацеркарии. Дефинитивный хозяин заражается, поедая сырую или слабопросоленную рыбу, и на протяжении 10–12 суток в печени у него формируется половозрелая трематода – марита. В рыбе метацеркарии сохраняются несколько лет. Продолжительность развития от яйца до церкария составляет 2,0–2,5 месяца, от яйца до половозрелой особи (мариты) – 3,5–5,0 месяцев.

*Восприимчивость рыб.* В очагах, неблагополучных по описторхозу, наиболее высокая зараженность отмечается у кошек (40–90%) и людей (1,5–2,5%). В Республике Беларусь метацеркариями *O. felineus* поражаются карповые рыбы в бассейнах рек Припять, Неман, Днепр, Южный Буг. Экстенсивность инвазии в неблагополучных водоемах может достигать 75% при интенсивности инвазии несколько тысяч личинок в одном экземпляре рыбы.

*Клинические признаки и течение болезни.* У человека и животных отмечаются угнетение, озноб, повышение температуры тела, асцит, увеличение печени, желтуха. В крови – эозинофилия, эритроцитопения, гемоглобинемия. У рыб наблюдаются нарушение функций движения, интоксикация.

*Патологоанатомические изменения.* При вскрытии трупов у животных регистрируют холангит, холецистит и панкреатит, дистрофию и цирроз печени, желтушность слизистых оболочек; у рыб отмечают гиперплазию мышц и подкожной клетчатки.

*Диагноз* у человека и животных устанавливают копроскопически флотационным методом на обнаружение яиц гельминтов. У рыб проводят гельминтологическое исследование кусочков мышц компрессорным методом. Для определения видовой принадлежности метацеркарий необходимо поставить биопробу на котях путем скармливания им пораженной свежей рыбы, а через 25–30 суток исследовать фекалии на обнаружение яиц и печень убитых животных на наличие взрослых трематод.

Описторхоз необходимо дифференцировать от клонорхоза, меторхоза, псевдамфистомоза, метагонимоза, эхинохазмоза.

При клонорхозе у карповых и окуней метацеркарии в цистах подвижные, удлинено-овальные, размером  $(0,30-0,38) \times (0,12-0,17)$  мм; присоски круглые, брюшная присоска больше ротовой; локализуются в подкожной клетчатке и мышцах. Половозрелые клонорхисы (китайские двуустки) похожи на описторхисов, но больших размеров  $((13-20) \times (3-4))$  мм).

При меторхозе метацеркарии локализуются в мышцах, оболочках глаз, жаберных дужках, лучах плавников карповых рыб; малоподвижные, размером  $(0,17-0,24) \times (0,11-0,17)$  мм, задний конец тела расширен, присоски круглые, одинакового размера. Половозрелые меторхисы мелкие, размером  $(2-5) \times (1-2)$  мм, тегумент покрыт шипиками.

При псевдамфистомозе метацеркарии малоподвижные, размером  $(0,30-0,44) \times (0,24-0,38)$  мм, тело покрыто шипиками, присоски круглые, одинакового размера; локализуются в мышечной ткани карповых рыб. Половозрелые псевдамфистомы размером 0,8–1,0 мм.

При метагонимозе метацеркарии малоподвижные, размером  $(0,3-0,4) \times 0,1$  мм, ротовая присоска вдвое больше брюшной; локализуются в чешуе и плавниках карповых рыб. Половозрелый метагонимус продолговато-овальной формы, размером  $1,5 \times (0,4-0,8)$  мм, густо покрыт шипиками. Паразитирует в тонком кишечнике плотоядных и человека.

При эхинохазмозе метацеркарии локализуются в жаберных лепестках хищных и карповых рыб, размером  $0,12 \times 0,04$  мм; ротовая присоска с адоральным диском и 24 крючьями, брюшная присоска расположена в задней трети тела. Половозрелые эхинохазмусы размером  $(1,6-4,8) \times (0,7-1,2)$  мм, тело покрыто шипиками, два круглых семеника лежат по средней линии тела позади петель матки.

*Лечение и профилактика.* С лечебной целью человека и животных дегельминтизируют. Запрещают использовать сырую рыбу из неблагополучных водоемов в пищу людям и на корм животным. Пораженную метацеркариями мелкую рыбу засаливают в 14%-м рассоле не менее 10 суток, крупную – 40 суток или промораживают при темпера-



туре – 32 °С – 32 суток, – 35 °С – 14 суток, – 40 °С – 7 суток, или прожаривают 15 мин, либо проваривают, разрезая на куски до 100 г, не менее 20 мин после закипания воды.

**Эхинохазмоз** – гельминтоз карповых и хищных рыб, характеризующийся поражением жабр.

Возбудитель заболевания – личиночная стадия (метацеркарий) трематоды *Echinochasmus perfoliatus*, относящиеся к семейству *Echinostomatidae*, размером 0,12x0,04 мм. Ротовая присоска снабжена адоральным диском с 24 крючьями, брюшная – расположена в задней трети тела. Половозрелые эхинохазмусы размером (1,6–4,8)x(0,7–1,2) мм. Передняя половина тела у них покрыта мелкими шипиками, два круглых семенника расположены по средней линии тела позади петьель матки.

Развитие эхинохазмусов происходит с участием двух промежуточных хозяев: моллюсков и рыб. Вышедшие из моллюсков рода *Parafossalurus* церкарии с током воды попадают на жабры рыб, а затем проникают в жаберные лепестки, где и превращаются в метацеркариев. Дефинитивные хозяева (свиньи, псовые, кошки, человек) заражаются при поедании сырой рыбы, инвазированной метацеркариями эхинохазмусов. В кишечнике окончательных хозяев гельминты достигают половой зрелости за 20–35 суток и живут от 6 месяцев (у свиней) до нескольких лет (у плотоядных).

**Восприимчивость рыб.** Болеют щука обыкновенная, линь, окунь, судак, красноперка, сом, карп, язь, лещ и др. В Республике Беларусь в очагах инвазии (в бассейнах рек Днепра, Березины, Сожа, Западной Двины, Припяти) зараженность рыб метацеркариями достигает 76% с интенсивностью инвазии до 500 метацеркариев. Окончательные хозяева – свиньи, собаки, лисицы, кошки и человек.

**Клинические признаки и течение.** Метацеркарии эхинохазмусов вызывают отек жаберных лепестков и нарушают процесс дыхания рыб. В организме дефинитивных хозяев половозрелые эхинохазмусы вызывают хронический энтерит (появляются диарея, рвота, истощение), периодические судороги и повышение температуры тела, учащение пульса и дыхания.

**Патологоанатомические изменения.** Жабры погибших рыб неравномерно окрашены, обильно покрыты слизью. Жаберные лепестки отечны.

**Диагноз** ставится при осмотре жабр на обнаружение в них метацеркариев эхинохазмусов. У животных и человека диагноз основан на результатах гельминто-копрологического исследования (метод последовательных промываний); посмертно – на данных гельминтологического вскрытия.

*Лечение и профилактика.* В настоящее время эффективных методов лечения не разработано.

**Дифиллоботриоз** – цестодозная болезнь человека и плотоядных животных (собак, кошек, лисиц, песцов), характеризующаяся поражением кишечника с признаками расстройства пищеварения, анемии, возбуждения и общей интоксикации организма.

Возбудитель болезни – широкий лентец *Diphyllobotrium latum* (широкий), относящийся к типу *Plathelminthes*, классу *Cestoda*, паразитирующий в тонком отделе кишечника дефинитивных хозяев. Взрослый паразит *D. latum* – членистая цестода длиной 0,5–10 м, шириной 0,5–1,5 см. Сколекс удлинено-овальный с двумя ботриями (щелями). Членики короткие, широкие. Матка открытого типа, яичник в виде крыльев бабочки. Плероцеркоиды удлинённой формы, тело нерасчленённое, кремового цвета, размером 1–3 мм, на головном конце есть две ботрии.

Дефинитивный хозяин выделяет вместе с фекалиями яйца цестод. Попадая в воду, из яйца на 8–10-е сутки выходит корацидий, который заглатывается первым промежуточным хозяином – циклопом или диаптомусом. В нем на 20–25-е сутки формируется процеркоид. Инвазированные рачки поедаются рыбами (хищные виды), в организме которых формируются плероцеркоиды (в мышцах, во внутренних органах, гонадах). Человек или плотоядные животные заражаются, поедая сырую икру или недостаточно термически обработанную рыбу. В тонком кишечнике человека и плотоядных животных формируется половозрелая стадия цестоды.

*Восприимчивость рыб.* Дифиллоботриоз распространен повсеместно. Экстенсивность инвазии у щук, налимов, ершей и окуней в отдельных водоемах может достигать 80–90% при интенсивности инвазии до 250 плероцеркоидов на одну рыбу.

*Клинические признаки и течение болезни.* При высокой интенсивности инвазии рыба истощена, вялая, отказывается от корма.

При инвазировании до 10–15 плероцеркоидов на рыбу клинических признаков заболевания не регистрируют.

*Патологоанатомические изменения.* При осмотре обнаруживают множественные паразитарные гранулемы (плероцеркоиды) в мышцах, стенке кишечника, брюшине, печени, гонадах рыб.

*Диагноз* ставят путем паразитологического исследования с обнаружением плероцеркоидов в мышцах, стенке кишечника, брюшине, печени, гонадах.

*Лечение и профилактика.* Человека и животных дегельминтизируют.

Пораженную рыбу запрещено использовать в пищу в свежем, слабо подсоленном и провяленном виде. Инвазированная рыба под-

лежит засолу в течение 14 суток или промораживанию при температуре  $-18...-20$  °С на протяжении 48 ч, а также проварке или прожарке. Необходимо проводить разъяснительную работу среди населения.

**Диоктофимоз** – нематодозная болезнь человека и плотоядных животных, характеризующаяся поражением почечной лоханки, мочеточников и мочевого пузыря.

Возбудитель болезни – нематода *Dioctophyme renale*, которая паразитирует в почечной лоханке, мочеточниках и мочевом пузыре серебристо-черных лисиц, куниц, собак и других плотоядных животных. Нематода красного цвета. Длина самца достигает 25–35 см, а самки – 100–103 см. Самка выделяет яйца коричневого цвета с крышечками на концах. Оболочка яйца толстая, состоит из трех слоев: наружного, внутреннего и желточной мембраны.

Половозрелая самка, локализуясь в указанных выше местах, выделяет яйца, которые с мочой попадают во внешнюю среду. Во внешней среде (вода) яйцо развивается в течение месяца и в нем образуется личинка первой стадии, которая не выходит из яйца. Яйцо с личинкой проглатывается промежуточным хозяином – олигохетой. В кишечнике из яйца выходит личинка и мигрирует в брюшной кровеносный сосуд. Там она растет и развивается, через 50–60 суток линяет и превращается в личинку второй стадии. Спустя 3,5–4,0 месяца личинка вновь линяет и превращается в личинку третьей стадии. На этой стадии формируются самцы и самки. Олигохет, зараженных инвазионными личинками, поедают рыбы (дополнительные хозяева). В рыбах личинки не развиваются, но, попадая в организм дефинитивного хозяина, превращаются в половозрелые особи. Весь жизненный цикл завершается за 8–9 месяцев.

**Восприимчивость рыб.** Наиболее часто инвазионными личинками заражаются чехонь, окунь, усач, щука, сомы и другие виды рыб.

**Клинические признаки и течение болезни.** У рыб личинки локализуются на брюшине, в стенке кишечника, где образуют цисты. Длина личинки равна 6,9–8,2 мм, ширина – 0,19–0,20 мм.

**Диагноз** ставят комплексно с обязательным проведением микроскопических исследований и обнаружением цист паразита.

**Лечение и профилактика.** В настоящее время эффективных методов лечения не разработано.

### 4.3 Незаразные болезни

**Жировая дистрофия печени (гепатодистрофия)** – алиментарная болезнь, которая характеризуется жировой дистрофией печеночных клеток, развивающаяся в результате нарушения обмена веществ с отложением в пораженной ткани пигмента цероида.

*Восприимчивость рыб.* Болезнь возникает у рыб, не получавших естественной пищи, а также при кормлении недоброкачественными искусственными кормами. Болезнь чаще встречается у карпов, форелей и реже у других видов рыб.

*Клинические признаки и течение болезни.* Болезнь может протекать остро и хронически. При остром течении больная рыба в короткий срок приобретает темный цвет, иногда почти черный, часто с фиолетовым отливом. Рыба перестает питаться, собирается у берегов на мелководье, теряет равновесие при плавании. У нее нарушается координация движения, наблюдаются конвульсии, и она вскоре умирает. Чаще погибают крупные особи.

При хроническом течении ясно выраженного изменения окраски тела и поведения у больных рыб не наблюдается. Отмечается некоторое ухудшение аппетита, может развиваться асцит, пучеглазие, слизистая оболочка кишечника воспалена, появляется резкая анемия жабр. Гибель рыб не носит массового характера, отход значительный и сопровождается длительным временем.

*Патологоанатомические изменения.* У погибших рыб наблюдаются асцит, катаральный энтерит, обильное отложение жира в жировых депо, жировая инфильтрация печени и других органов.

*Диагноз* ставят комплексно с учетом анализа кормов, клинических признаков, патологоанатомических изменений и результатов гистологических исследований.

*Лечение и профилактика.* Из рациона рыбы исключают недоброкачественные корма, кормление производят сбалансированными по витаминам кормами. При возникновении заболевания в рацион рыбы включают свежую селезенку крупного рогатого скота, свежую рыбу, пивные дрожжи (2–3 г/кг корма), рыбий жир. При тяжелом течении болезни назначают 10–15-суточную голодную диету, после чего дают легкоусвояемые витаминизированные корма.

*Гипо- и авитаминозы.* Витамины необходимы организму как материал для построения ферментных систем. Они участвуют в процессе анаболизма и катаболизма, синтеза биологически активных веществ, в построении клеточных и тканевых структур организма, в пластических и регенеративных процессах.

Витамины подразделяются на три группы: *жирорастворимые, водорастворимые и витаминopodobные соединения.* Чаще всего авитаминозы у рыб развиваются при кормлении их недоброкачественными или несбалансированными кормами. Диагноз ставят комплексно с учетом клинических признаков, патологоанатомических изменений, лабораторных исследований крови, анализа кормов.

*Гипо- и авитаминоз А.* Заболевшая рыба малоактивна, замедляются ее рост и развитие, теряется аппетит, ослабевает зрение, наблю-

дается деформация жаберных крышек, снижается устойчивость к различным заболеваниям. При вскрытии отмечается кератинизация эпителиальной ткани, дистрофия печени и почек, наблюдаются нарушения в развитии хрящевой и костной ткани, ксерофтальмия.

*Гипо- и авитаминоз D.* Снижается аппетит, рыба становится малоактивной, замедляются рост и развитие, отмечаются недоразвитие жаберных крышек, искривление позвоночника и тетания. При вскрытии наблюдаются деформация костей скелета, дистрофия паренхиматозных органов, уродства.

*Гипо- и авитаминоз E.* Заболевшая рыба малоподвижна, резко снижается аппетит, замедляются рост и развитие. Наблюдаются асцит, пучеглазие, анемия и булавовидные утолщения жаберных лепестков. На жабрах отмечаются множественные кровоизлияния, депигментация и затрудненность дыхания. При вскрытии регистрируются асцит, экзофтальмия, дистрофия печени, почек, сердца, скелетных мышц, общая анемия, депигментация кожи, гипотрофия, кровоизлияния во внутренних органах.

*Гипо- и авитаминоз C.* Наблюдаются нарушения в образовании сухожилий и хрящей, искривление позвоночника. Отмечаются расчленение хрящей, жаберных лепестков, повреждение склеры, кровоизлияния в коже и внутренних органах. Снижается скорость заживления ран, наблюдается образование кожных опухолей. При вскрытии регистрируются кровоизлияния на коже, склере и во внутренних органах, деформация костной и хрящевой ткани скелета, опухоли на коже.

*Гипо- и авитаминоз K.* Недостаток витамина K у рыб семейства Лососевые вызывает понижение свертываемости крови, кровоизлияния, анемию. У сомика канального отмечаются геморрагии на теле и плавниках. При вскрытии наблюдаются кровоизлияния на коже и во внутренних органах, анемия.

*Гипо- и авитаминоз B<sub>1</sub> (тиамин).* Отмечаются потеря аппетита, замедление темпа роста, нарушение пигментации, атрофия мышц, нервные расстройства. При вскрытии наблюдаются жировая дистрофия печени, нарушения пигментации кожи, атрофия мышц, общее недоразвитие.

*Гипо- и авитаминоз B<sub>2</sub> (рибофлавин).* Отмечаются ухудшение аппетита, замедление роста, помутнение хрусталика, кровоизлияния в глазном яблоке, светобоязнь, судорожные сокращения брюшной стенки, анемия, потемнение окраски кожи. При вскрытии регистрируются усиление пигментации кожи, кровоизлияния в глазном яблоке, анемия, общее недоразвитие.

*Гипо- и авитаминоз B<sub>5</sub> (никотиновая кислота).* Наблюдается снижение темпов роста, у форели радужной – сильное набухание жабр, у молоди карпа – геморрагии, снижение общей резистентности

организма. При вскрытии регистрируются серозный отек стенки желудка и кишечника, язвы и кровоизлияния на слизистой оболочке толстого отдела кишечника, гипотрофия, недоразвитие.

*Гипо- и авитаминоз B<sub>6</sub> (пиридоксин).* Отмечаются потеря аппетита, нервные расстройства, множественные кровоизлияния во внутренних органах и коже, анемия, учащенное дыхание, асцит, выгибание жаберных крышек, пучеглазие. При вскрытии наблюдаются экзофтальмия, геморрагический диатез, дистрофия внутренних органов, асцит, анемия.

*Гипо- и авитаминоз B<sub>9</sub> (фолиевая кислота).* У рыб отмечаются снижение темпов роста, ломкость плавников, пучеглазие, потемнение окраски кожи, асцит. При вскрытии наблюдаются общая анемия, асцит, экзофтальмия, гиперпигментация кожи, общая гипотрофия.

*Гипо- и авитаминоз B<sub>12</sub> (цианкобаламин).* При недостатке витамина B<sub>12</sub> у рыб отмечаются потеря аппетита, замедление роста, анемия, нарушение деятельности кишечника, снижение общей резистентности организма. При вскрытии регистрируются анемия, катаральный энтерит, гипотрофия.

**Лечение и профилактика.** Универсальное средство профилактики гипо- и авитаминозов – включение в рацион рыб живых, естественных, витаминизированных кормов. Особенно незаменимы для мальков планктон и бентос. При интенсивном ведении рыбоводства, когда ограничены возможности использования живых кормов, в рацион вводят различные витаминные добавки: премиксы, дрожжи, рыбий жир, зеленую массу, печень, селезенку животных и сухое молоко. Рыбную, мясо-костную и кровяную муку не рекомендуется давать малькам, не достигшим массы 1 г. Из рациона исключаются испорченные, заплесневелые и долго хранящиеся корма, так как они не только бедны витаминами, но и способствуют разрушению уже имеющихся витаминов в организме рыб.

**Газопузырьковая болезнь** – массовая болезнь рыб, характеризующаяся образованием в теле рыб газовых пузырьков.

**Восприимчивость рыб.** Чаще болезнь регистрируется в индустриальных хозяйствах на теплых или геотермальных водах, в инкубационных цехах, аквариумах. Наиболее подвержена заболеванию молодь всех видов рыб.

Болезнь развивается при перенасыщении воды различными газами (молекулярным азотом и кислородом). При этом происходит изменение порционного давления этих газов в воде, что ведет к нарушению равновесия давления газов в крови рыб. Это является причиной избытка газов в плазме крови и заболевания рыбы. Перенасыщение воды газами может наблюдаться при заборе насосами вместе с во-

дой и воздуха. В этих случаях происходит перемешивание воды и воздуха с образованием водо-воздушной смеси молочного цвета.

*Клинические признаки и течение болезни.* Рыба беспокоится, отмечается судорожное дрожание плавников и всего тела. Повышается раздражимость, уменьшается количество дыхательных движений в минуту. Под эпителием кожи и в области глаз, плавников и в других местах тела взрослых рыб обнаруживаются воздушные пузырьки. Больная рыба не питается. Держится у поверхности воды. У рыбы могут отмечаться потеря зрения, поражение органов боковой линии. Нарастающая газовая эмболия приводит к гибели рыб. Диагноз ставят комплексно.

*Лечение и профилактика.* В бассейнах, лотках и других емкостях, где выращивается и содержится рыба, проводят тщательный гидрохимический контроль. Для устранения избытка газов применяют метод отстаивания подаваемой воды в промежуточных бассейнах, где движение воды минимально (полный обмен воды в течение суток), что нормализует газовый режим. Дегазацию осуществляют путем разбрызгивания воды или пропускания через каскад.

*Травмы* – это механические повреждения рыб, возникающие при нарушении технологии выращивания.

*Восприимчивость рыб.* Гибель рыб от травм может происходить как от механических повреждений непосредственно, так и от вторично возникающих причин, чаще инфекционной этиологии. Наиболее опасны травмы при осенних обловах и пересадках рыб. В этот период температура воды опускается ниже 10 °С и восстановительные процессы у рыб резко замедляются. Значительно повреждается рыба при вылове ее из рыбоуловителей сачками и кошельковыми подъемниками, причем при перегрузке подъемника наблюдается контузия рыбы. Травматизация происходит также при перевозке рыбы в непригодной таре и выпуске ее в пруды. Отмечают травматизацию при бонитировке, инвентаризации и гипофизарных инъекциях у производителей.

*Клинические признаки и течение болезни.* При травматизации происходит сбой чешуи, обламываются лучи плавников, наносятся царапины, различного рода раны, ушибы и сдавливания глубоких слоев мышечной ткани, а также внутренних органов, что вызывает кровоподтеки и кровоизлияния.

В результате травмирования икры и эмбрионов появляются уродливые мальки и сеголетки. Вследствие продолжительного давления на различные участки тела атрофируются органы и ткани. Пролежни образуются у рыб в зимовальных прудах, ложе которых усыпано гравием или щебенкой. В подобных случаях у рыб чаще наблюдаются атрофия и некроз поврежденных участков тела. Обычно раны и

язвы заживают быстро, что объясняется активными регенеративными процессами в тканях рыб. Однако нередко через поврежденные участки кожи в организм рыб проникают патогенные агенты, что приводит к гибели рыб. Так, при зимовке на поврежденных участках тела рыб развивается мицелий гриба рода *Saprolegnia*.

*Диагноз* ставят после клинического осмотра рыб и обнаружения травматических повреждений.

*Профилактика.* В качестве лечебной меры можно рекомендовать обработку повреждений растворами органических красителей (0,1 г/м<sup>3</sup> бриллиантового зеленого). Это способствует заживлению травм и профилактике заболевания рыб сапролегниозом.

Проводимые лечебные мероприятия направлены в основном на предупреждение механических повреждений у рыб. При садковом выращивании необходимо использовать безузловую дель, при выращивании рыб в бассейнах стенки их должны быть гладкими. Необходимо осторожно обращаться с рыбой при инвентаризации, бонитировке и гипофизарных инъекциях.

**Водная токсикология** – это раздел токсикологии, который изучает токсические действия водной среды, загрязненной различными ядовитыми веществами, на организмы, обитающие в воде, и биологические процессы, происходящие в водоемах. Различают острые, подострые и хронические токсикозы.

*Острые отравления* вызываются одновременным поступлением в организм больших количеств веществ и сопровождаются быстрым развитием признаков заболевания, специфических для каждого яда или группы веществ, близких по своей химической структуре.

*Подострое отравление* возникает при поступлении относительно меньшего количества ядов и протекает менее интенсивно, а процесс интоксикации затягивается.

*Хронические отравления* отличаются длительным течением, сопровождаются постоянной гибелью части стада рыб и проявляются в стертой или бессимптомной форме.

*Клинические признаки и течение болезни.* В зависимости от действующего яда клиническая картина может значительно отличаться. Однако при этом существует ряд общих тенденций.

При острых токсикозах гибель рыбы, как правило, наступает в короткие сроки, от нескольких часов до суток. При этом отмечают депрессию, нарушение координации движения, тремор мускулатуры, судорожные подергивания и агонию.

При подострых токсикозах клиническая картина сходна с острыми токсикозами, но протекает значительно дольше, 3–5 суток.

При хронических токсикозах клинические изменения проявляются в стертой форме или же болезнь проходит бессимптомно.



*Патологоанатомические изменения.* В зависимости от характера токсиканта патологоанатомические изменения могут также варьировать. При вскрытии живых рыб или их трупов в первую очередь обращают внимание на трупное окоченение, которое сильнее выражено и быстрее наступает при отравлении нервно-паралитическими ядами (пестицидами, органическими соединениями). В меньшей степени окоченение проявляется при отравлении наркотическими веществами и местнораздражающими ядами. Кислоты и тяжелые металлы в высоких концентрациях вызывают коагулирование слизи (она становится густой, творожистой, плохо отделяется от тела). Щелочи, щелочно-земельные металлы, наоборот, разжижают слизь.

При острых отравлениях ядами местнораздражающего действия (щелочи, кислоты, соли тяжелых металлов, аммиак, хлор и др.) на поверхности тела, плавниках и жабрах часто встречаются точечно-пятнистые или полосчатые кровоизлияния, помутнение и даже разрушение роговицы глаз. В то же время резорбтивные яды не вызывают значительной местной реакции, а оказывают общее действие: нарушают кровообращение, провоцируют дистрофические изменения и отек во внутренних органах.

Важно знать, что при большинстве токсикозов в различной форме повреждаются жабры (застой крови, цианоз, кровоизлияния, отек, дистрофия и некроз поверхностного эпителия и глубоких тканей). Характер и тяжесть этих изменений зависит от агрессивности химического вещества.

При хронических отравлениях патологоанатомические изменения выражены менее ярко и чаще всего проявляются в снижении упитанности, анемии жабр, внутренних органов, атрофии печени, гидратации мускулатуры и т. д. Для уточнения диагноза проводят гистологические исследования.

*Диагноз* ставят с помощью органолептических и биологических исследований. Силу запаха определяют органолептически в воде (после подогревания) и мясе рыб (проба варки). Для этого мелко нарезанные кусочки мяса или органов (около 100 г) заливают двойным количеством воды и кипятят в колбе, прикрытой стеклом, в течение 5 минут. Запах паров проверяют сразу после закипания воды и в конце пробы. Хорошо ощущаются специфические запахи фенола, хлорпроизводных, циклических углеводородов, нефти и нефтепродуктов, смол, эфирных масел, многих пестицидов и других веществ.

Токсичность можно определить и в аквариумах при исследовании патологического материала или экстрактов из него, а также с помощью постановки пробы на тест-организмах (рыбах, мышах, насекомых и др.) путем скармливания или парентерального введения.

Лабораторные исследования являются основными при диагностике токсикозов. Пробы воды берут в нескольких точках водоема с таким учетом, чтобы они отражали загрязненность определенного участка (зоны гибели рыбы, место впадения стока и др.), а также вне загрязненной зоны для контроля. Объем воды для пробы – 1–2 л. Пробы грунта отбирают дночерпателем (2 кг), подсушивают и упаковывают в полиэтиленовые пакеты. Рыбу в лабораторию отправляют в живом виде, общим весом не менее 1 кг и не менее пяти экземпляров каждого вида и возраста. В качестве контроля отправляют такое же количество рыбы из благополучной зоны или водоема.

*Профилактика.* Основными мероприятиями являются недопущение попадания интоксикантов в рыбохозяйственные емкости; соблюдение правил хранения и использования токсических веществ; периодическое обследование воды на наличие токсикантов, выборочный контроль рыбы и воды.

*Лордоз (сколиоз, деформация головы, деформация скелета)* – незаразное заболевание рыб.

*Клинические признаки и течение болезни.* У рыбы пропадает аппетит, она становится летаргичной и гибнет с набухшей тканью с обеих сторон головы. Обычно такая проблема встречается у рыб, длина которых менее 10 сантиметров.

*Патологоанатомические изменения.* У мертвой рыбы утолщенный и изогнутый череп, который свидетельствует о формировании трещин.

*Лечение и профилактика.* Чтобы особи не сталкивались с деформацией головы, им регулярно добавляют в корм витамин С.

#### **4.4 Санитарно-гигиенические требования при эксплуатации УЗВ-систем**

Борьба с болезнями рыб ведется путем их предупреждения и лечения. Предупреждение заболеваний осуществляется до возникновения массового заражения и заболевания рыбы. Лечение проводят при обнаружении заболевания. Любое заболевание легче предупредить, чем вылечить, поэтому основное место в борьбе с болезнями рыб занимает их профилактика, а затем уже терапия.

Возникновению любого заболевания предшествуют *три основных фактора*:

- условия среды, благоприятные для появления и протекания той или иной болезни;
- ослабление иммунитета рыб вследствие несоответствующих условий среды и повышенная восприимчивость их к болезням;
- наличие возбудителя.

Чтобы предотвратить возникновение болезни, требуется исключить эти *факторы риска*:

1. Во все периоды роста и развития рыб необходимо создавать им оптимальные условия водной среды, для чего необходимо неукоснительно соблюдать принятую технологию выращивания, рыбоводно-биологические нормативы качества воды, плотность посадки и другие технологические мероприятия (кормление, содержание и т. д.). Это позволит существенно снизить риск возникновения заразных и незаразных заболеваний, так как в благоприятных условиях содержания иммунитет рыб достаточно высок для противостояния многим болезням.

2. Для предотвращения третьего фактора риска необходимо не допустить возникновения заболеваний внутри хозяйства, предупредить завоз возбудителей извне и строго соблюдать условия проведения транспортировки и карантина рыб.

Основными распространителями болезней рыб являются *икра, рыбы и вода*. Также источниками заражения могут служить *корм, рыбоводный инвентарь, человек и животные*.

Для профилактики болезней рыб необходимо:

- поддерживать в хозяйстве на должном уровне чистоту и порядок;
- правильно организовать рыбоводный процесс;
- выполнять в процессе производства все рыбоводные и ветеринарно-санитарные правила и нормативы (при этом исходить из условия раздельного выращивания рыб по видам и возрастам);
- перемещение рыб внутри хозяйства осуществлять в зависимости от эпизоотического состояния и условий выращивания;
- осуществлять постоянный контроль и учет за рыбоводной и ветеринарно-санитарной деятельностью по существующим формам.

Важным аспектом деятельности рыбоводного производства индустриального типа является проведение ветеринарно-санитарной, прежде всего профилактической, работы.

К основным ветеринарно-санитарным мероприятиям относятся:

- соблюдение ветеринарных правил и рыбоводных норм при межхозяйственных перевозках (завозе в рыбопитомник) икры или рыбы;
- профилактическое гарантирование (выдерживание в изоляции) завезенной икры или рыбопосадочного материала;
- профилактическая дезинфекция и дезинвазия поверхностей лотков и емкостей для выращивания рыбы, частей технологического оборудования и рыбоводного инвентаря;

– регулярный ихтиопатологический мониторинг хозяйства: профилактическая противопаразитарная обработка икры и рыбы.

В УЗВ при несоблюдении санитарных требований могут возникать различные заболевания, такие как бактериоз, аэромоноз, вирусные, грибковые и другие заболевания, для лечения которых необходимо использовать антибиотики и антипаразитарные препараты. Внешение таких препаратов в закрытые циркуляционные системы может нарушать работу биофильтра и значительно снижать эффективность рыбоводных мероприятий.

Интенсивное рыбоводство обладает своими специфическими особенностями: высокой концентрацией рыбы на небольших площадях и напряженным гидрохимическим режимом. Все это способствует возникновению и быстрому распространению болезней.

Главной задачей интенсивного рыбоводства является полное изолирование УЗВ от нежелательных патогенов. Если все же это произошло и пришлось использовать лекарственные препараты, необходимо действовать следующим образом:

- прекратить кормление;
- отключить биофильтр;
- после обнаружения причины заболевания лучше использовать лекарства, которые нестабильны в воде. Некоторые антибиотики теряют свою силу через 10–12 ч. За это время, несмотря на отключенный биофильтр, с рыбой ничего не случится. Данный алгоритм лечения рыбы был успешно проверен на практике.

При проведении лечебных мероприятий необходимо проводить постоянный мониторинг уровня содержания аммония в воде.

Икра рыб, привозимая в установку, должна быть абсолютно здоровой и поставляться сертифицировано из благополучных, свободных от болезней промышленных хозяйств. Ввозимая икра должна иметь разрешение на ввоз Департамента ветеринарного и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, а каждая партия ввозимой рыбы – ветеринарное свидетельство. Во всех случаях икра и рыба допускаются к перевозке только после выборочного ихтиопатологического обследования (не менее 10 – 15 экземпляров из отправляемой партии). Самым надежным способом убедиться в здоровом состоянии икры является обследование маточного стада.

В случае необходимости дезинфекцию икры проводят в растворе йода с концентрацией 3 мл на 30 л воды в течение 10 минут. При этом следует обновлять раствор после обработки каждых 50 кг икры. Для икры на стадии «глазка» дезинфицирующие растворы следует добавлять в физиологический (солевой) раствор, что предотвратит впитывание йода в икру. При этом рН дезинфицирующего раствора нуж-

но довести до нейтрального (6,8), чтобы не увеличивать токсичность йодсодержащих растворов.

*Профилактическое карантинирование* завезенной икры или рыбы является обязательным. Это связано с тем, что при любой перевозке существует опасность возникновения вспышки заболевания не только от занесенных возбудителей, но и от местных микроорганизмов, являющихся патогенными для организма завезенных рыб. Срок карантинизации устанавливается ветеринарной службой в зависимости от вида рыбы и температуры воды, но не менее 30 суток.

Особое внимание следует уделять водообеспечению хозяйства. Используемая вода должна быть свободной от патогенных организмов или обеззараживаться (стерилизоваться) перед подачей в систему. Качество воды должно соответствовать физиологическим потребностям выращиваемой рыбы. Место забора воды не должно находиться рядом с местом сброса сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий. С эпизоотической точки зрения рекомендуется использовать для водоподачи подземные воды (грунтовые, артезианские и т.п.), а не естественные водоисточники. Дезинфицируется вода УФ-излучением, возможно применение песочных фильтров и озона.

Важно, чтобы поступающая вода эффективно сменялась, способствовала очищению бассейнов и интенсивно смывала накапливающиеся твердые вещества в канализацию.

Эффективная борьба с болезнями предусматривает надлежащую общую чистоту и порядок, поэтому при любой возможности следует проводить тщательную дезинфекцию системы. Это относится как к новым установкам, готовым к первому запуску, так и к существующим системам, из которых удалили рыбу и они готовы к новому производственному циклу.

Чистка рабочих поверхностей производится механическим способом (щеткой с применением щелочного моющего вещества), либо мытьем водой (60 °С) под давлением.

Для дезинфекции системы обычно применяют гидроксид натрия (NaOH) с целью увеличения pH до 11–12, в количестве 1 кг на 1 м<sup>3</sup> воды в зависимости от ее буферной емкости.

Для обработки рабочих поверхностей и оборудования необходимо погрузить его в 15 % раствор йода либо опрыскать этим раствором, после чего выдержать в течение 20 мин и сполоснуть чистой водой. Возможно применение раствора хлорной извести или органических красителей.

В частности, рыбоводный инвентарь можно дезинфицировать 2–4% раствором формалина в течение 10–15 минут. Емкости для выращивания рыбы после промывки нередко обрабатывают свежим 20% раствором извести. Также для профилактической и противопарази-

тарной обработки используют растворы поваренной соли, маргацово-кислого калия, метиленовой сини, хлорной извести и др.

При профилактической обработке рыб особое внимание следует обращать на чистоту их жизненной среды. Скапливающиеся в емкостях для выращивания рыбы загрязнения (обрастания, фекалии и др.) провоцируют развитие заболеваний. Качество воды влияет на эффективность препаратов при лечебном купании рыб.

Обработку рыб следует проводить только после тщательного изучения ситуации и выявления возбудителя. Купания не должны проводиться с равномерными интервалами, как постоянные плановые мероприятия, так как любой широко применяемый химический препарат (дезинфектант) в какой-то степени токсичен для рыб.

Солевые ванны обычно применяют при температуре от 6 до 17 °С в концентрации 5%, продолжительность их до 5 минут. Аммиачные ванны, особенно эффективные против дактилогирусов, применяют для обработки крупной молоди и сеголетков при концентрации 0,2%, продолжительность их до 1 минуты. Ванны с метиленовой синью готовят из расчета 200 мг на 1 л воды, продолжительность их до 7 суток, эффективны против воспаления плавательного пузыря.

При лечебном купании следует соблюдать ряд важных правил:

- производить купание только при необходимости, как можно на более раннем этапе заболевания;
- производить купание по возможности в чистой емкости (чистку емкости провести заблаговременно, чтобы вода была высокого качества);
- купание производить в самое прохладное время суток. Перед купанием желателно не кормить рыб за 8–12 ч (для молоди – за 4 ч), так как рыба с пустым желудком расходует меньше кислорода и поэтому лучше переносит купание;
- удостовериться в хорошем качестве препарата для лечебного купания – проверить заранее раствор отдельно на нескольких экземплярах рыб, особенно если применяется новый препарат или его форма;
- постоянно контролировать процесс купания. Сразу же его прекращать, если у рыб возникли симптомы дефицита кислорода или ухудшение состояния;
- следить за содержанием кислорода в воде и применять при необходимости оксигенацию;
- повторять обработку только в случае крайней необходимости. Между процедурами должен быть интервал не менее 30 ч;
- регистрировать проведенные мероприятия и результат процедуры;

– персоналу применять надлежащее защитное оборудование (перчатки, противогаз или полумаска, снабженная фильтром класса А, защитные очки и др.).

Хорошим способом для предупреждения распространения патогенов внутри системы является физическое разделение различных этапов производства. То есть каждая часть рыбопитомника (инкубационный цех, выростной и нагульные блоки) должна работать как изолированная и закрытая система, что позволит в случае необходимости намного легче справиться с заболеванием.

Еще одним источником заражения могут стать мертвые или погибающие рыбы. Вылов таких рыб должен происходить постоянно. Орудия лова и емкости, применяемые при вылове мертвых рыб, следует мыть и дезинфицировать надлежащим образом. Утилизация рыбы проводится в соответствии с действующим законодательством по согласованию с органами ветеринарного надзора.

Определяющим фактором успешного производства является недопущение заноса заболеваний персоналом хозяйства или посетителями. Для этого необходимо неукоснительно соблюдать ряд санитарно-гигиенических требований:

– перед входом в производственные помещения необходимо переодеться в спецодежду и обувь, в случае многократного использования спецодежды проводить регулярную ее обработку;

– до и после посещения помыть или продезинфицировать спецрастворами или дезсредствами руки;

– пользоваться размещенными при входе/выходе дезинфицирующими ковриками;

– проводить еженедельно ихтиопатологический контроль за выращиваемой молодью, визуальный контроль за поведением и ростом рыбы проводить постоянно;

– обслуживающему персоналу соблюдать максимум чистоты;

– для посетителей желательно использовать сменную одежду и обувь, использовать ножные ванны для обработки обуви с 2% раствором йода;

– внутри производственных помещений посетители не должны вступать в контакт с водой, рыбами, кормами, рыбоводным инвентарем и оборудованием хозяйства. Посещение питомника должно быть строго ограничено и проходить под контролем его работников.

*Выписка из Постановления Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 91*

*касающаяся предприятий, занимающихся выращиванием рыб с использованием УЗВ-систем*

**«Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил для организаций, осуществляющих деятельность по разведению и выращиванию рыбы»**

В целях профилактики инфекционных и инвазионных болезней рыб руководители и специалисты рыбоводных организаций обязаны обеспечить проведение комплекса общих рыбоводно-мелиоративных и ветеринарно-санитарных мероприятий, а также выполнение ветеринарно-санитарных требований, касающихся строительства, оборудования, эксплуатации рыбоводных угодий, с соблюдением санитарного режима, предусмотренного настоящими Правилами.

*Общие ветеринарно-санитарные требования при проектировании и строительстве рыбоводных водоемов (прудов)*

1. При проектировании и строительстве рыбоводных водоемов (прудов) обязательно выполнение следующих требований:

– для разведения и выращивания рыбы разрешается использовать только водоемы и водоисточники, соответствующие ТНПА для рыбоводства, солевым и газовым режимом воды, благополучные по инфекционным и инвазионным болезням, к которым восприимчивы при разведении и выращивании виды рыб;

– при строительстве рыбоводных прудов в проекте необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие полное осушение ложа нерестовых, летне-маточных и выростных прудов, которые должны иметь слабоводопроницаемый слой глины и суглинка мощностью не менее 1–2 м;

– не допускается строительство нерестовых, нагульных, маточных, выростных и зимовальных прудов не ближе 500 м от населенных пунктов, животноводческих ферм и скотомогильников;

– все пруды должны иметь независимое водоснабжение и гидротехнические сооружения, препятствующие проникновению в них сорной рыбы и других водных организмов – переносчиков болезней рыб;

– головной пруд или водоисточник должен быть оборудован спускным устройством, позволяющим быстро и полностью спускать воду и проводить в нем оздоровительные мероприятия в случае возникновения инфекционных и инвазионных болезней рыб;

– рыбопитомники и племенные участки должны располагаться выше нагульных прудов и целесообразно иметь независимое их водоснабжение.

2. В каждой рыбоводной организации должно быть не менее двух карантинных прудов (емкостей) с независимым водоснабжением для карантинирования в них поступающей рыбы и для изолирования



больной рыбы. Кроме того, необходимо оборудовать несколько небольших прудов-садков для временной передержки производителей перед ее нерестом, а также рыбы, подготовленной для отправки в другие организации, и ее дегельминтизации.

3. Проектирование, строительство и переоборудование объектов для разведения рыбы, а также при организации на водоеме арендаторов рыбоводных угодий допускается только по согласованию с руководителем районной, городской, районной в городе ветеринарной станции или его заместителем. В каждой рыбоводной организации должны быть аккредитованные лаборатории для проведения ихтиопатологических и гидрохимических исследований, а также контроля за технологическими процессами. В штатном расписании рыбоводных организаций должна быть штатная единица ветеринарного врача, врач должен быть обеспечен необходимыми приборами, оборудованием, инструментами и отдельным помещением.

*Мероприятия по профилактике болезней рыб в рыбоводных предприятиях*

1. Специалисты рыбоводных организаций обязаны:

– следить за качеством воды в рыбоводных организациях; проводить оперативный текущий и полный гидрохимический анализ воды согласно действующим ТНПА;

– обеспечивать надлежащее санитарное состояние предприятия, проводить профилактическую дезинфекцию рыбоводного инвентаря, оборудования средствами, разрешенными для применения Министерством здравоохранения Республики Беларусь в соответствии с действующими ТНПА.

2. Завоз в водоемы рыбы, икры и беспозвоночных водных организмов для целей рыборазведения и акклиматизации разрешается только из организаций, благополучных по инфекционным и инвазионным болезням рыб.

3. Перевозка рыбы, оплодотворенной икры и беспозвоночных водных организмов для целей разведения, выращивания и акклиматизации разрешается при разрешении госветслужбы и при наличии ветеринарного свидетельства. В ветеринарном свидетельстве (форма № 1) должно быть указано: «Рыба (оплодотворенная икра, раки, другие водные организмы) вывозится из организации, благополучной по инфекционным и инвазионным болезням рыб, и подвергнута профилактической обработке, тара – дезинфицирована». Перевозку и пересадку рыб следует проводить с соблюдением мер предосторожности, не допуская их травмирования, а также за один месяц до вывоза рыбы проводится ряд диагностических исследований согласно ТНПА.

4. Рыба, предназначенная к перевозке в другие организации для целей акклиматизации и разведения, независимо от благополучия по

заразным болезням, должна подвергаться обработке в антипаразитарных ваннах. Указанной обработке также подлежат сеголетки, производители и ремонтное стадо рыб перед посадкой на зимовку; производители – за 2–3 дня перед посадкой на нерест, а годовики карпа, растительноядных рыб, щуки – перед посадкой в нагульные пруды.

5. Поступающие в организацию производители и ремонтный молодняк подлежат обязательному карантинированию в прудах (емкостях) не менее 14 дней.

6. В организации по разведению и выращиванию рыбы ведется следующая ветеринарная документация: об эпизоотическом состоянии организации, ихтиопатологических исследованиях, гидрохимических исследованиях, ветеринарно-санитарный паспорт организации (водоема).

*Ведение ветеринарно-санитарного паспорта рыбоводной организации, рыбоводного водоема и порядок его оформления.*

1. Ветеринарно-санитарный паспорт рыбоводных угодий заполняется специалистом-ихтиопатологом в двух экземплярах на рыбоводное отделение, пруды, водоемы, арендуемые арендаторами рыбоводных угодий, индивидуальными предпринимателями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами и другими организациями, которые могут быть использованы для рыболовства и рыбоводства.

2. Паспорт является учетным документом по ветеринарно-санитарному состоянию рыбоводных угодий водоема.

Один экземпляр паспорта выдается под расписку руководителю рыбоводной организации, второй, заполненный экземпляр, остается у главного ветеринарного врача района.

*Мероприятия против заразных болезней рыб:*

1. В случае заболевания рыб руководители рыбоводных организаций обязаны сообщить об этом ветеринарному врачу и до его прибытия не допускать вылова рыбы из водоема, в котором возникло заболевание, и ее вывоза.

Получив сообщение о появлении заболевания рыб, ветврач обязан принять меры к установлению диагноза и разработать мероприятия по предотвращению распространения и ликвидации заболевания.

2. При установлении в организации инфекционных или инвазионных болезней рыб, на водоем, в зависимости от установленной болезни, накладывают карантин или вводят ограничения. Одновременно проводят оздоровительные мероприятия в соответствии с действующими ТНПА.

*Ветеринарно-санитарные требования при экспорте рыбы:*

1. При экспорте продукции необходимо выполнять ветеринарно-санитарные и гигиенические требования страны-импортера.

2. Организация, осуществляющая деятельность по выращиванию и реализации рыбы, за год до ее экспорта в страны Европейского Союза должна быть включена в план исследований содержания вредных веществ и их остатков в живых животных и продукции животного происхождения в Республике Беларусь в соответствии с Правилами осуществления контроля за содержанием вредных веществ и их остатков в живых животных и продукции животного происхождения при экспорте их в страны Европейского Союза, утвержденными постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 16 декабря 2005 г. № 78 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., № 23, 8/13794).

3. Необходимым условием экспорта является проведение государственного ветеринарного контроля в соответствии с приложением 1 к настоящим Ветеринарно-санитарным правилам.

*Общие требования к санитарной обработке оборудования, инвентаря:*

1. Невода, бредни, сети, сачки и другие орудия лова тщательно промывают от ила и рыбьей слизи, очищают от травы и других загрязнений и просушивают. После этого подвергают мойке и дезинфекции согласно требованиям ТНПА.

2. Специализированный транспорт и его оборудование должны подготавливаться в соответствии с требованиями ТНПА.

*Ветеринарно-санитарное обследование рыбоводных водоемов (прудов).*

1. Обследование рыбоводных предприятий проводят специалисты организации в плановом порядке с целью осуществления контроля за выполнением противоэпизоотических мероприятий и установления диагноза при возникновении гибели рыб или подозрении на различные заболевания. В зависимости от целей и объема работ оно может быть полным или неполным.

Плановое обследование рыбоводных организаций проводят по полной схеме 2–3 раза в год, а рыбопромысловых водоемов – 1 раз в год. Целью таких обследований является изучение эпизоотической ситуации и разработка ветеринарно-санитарных, профилактических и оздоровительных мероприятий, а также контроль за их выполнением. Обследование включает следующие работы:

- проверка планов лечебно-профилактических и оздоровительных мероприятий, правильности их выполнения;
- анализ санитарного состояния прудов, водоемов, бассейнов, садков, кормоцехов и других производственных помещений;
- контроль за выполнением методических указаний по диагностике болезней рыб и среды обитания рыбы в производственных

аккредитованных лабораториях рыбоводных организаций и ветеринарных аккредитованных лабораториях;

- уточнение эпизоотического состояния и токсикологической ситуации в рыбоводной организации;
- выборочное проведение необходимых диагностических исследований.

По результатам обследования составляется заключение о ветеринарно-санитарном и эпизоотическом состоянии рыбоводной организации (рыбоводного водоема) и проведении комплекса противоэпизоотических, лечебно-профилактических и оздоровительных мероприятий.

*Личная гигиена для работников рыбоводных организаций.*

1. Каждый работник организации несет ответственность за выполнение правил личной гигиены, состояние своего рабочего места, выполнение технологических и санитарных требований на своем участке.

2. Все поступающие на работу и работающие в организации должны подвергаться медицинским обследованиям в соответствии с действующими ГНПА.

3. На каждого работника при поступлении на работу должна быть оформлена медицинская книжка, в которую вносят результаты всех медицинских обследований и исследований, сведения о перенесенных инфекционных заболеваниях, данные прохождения обучения по программе гигиенической подготовки.

В организации должно быть организовано централизованное хранение медицинских книжек.

4. Лица, не прошедшие своевременно медицинский осмотр, должны быть отстранены от работы в соответствии с действующим законодательством.

5. Вновь поступающие работники должны пройти обязательное обучение по программе гигиенической подготовки и сдать экзамен с отметкой об этом в соответствующем журнале и в личной медицинской книжке. В дальнейшем все работники должны 1 раз в два года проходить обучение и проверку знаний гигиены. Лица, не сдавшие экзамен по проверке знаний гигиены, к работе не допускаются.

За допуск к работе лиц, не прошедших медицинское обследование, ответственность несет администрация организации.

6. Комиссиями, созданными в установленном законодательством порядке, с участием органов, осуществляющих государственный санитарный надзор, 1 раз в 3 года проводится аттестация руководящих работников и специалистов на знание ими санитарных правил и основных гигиенических требований к производству.

7. Работники производственных цехов при появлении признаков желудочно-кишечных заболеваний, заболеваний печени, повышении температуры, нагноениях, других симптомах заболеваний обязаны сообщить об этом администрации и в здравпункт организации или другую организацию здравоохранения для получения соответствующего лечения.

Для выявления лиц с гнойничковыми поражениями кожи медицинским работником или специально выделенным лицом ежедневно должна проводиться проверка рук персонала на отсутствие заболеваний с записью в журнале результатов обследования и принятых мерах.

Лица, посещающие организацию в порядке контроля, пропускаются в санитарной одежде организации.

8. Лица, имеющие в семье или квартире, в которой они проживают, инфекционных больных, к работе не допускаются до проведения специальных противоэпидемических мероприятий и предоставления специальной справки от организаций, осуществляющих государственный санитарный надзор.

9. Стирку и дезинфекцию санитарной одежды проводят в организации централизованно, запрещается производить стирку санитарной одежды на дому.

10. Курить разрешается только в специально отведенных местах.

11. На территории организаций должны быть оборудованы места общественного пользования (туалеты).

12. Антисептическую обработку рук следует проводить разрешенными к использованию в Республике Беларусь растворами антисептиков в концентрациях, указанных в инструкциях по применению.

## 5. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ИНДУСТРИАЛЬНОМУ ВЫРАЩИВАНИЮ КЛАРИЕВОГО СОМА

### 5.1 Составление первичной проектной документации

Перед строительством любого рыбоводного предприятия, в частности УЗВ, проводят технические и экономические расчеты, на основании которых пишутся *технико-экономическое обоснование* (ТЭО) и *технико-экономические расчеты* (ТЭР), обосновывающие хозяйственную необходимость и экономическую целесообразность строительства предприятия.

Основным документом, обосновывающим экономическую целесообразность строительства рыбоводного предприятия и его эффективную эксплуатацию, является технико-экономическое обоснование. ТЭО является необходимым исследованием (документом), в ходе составления которого проводится ряд работ по изучению и анализу всех параметров проекта рыбного хозяйства и разработке схемы возврата вложенных средств и ресурсов. Подготовка ТЭО представляет собой междисциплинарную задачу, для выполнения которой необходима комплексная работа инженеров, экономистов, юристов, социологов и т.д., и содержит подробную информацию обо всех аспектах проведения работ.

Технико-экономическая часть ТЭО отражает основные экономические показатели будущего рыбохозяйственного предприятия. Технологическая часть содержит материалы по биотехнике разведения выбранных объектов и основные производственные аспекты.

#### ***Структура технико-экономического обоснования:***

1. Введение.
2. Общие сведения об объекте.
3. Полное наименование и местоположение рыбоводного предприятия, его принадлежность.
4. Выбор и обоснование технологии разведения рыбы (РБО).
5. Приблизительная организационная структура предприятия, наличие рынка сбыта.
6. Схема производственного процесса разведения намеченных объектов и методы выращивания рыбы, краткое описание биотехники их разведения по каждому звену производственного процесса, принятые биотехнические нормативы разведения намеченных объектов и их обоснование.

7. Схема мероприятий по гидротехническому обустройству хозяйства, обеспечивающая оптимальные уровни воды при их эксплуатации и параметры водорегулирования, эффективную рыбозащиту.

8. Рыбоводные расчеты (мощность предприятия по количеству товарной рыбы (т/год) и посадочного материала (тыс. шт.) с указанием каждого вида; рыбопродуктивность (кг/га общую и по видам рыб), потребность в кормах (т/год) и т.д.

9. Календарный график работы рыбохозяйственного предприятия.

10. Перечень оборудования и инвентаря, мероприятия по технике безопасности, механизация трудоемких процессов – погрузка, разгрузка, транспортировка рыбы и различных грузов внутри предприятия и за его пределами, приготовление искусственных кормов и их раздачу, профилактическая антипаразитарная обработка рыбы.

11. Расчет потребностей капиталовложений и основных фондов предприятия, ежегодные эксплуатационные расходы и их состав.

12. Расчет потребности в трудовых ресурсах (с разбивкой по категориям; рабочие, ИТР, основные специалисты и т.д.), предполагаемые расходы на трудовые ресурсы в соответствии с вышеуказанной классификацией.

13. Расчет себестоимости (калькуляция) получаемой продукции.

14. Расчет экономической эффективности ввода в эксплуатацию предприятия.

15. Планирование сроков осуществления проекта (примерный график работ, смета расходов на осуществление проекта и т.д.).

16. Источник финансирования, оценка инвестиционного климата и возможные риски.

17. Оценка перспективности проекта и определение возможностей для дальнейшего развития.

Одной из основных частей ТЭО является *рыбоводно-биологическое обоснование (РБО)*, которое представляет собой комплекс мероприятий, позволяющих узнать о возможности ведения рыбохозяйственной работы в данном регионе с учетом гидрологических и климатических особенностей. На данный момент нет единых требований по составлению РБО для рыбохозяйственной деятельности.

Основная цель разработки биологического обоснования – дать полную гидрологическую, гидрохимическую характеристику водоема, определить оптимальную возможность использования водоема, доказать биологическую и хозяйственную необходимость проведения рыбохозяйственных мероприятий и обеспечить безопасность для экосистемы. Грамотно составленные ТЭО и РБО позволяют определить с высокой достоверностью целесообразность организации рыбоводного

хозяйства, ее экономическую эффективность и пути дальнейшего развития.

При разработке ТЭР максимально используются типовые проекты, утвержденные схемы и готовые проекты. В ТЭР должны быть приведены основные расчеты себестоимости рыбы, финансовые потоки на 10 лет вперед, мощность предприятия, площадь, расчетная стоимость строительства.

*Технико-экономический расчет* должен состоять из следующих разделов:

1. Исходные данные.
2. Мощность предприятия.
3. Затраты сырья, материалов, энергии, топлива, воды.
4. Основные технологические решения.
5. Обоснование выбора площадки.
6. Основные строительные решения, организация строительства.
7. Охрана окружающей среды.
8. Расчетная стоимость строительства.
9. Экономика и основные технико-экономические показатели.
10. Выводы и предложения.

При проектировании предприятия необходимо установить вид строительства: *новое строительство, расширение, реконструкция, техническое перевооружение.*

*Новое строительство* осуществляется на выбранных площадках с целью создания комплекса объектов основного и подсобного назначения.

*Расширение действующих рыболовных предприятий* – это строительство новых и расширение существующих цехов и объектов на территории действующих предприятий. Расширение действующего предприятия должно осуществляться с улучшением технико-экономических показателей по сравнению с новым строительством.

*Реконструкция действующих предприятий* – это переоборудование существующих цехов и объектов основного, подсобного и обслуживающего назначения, как правило, без расширения имеющихся зданий и сооружений основного назначения. К реконструкции действующих рыболовных предприятий относится строительство новых зданий и сооружений УЗВ, кормоцехов и других объектов взамен ликвидируемых.

К *техническому перевооружению* относится комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных цехов и участков на основе внедрения передовой техники и технологии, мо-



дернизации и замены устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным, применение новых научных решений.

**Технический проект** разрабатывается на основе задания на проектирование и инженерных изысканий, которым предшествует работа по выбору места расположения предприятия.

**Выбор площадки.** Выбор площадки под строительство рыбоводного предприятия индустриального типа осуществляется специальной комиссией, создаваемой заказчиком проекта.

Площадка для строительства выбирается в соответствии с Основами земельного, водного законодательства Республики Беларусь.

Для строительства индустриальных рыбоводных предприятий выбирают площадки на берегах рек, озер, водохранилищ. При выборе площадки необходимо соблюдать следующие условия:

- хозяйство должно располагаться как можно ближе к крупным промышленным центрам и населенным пунктам, вблизи существующих автомобильных дорог в целях создания благоприятных условий для доставки сырья и продукции;

- размеры площадки должны определяться в соответствии с заданной мощностью предприятия с учетом нормативной плотности застройки. Ширина площадки не должна быть более 1 км;

- место расположения площадки должно обеспечивать возможность соблюдения санитарных норм по сбросу сточных вод в водоемы, противопожарных норм, а также применение рациональных решений по водоснабжению, энергоснабжению, охране водоемов;

- грунты площадки должны соответствовать нормативным требованиям устройства гидротехнических и промышленно-гражданских сооружений;

- источник водоснабжения проектируемого предприятия должен полностью удовлетворять потребность в воде требуемого качества в зимнее и летнее время.

В качестве источника водоснабжения можно использовать:

1. **Поверхностные источники.** Если для водоснабжения хозяйства аквакультуры используется река или ручей, необходимо определять максимальный и минимальный ежегодные стоки, так как воды должно хватать в течение всего года. Водоемы, являющиеся надежными источниками водоснабжения, в некоторых случаях могут пересыхать, либо уровень воды может понизиться настолько, что оставшаяся вода невозможно будет забирать. Водозаборные устройства рыбоводных хозяйств должны располагаться таким образом, чтобы при любом изменении уровня воды доступ к ней не был затруднен.

Озера реже используются в качестве источника водоснабжения, чем реки и ручьи, но и такие крупные водоемы можно с успехом использовать в различных системах культивирования.

При использовании в хозяйствах аквакультуры поверхностных вод чаще, чем при использовании других источников водоснабжения, возникает проблема заражения воды и культивируемых объектов патогенными и непатогенными организмами. Болезнетворные организмы и паразиты, присутствующие в поступающей воде, могут проникнуть во все элементы системы и осложнить ее работу. Удалить бактерии, простейших и особенно вирусы из поступающей воды трудно. Непатогенные организмы легче поддаются контролю, но, тем не менее, в некоторых районах непатогенные или условно патогенные организмы проникают в емкости для культивирования и конкурируют с выращиваемыми объектами.

Для предотвращения попадания в систему нежелательных объектов, поступающую воду можно пропускать через фильтры тонкой очистки или использовать бактерицидные установки.

*2. Теплые сбросные воды.* В связи с наличием большого количества тепловых и атомных электростанций, проблеме влияния подогретых вод на экологическое состояние водоемов уделяется большое внимание. Характерной особенностью тепловых электростанций, вырабатывающих основную часть всей электроэнергии, является очень большое потребление воды для охлаждения конденсаторов и конденсации пара. Охлаждающей воде отдается около 2/3 тепла, получаемого в результате сгорания топлива, и только 1/3 превращается в электроэнергию. Огромная масса воды после охлаждения конденсатора имеет температуру – +20—+25 °С, которая может отводиться в окружающую среду (сбрасываться).

*3. Подземные воды.* Перед тем как приступить к бурению скважины, необходимо точно определить максимальную потребность хозяйства в воде (в л/мин). Хотя стоимость бурения с увеличением диаметра скважины возрастает, недостаток воды впоследствии может привести к потере всей продукции.

Скважина, рассчитанная на несколько больший, чем необходимо в настоящее время, расход воды, позволит в будущем расширить существующее предприятие.

В воде из артезианских скважин содержание железа часто выше, чем в большинстве поверхностных вод. Даже если железо в поступающей воде не вызывает гибели культивируемых организмов, оно может вызвать коррозию поверхности металлов, находящихся в контакте с водой. Под землей железо, как правило, существует в восстановленном виде. На поверхности в результате взаимодействия с кислородом

оно окисляется с образованием гидроксида железа. Разбрызгивание или аэрация воды с высоким содержанием железа значительно ускоряют процесс окисления. Гидроокись железа выпадает в осадок и скапливается на дне. Этот процесс лучше всего проводить в отстойнике, который располагают перед рыбоводными емкостями, чтобы содержащий железо осадок не попал в них. Как и в случае с нежелательными газами, содержащимися в артезианской воде, флоктуация гидроокиси железа также способствует насыщению воды кислородом.

Содержание кислорода в воде из скважин низкое, зато содержание других растворенных газов, в частности углекислого газа и азота, высокое. Воду с низким содержанием кислорода перед использованием необходимо аэрировать. Для этого можно использовать механические аэраторы, однако разбрызгивание или распыление воды в выростных емкостях также достаточно эффективно. Высокая концентрация углекислого газа или азота в воде из скважин может оказаться токсичной для рыб. Растворимость углекислого газа и азота в воде, как правило, зависит от атмосферного давления. При низком атмосферном давлении концентрации этих газов быстро снижаются до безопасных уровней. Аэрация, необходимая при низком содержании в воде кислорода, способствует удалению из нее избытка углекислого газа и азота.

***Задание на проектирование.*** Задание на проектирование рыбоводного предприятия составляется заказчиком проекта в соответствии с технико-экономическими показателями, принятыми в технико-экономическом расчете, включая стоимость строительства.

В задании на проектирование указывается наименование и месторасположение проектируемого предприятия, основание для проектирования, наименование заказчика и его ведомственное подчинение, источник финансирования, объекты разведения и метод их выращивания, мощность предприятия, конструкции оборудования, предназначенного для использования на всех этапах выращивания рыб, биотехнические нормативы разводимых объектов, виды кормов, месторасположение хозяйственного центра и перечень основных сооружений, исходные данные для проектирования объектов жилищного и культурно-бытового строительства, мероприятия по очистке бытовых и производственных сточных вод, перечень процессов, подлежащих механизации и автоматизации, объем капиталовложений, сроки строительства предприятия, наименование строительной организации-подрядчика.

Задание на проектирование утверждается министерством или ведомством в установленном порядке. Заказчик выдает его проектной

организации вместе с утвержденным актом о выборе площадки под строительство.

Проектная организация должна принимать непосредственное участие в подготовке задания на проектирование.

*Составление технического проекта.* Исходя из задания на проектирование, главный инженер проекта выдает отделам изысканий техническое задание для выполнения инженерных изысканий: *геодезических, геологических, гидрологических и почвенно-ботанических.*

*Геодезические изыскания* необходимы для выбора оси водозаборного сооружения, расположения цехов и всех гидротехнических сооружений предприятия, размещения водоснабжающей и водосбросной систем, а также расположения хозяйственного центра и дорог. При этом определяются объемы основных строительных работ, и намечается организация производства строительных работ.

*Геологические изыскания* проводят для получения сведений о геологическом строении, гидрогеологии и геоморфологии района, выбранного для строительства рыбоводного предприятия. Для установления геологического строения района расположения проектируемого предприятия бурят скважину на глубину 10–20 м и закладывают шурфы глубиной 2–3 м. При этом изучают также вводно-солевой режим грунтовых вод, физико-геологические явления и определяют запасы местных строительных материалов.

*Гидрологические изыскания* осуществляют с целью установления режима водоисточника. При этом получают данные о твердом и жидком стоках водоисточника, скоростях течений и колебаниях уровня воды в нем в течение года. Измеряют изменчивость его русла, а также его ледовый, термический и гидрохимический режим.

*Почвенно-ботанические изыскания* проводят с целью изучения состава почв на участке площадки. Выявляют хозяйственную ценность растительного покрова и устанавливают объемы работ по удалению кочек, кустарника, деревьев, пней.

*Технический проект* состоит из:

- общей пояснительной записки;
- технико-экономической части;
- генерального плана, где указаны потребность в транспорте и границы землепользования;
- технологической части;
- плана организации труда;
- строительной части;
- плана жилищно-гражданского строительства;
- плана организации строительства;
- сметной стоимости строительства;

– спецификаций и заявочных ведомостей на оборудование.

К техническому проекту прикладывают следующие материалы:

- по выбору площадки;
- задание на проектирование;
- отчет по инженерным изысканиям;
- документы о проведенных согласованиях.

*Общая пояснительная записка* является обобщением всех остальных частей проекта. Состоит из введения и краткого изложения следующих сведений:

- мощность рыбоводного предприятия и его структура, очередность строительства и состав пусковых комплексов;
- характеристика района и площадки строительства;
- варианты его схемы; основные проектные решения;
- основные технико-экономические показатели, организация труда и управление производством;
- жилищно-коммунальное и бытовое строительство;
- организация строительства;
- необходимые капиталовложения и сроки ввода производственных мощностей в эксплуатацию;
- перечень чертежей.

Кроме того, в записке отмечается о соответствии проектных решений действующим нормам и правилам.

*Технико-экономическая часть* отражает технико-экономические показатели проектируемого рыбоводного предприятия. Она содержит такие материалы, как:

- основные исходные данные и результаты расчетов;
- анализ капиталовложений и основных фондов предприятия;
- ежегодные эксплуатационные расходы и их состав;
- себестоимость получаемой продукции;
- планируемую экономическую эффективность предприятия, окупаемость вложений.

*Генеральный план рыбоводного предприятия* выполняют в масштабе 1:1000–1:5000 или 1:10000 (в зависимости от общей площади предприятия). На нем изображают расположение всех проектируемых зданий и сооружений, дают экспликацию садков, бассейнов и занимаемых угодий.

В проекте должны быть сделаны проработки по созданию надежной связи рыбоводного предприятия с общей сетью автомобильных дорог района, а также по обеспечению в нем внутривозвездных перевозок.

В *технологической части проекта* дается рыбоводно-биологическое обоснование и описывается механизация трудоемких процессов.

В *рыбоводно-биологическом обосновании* содержатся следующие материалы:

- общая рыбоводно-биологическая характеристика площадки, рыбоводно-биологическая характеристика источника водоснабжения;
- сведения по биологии намеченных объектов разведения;
- выбор и обоснование типа рыбоводного предприятия;
- схема производственного процесса;
- принятые биотехнические нормативы и их обоснование;
- рыбоводные расчеты;
- календарный график работы предприятия;
- перечень рыбоводного оборудования и инвентаря;
- мероприятия по технике безопасности.

*Механизация трудоемких процессов* охватывает следующие основные виды работ: погрузку, разгрузку, транспортировку рыбы и различных грузов внутри предприятия и за его пределами; приготовление искусственных кормов и их раздачу; борьбу с зарастаемостью, антипаразитарную обработку рыбы.

*Научная организация труда (НОТ)*. В этой части, которая разрабатывается с учетом отраслевых направлений и требований НОТ в рыбоводстве, приводятся материалы по организации труда на предприятии: общая численность рабочих и служащих, структура управления предприятием, организация труда служащих. Описывается и обосновывается разделение и кооперация труда рабочих, коллективная форма организации труда, обслуживание рабочих мест, связь, охранная и пожарная сигнализации, система подготовки и повышения квалификации кадров, основные мероприятия по технике безопасности и охране труда.

*Строительная часть* проекта включает материалы по водохозяйственным расчетам, гидротехническим сооружениям, стационарным садкам и бассейнам, мероприятиям по охране окружающей территории от подтопления и загрязнения, архитектурно-строительным решениям хозяйственного центра и производственных зданий, энергообеспечению и связи, водоснабжению и канализации.

Важной задачей при проектировании рыбоводного предприятия является установление его потребности в воде соответствующего качества и определение возможности обеспечения этой потребности источником водоснабжения. Эта задача решается путем изучения гидрологических, термических и гидрохимических данных по принятому водоему и проведения водохозяйственных расчетов. Выпол-

ненные расчеты позволяют определить объемы и расходы воды по отдельным подразделениям и предприятию в целом, а также дать оценку обеспеченности его водой на основе данных по поступлению воды из источника водоснабжения.

Указывается водоисточник и изымаемые из него объемы воды, описываются и обосновываются способы забора воды, подачи и распределения воды в летний и зимний период при прямоточном и оборотном водоснабжении, приводится принципиальная схема водоподдачи.

Приводятся конструктивные решения гидротехнических сооружений, к которым относят водосбросы, водоспускные и водовыпускные сооружения, насосные станции и др.

Проектировщик выбирает месторасположение, класс капитальности и их конструкцию, производит необходимые расчеты, которыми устанавливает пропускную способность, размеры и отметки конструктивных элементов, определяет объемы строительно-монтажных работ, составляет спецификации и заявочные ведомости на оборудование.

По архитектурно-строительным решениям хозяйственного центра и производственных зданий дается их месторасположение, конструкция и инженерные расчеты, при помощи которых определяют объемы строительно-монтажных работ.

Биологические особенности рыб и неодинаковые условия водной среды в различных регионах обуславливают проектирование предприятий различных типов.

Установку рыбоводных емкостей производят с максимальным использованием производственных площадей. К каждой емкости должен быть обеспечен подход не менее чем с двух сторон. Подача воды, по возможности, должна быть самотечной. При использовании механической подачи воды необходимы специальные устройства, исключающие перенасыщение воды азотом.

## **5.2 Первичные рыбоводно-биологические расчеты**

Рыбоводные расчеты дают возможность определить структуру и мощность отдельных подразделений предприятия, а также оценить правильность выбора площадки, которая должна быть достаточной по своей площади, бесперебойно обеспечиваться достаточным количеством воды, иметь надежную транспортную связь с другими хозяйствами (если осуществляется завоз посадочного материала).

Все рыбоводные расчеты сводятся в таблицу. По показателям этих расчетов выполняют схему размещения сооружений, оборудова-

ния и аппаратуры в производственных цехах или участках. Бассейны рекомендуется размещать в 1–3 ряда, предусматривая между ними проход для удобства обслуживания.

В первую очередь необходимо провести расчеты необходимого оборудования для строительства предприятия на основе УЗВ.

При товарном выращивании клариевого сома в установках замкнутого водообеспечения вначале определяется *максимальная мощность предприятия* товарной рыбы в год (т/год) и определяется количество рыбоводных циклов.

*Рыбоводный цикл* – период времени, за которое из рыбопосадочного материала заданной массы, согласно выбранной схеме работы предприятия, вырастает рыба товарной массы. При выращивании клариевого сома рыбоводный цикл составляет 5–7 месяцев и зависит от начальной и конечной массы особей. При стандартной массе закупаемого рыбопосадочного материала 15–20 г и товарной массе реализуемой рыбы 1000–1200 г рыбоводный цикл составляет 6 месяцев. Началом рыбоводного цикла считается завоз рыбопосадочного материала и посадка его на выращивание.

*Количество рыбоводных циклов* определяется исходя из максимальной мощности предприятия. В таблице 5.1 представлена относительная зависимость количества рыбоводных циклов от максимальной мощности предприятия.

Таблица 5.1. – Зависимость рыбоводных циклов от максимальной мощности предприятия

Мощность предприятия, т/год	Количество рыбоводных циклов, шт.
<10	2
10–50	4
50–100	6
>100	12

### **1) Расчет общего объема рыбоводных емкостей.**

Количества товарной рыбы, выращенной за один цикл, определяется по формуле 5.1.

$$M_{\text{ц}} = \frac{M_{\text{р}}}{n_{\text{ц}}} \quad (5.1)$$

где  $M_{\text{ц}}$  – масса товарной рыбы в конце одного цикла, т;

$M_{\text{р}}$  – максимальная мощность предприятия, т/год;

$n_{\text{ц}}$  – количество рыбоводных циклов.



Объем рыбоводных емкостей, необходимый для выращивания товарной рыбы в пределах цикла, определяется по формуле 5.2.

$$V_{\text{ц}} = \frac{M_{\text{ц}}}{\Pi_{\text{кц}}} \quad (5.2)$$

где  $V_{\text{ц}}$  – объем рыбоводных емкостей для одного цикла, м<sup>3</sup>;  
 $\Pi_{\text{кц}}$  – плотность посадки товарного клариевого сома, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент рыбоводного цикла рассчитывается путем деления количества месяцев в году на продолжительность цикла выращивания равного, при соблюдении технологических норм, 6 месяцам.

Общий объем рыбоводных емкостей для выращивания товарного клариевого сома определяется по формуле 5.3.

$$V_{\text{об}} = \frac{M_{\text{р}}}{(V_{\text{ц}}/2)} \quad (5.3)$$

где  $V_{\text{об}}$  – общий объем рыбоводных емкостей, м<sup>3</sup>;  
2 – коэффициент рыбоводного цикла.

## 2) Расчет размера биофильтра.

Биофильтр является «сердцем» УЗВ и от эффективности его работы зависит продуктивность выращивания рыбы, поэтому к его проектированию и расчетам необходимо относиться с наибольшей ответственностью.

При избыточном содержании аммиака в воде биофильтр не справляется с поставленной задачей, в результате чего значительно ухудшается гидрохимический режим. При недостаточном содержании аммиака в воде бактерии размножаются менее интенсивно, что приводит к тем же последствиям, что и в первом случае.

Важную часть составляет оценка водного потока из/в биофильтр, необходимого для поддержания заданной концентрации общего аммонийного азота в бассейне, и оценка объема воды, который необходимо заменить для поддержания нитрата на допустимом уровне.

Поскольку основным источником аммонийного азота в воде являются корма, количество ежедневно вносимого корма рассчитывается по формуле 5.4.

$$K_{\text{сут}} = M \times k \quad (5.4)$$

где  $K_{\text{сут}}$  – количество вносимого корма в сутки, кг;  
 $M$  – биомасса рыбы, кг;  
 $k$  – суточный рацион, % от биомассы рыбы.

Суточный рацион зависит от вида, размеров и возраста рыбы (источники – специализированная литература, рекомендации по кормлению рыб, разработанные поставщиком корма).

Данная формула предусматривает равномерное внесение корма в течение 24 часов. Нагрузка на узел очистки происходит в короткие промежутки времени при кормлении, поэтому формула недооценивает пиковые моменты, когда вносится корм.

На основании количества вносимого корма рассчитывается TAN (баланс масс по общему аммонийному азоту или образование общего аммонийного азота) по формуле 5.5.

$$TAN = 0,065 \times K_{\text{сут}} \times B \quad (5.5)$$

где  $TAN$  – образование общего аммонийного азота, кг/сут.;  
0,065 – константа, используемая для аппроксимации системы, в которой аммонийный азот составляет 2,5% от вносимого корма при заданных условиях.

$B$  – содержания белка в корме, %.

Как только определена степень образования TAN, а также зная желаемую концентрацию TAN, можно оценить пассивную нитрификацию, которая происходит в системе. Пассивная нитрификация связана с окислением аммония до нитрата бактериями на поверхностях системы, находящихся вне биологического фильтра. Пассивная нитрификация может составлять более 30% от общей нитрификации в УЗВ.

Формулы 5.6 и 5.7 показывают степень продукции TAN (после вычисления пассивной нитрификации), которую необходимо утилизировать в биофильтре, чтобы поддержать заданную, допустимую концентрацию TAN.

$$TAN_p = \frac{TAN}{K} \quad (5.6)$$

где  $TAN_p$  – % TAN от корма;

$TAN$  – образование общего аммония, кг/сут.

$$TAN_n = TAN \times (1 - N) \quad (5.7)$$

где  $TAN_n$  – TAN после пассивной нитрификации, кг/сут.;

$N$  – пассивная нитрификация, %.

Вместе с пассивной нитрификацией в большинстве УЗВ обычно происходит пассивная бактериальная денитрификация. В условиях высоких концентраций нитрата и низких концентраций растворенного кислорода на участках, где скапливаются органические загрязнения, определенный объем системы становится аноксичным.

Значение денитрификации, в большинстве случаев, можно считать 10%, но в особенно чистой системе, а если хочется консервативно переоценить требуемый объем подпиточной воды, то в формуле ставят 0.

Интенсивная рециркуляционная система обычно определяется как система, в которой ежедневно обновляется менее 10% воды. За исключением случаев, когда используется активная денитрификация, концентрация нитрата в системе является функцией от количества образующихся загрязнений и объема вносимой свежей воды. Объем свежей воды для поддержания заданной концентрации нитрата (согласовано с пассивной денитрификацией) вычисляется по формуле 5.8. Эта доля вносимой свежей воды (эквивалентно сброшенной грязной воде) используется для оценки частичного удаления других загрязнений.

$$W_p = \frac{(TAN_n \times 1000000 \times (1 - D))}{n_{max}} \quad (5.8)$$

где  $W_p$  – подпиточная вода для поддержания уровня нитрата, л/сут.;

$D$  – пассивная денитрификация, %;

$n_{max}$  – максимально допустимая концентрация нитрата, мг/л.

По формуле 5.9 рассчитывается TAN доступного для биофильтра после слива осадка.

$$TAN_o = TAN_n - \left( \frac{K_{TAN}}{1000000} \right) \times W_p \quad (5.9)$$

где  $TAN_o$  – TAN доступного для биофильтра после слива осадка, кг/сут.;

$K_{TAN}$  – допустимая концентрация TAN в циркулирующей воде, мг/л;

Эффективность удаления TAN биофильтром оценивается как функция от множества переменных. Среди них можно отметить концентрацию поступающего TAN, температуру, площадь поверхности фильтра, тип фильтра (вращающийся биодиск, псевдооживленный, капельный), гидравлическую нагрузку и время гидравлического удержания. Ежедневный водный поток к биофильтру, необходимый для поддержания желаемой концентрации аммонийного азота, вычисляется по формуле 5.10:

$$W_k = \frac{TAN_o}{E \times \left( \frac{K_{TAN}}{1000000} \right)} \quad (5.10)$$

где  $W_k$  – водный поток для удаления TAN до желаемой концентрации, л/сут.;

$E$  – эффективность удаления TAN биофильтром, %.

Размер биофильтра, необходимый для обеспечения адекватной нитрификации, рассчитывается по формулам 5.11–5.15. Нитрифицирующая емкость биофильтра зависит от использованного субстрата и объема фильтра. Удельная поверхность субстрата обычно измеряется как отношение площади фильтра ( $m^2$ ) к субстрату ( $m^3$ ) и называется специфической удельной поверхностью субстрата.

В общем, степень «воздушной» нитрификации для биофильтра, используемого в аквакультуре (максимальное поступление общего аммонийного азота менее 2 мг TAN/л), варьирует от 0,15 до 1,0 грамма TAN/ $m^2$ /день. Иными словами, один квадратный метр площади фильтра может окислить 0,15–1,0 грамма общего аммонийного азота до нитрата за один день.

Субстрат фильтра с низкой специфической удельной поверхностью, например капельного фильтра и вращающегося (специфическая удельная поверхность 100–400  $m^2/m^3$ ), часто обладает более низкой скоростью «воздушной» нитрификации (0,15–0,5 грамма TAN/ $m^2$ /день).

Для расчетов требуется знать оценочную степень «воздушной» нитрификации и специфическую площадь поверхности биофильтра соответственно.

Необходимая площадь поверхности биологической загрузки вычисляется по формуле 5.11.

$$S_n = \frac{TAN_o}{\frac{v}{1000}} \quad (5.11)$$

где  $S_n$  – необходимая активная площадь биологической загрузки при заданной скорости нитрификации,  $m^2$ ;

$v$  – оценочная скорость нитрификации, г TAN/ $m^2$ /сут.

Общий оценочный объем биологической загрузки рассчитывается по формуле 5.12.

$$V_s = \frac{S_n}{S_y} \quad (5.12)$$

где  $V_s$  – объем субстрата,  $m^3$ ;

$S_y$  – удельная поверхность субстрата,  $m^2/m^3$ ;

По формуле 5.13 рассчитывается стоимость биологической загрузки.

$$C = z \times V_s \quad (5.13)$$

где  $C$  – стоимость биологической загрузки, руб.;

$z$  – цена за единицу биологической загрузки, руб./ $m^3$ .

Объем/глубина рабочей поверхности биологической загрузки рассчитывается по формуле 5.14.

$$G = V_s \times g \quad (5.14)$$

где  $G$  – объем/глубина рабочей поверхности биологической загрузки, м<sup>2</sup>;

$g$  – глубина биологической загрузки, м.

Диаметр биофильтра рассчитывается по формуле 5.15.

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{G}{\pi}} \quad (5.15)$$

где  $D$  – диаметр биофильтра, м;

$G$  – объем/глубина рабочей поверхности субстрата, м<sup>2</sup>.

$\pi$  – высота биофильтра, м.

### **3) *Определение необходимой площади фильтра и эффективность механической фильтрации.***

Первичной переменной в расчете площади фильтра является пропускная способность экрана с микроситом. Ее величина будет максимальной непосредственно после обратной промывки, когда отсутствует прилипший к экрану материал. Кроме того, с уменьшением просвета ячеек микросита снижается пропускная способность экрана.

Для расчета площади экрана с микроситом и, соответственно, управления скоростью водного потока используется формула 5.16:

$$A_p = \frac{Q_p}{Q_t} \times A_t \quad (5.16)$$

где  $A_p$  – площадь, необходимая для обработки потока воды, м<sup>2</sup>;

$A_t$  – площадь тестового экрана, м<sup>2</sup>;

$Q_p$  – проходящий водный поток, л/мин.;

$Q_t$  – максимальная пропускная способность экрана, л/мин.

Отмечено, что эта минимальная площадь, необходимая для обработки водного потока. Как только фильтр загрязняется, поток через него снижается, либо в фильтре поднимается уровень воды, что, в конечном счете, приводит к прохождению потока в обход фильтра. Эффективность механической фильтрации экрана с микроситом рассчитывается по формуле 5.17:

$$\mathcal{E}_{\text{мф}} = \frac{(TSS_{\text{пв}} - TSS_{\text{ф}}) \times 100}{TSS_{\text{пв}}} \quad (5.17)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{мф}}$  – эффективность механической фильтрации, %;

$TSS_{\text{ф}}$  – TSS филтраты, мг/л;

$TSS_{\text{пв}}$  – TSS в поступающей воде, мг/л.

В данном пункте можно отметить три атрибута системы и одно желаемое условие. Для начала необходимо оценить долю корма, которая станет в итоге твердыми загрязнениями. Она включает несъеденный корм и фекалии. В зависимости от типа системы, качества корма и культивируемого вида рыб, данное значение варьирует от 25 до 50%. Также необходимо знать концентрацию взвешенных твердых частиц, которая сохраняется в культуральных бассейнах.

Если УЗВ оборудована двойным дренажем или внутренней трубой для захвата загрязнений, их эффективность в отношении удаления твердых частиц, оценивается как процент от общего количества твердых загрязнений, образующихся за один день.

Эффективность фильтрации твердых частиц отстойником, шариковым или сетчатым фильтрами определяется как процент твердых загрязнений, захваченных при единичном прохождении фильтра.

По формуле 5.18 вычисляется общий водный поток в петле циркуляции, необходимый для поддержания желаемой концентрации взвешенных частиц.

$$T = K \times u \quad (5.18)$$

где  $T$  – образование твердых загрязнений, кг/сут.;

$K$  – количество вносимого корма в сутки, кг;

$u$  – оценочный % корма, переводимого в твердые загрязнения, %.

По формуле 5.19 рассчитывается количество твердых загрязнений после прохождения механической фильтрации.

$$T_f = T \times (1 - l) \quad (5.19)$$

где  $T_f$  – твердые загрязнения после прохождения механического фильтра, кг/сут.;

$l$  – оценочный %, удаляемый через донный дренаж, %.

По формуле 5.20 рассчитывается количество твердых загрязнений, удаляемых в сток.

$$T_c = T_f - (t_k \times \frac{W_p}{1000000}) \quad (5.20)$$

где  $T_c$  – твердые загрязнения, удаляемые в сток, кг/сут.;

$t_k$  – допустимая концентрация взвешенных частиц, мг/л;

$W_p$  – подпиточная вода для поддержания уровня нитрата, л/сут.

Водный поток для достижения допустимой концентрации взвешенных частиц определяется по формуле 5.21.

$$WT = \frac{T_c}{E_o \times \frac{t_k}{1000000}} \quad (5.21)$$

где  $WT$  – водный поток для достижения допустимой концентрации взвешенных частиц, л/сут.;

$E_o$  – эффективность отстойника, барабанного фильтра и т.д., %.

#### 4) Расчет баланса масс по кислороду.

Потребление растворенного кислорода в УЗВ преимущественно является функцией со следующими переменными: культивируемый вид, количество вносимого корма и схема узла очистки.

Растворенный кислород расходуется при дыхании рыбы и, в большей степени, автотрофными (нитрифицирующими) и гетеротрофными (ответственными за распад органической материи) бактериями. Скорость удаления твердых загрязнений может иметь ключевое значение на расход кислорода. Другим немаловажным фактором является поступление кислорода из воздуха при протекании нитрификации (орошение субстрата) или из воды (погружаемый биофильтр).

Большое значение имеет тип биофильтра: воздушный или погружаемый. Это влияет на расчет расхода кислорода нитрифицирующими бактериями. Также необходимо знать данные о потреблении кислорода рыбами, что связано с количеством съеденного корма.

Концентрация кислорода в воде, поступающей из оксигенатора в бассейн с рыбой, является функцией схемы системы и количества вводимого кислорода.

Количество используемого кислорода от заданного количества корма рассчитывается по формуле 5.22.

$$O_k = K \times a \quad (5.22)$$

где  $O_k$  – количество используемого кислорода от заданного количества корма, кг/сут.;

$a$  – количество используемого кислорода на кг корма, %.

Количество кислорода, необходимое для пассивной нитрификации, рассчитывается по формуле 5.23.

$$O_p = (TAN - TAN_n) \times 4,57 \quad (5.23)$$

где  $O_p$  – количество кислорода, необходимое для пассивной нитрификации, кг/сут.

Количество необходимого кислорода для нитрификации в биофильтре рассчитывается по формуле 5.24. Если используется погружной тип биофильтра, то  $s=1$ , если воздушный, то  $s=0$ .

$$O_f = s \times TAN_o \times 4,57 \quad (5.24)$$

где  $O_f$  – количество необходимого кислорода для нитрификации в био-  
фильтре, кг/сут.

Общее количество используемого кислорода рассчитывается по  
формуле 5.25.

$$O_{\text{общ}}' = O_k + O_f + O_p \quad (5.25)$$

где  $O_{\text{общ}}'$  – общее количество используемого кислорода, кг/сут.

Для оценки скорости потока в УЗВ используется формула 5.26.

$$S_o = \frac{O'}{\frac{k_c - k_g}{1000000}} \quad (5.26)$$

где  $S_o$  – оценочная скорость потока, л/сут.;

$k_c$  – концентрация растворенного кислорода, вносимая в бассейн, мг/л;

$k_g$  – желаемая концентрация кислорода в бассейне, мг/л.

Исходя их скорости потока, рассчитываются мощности насосов  
и диаметры водоподающих и водосливных трубопроводов.

**Водохозяйственный расчет.** Выбор способа водоснабжения  
(самотечного или механического) решается путем сопоставления тех-  
нической и экономической стороны каждого из них. Такой сравни-  
тельный анализ не делают в том случае, если исключена возможность  
применения одного из этих способов.

Потребность рыбоводного предприятия в необходимом количе-  
стве воды определяют водохозяйственными расчетами, выполненными  
на основе инженерных изысканий.

Сначала рассчитывается расход воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) по отдельным це-  
хам, а затем определяют ее расход по дням каждого месяца на весь  
год. При этом исходными данными являются нормы расхода воды при  
выращивании рыб различной массы, количество рыбоводных емко-  
стей, схемы использования воды (однократная или многократная) и  
график работы по каждому цеху.

Водохозяйственные расчеты заканчиваются составлением гра-  
фика водопотребления и сводного водохозяйственного баланса.

**Гидротехнические сооружения и правила их проектирова-  
ния.** Гидротехнические сооружения подразделяются на постоянные и  
временные. Среди *постоянных гидротехнических сооружений* разли-  
чают основные и второстепенные. К временным сооружениям отно-



ются сооружения, которые используются только в период строительства или ремонта постоянных сооружений.

В каждом рыбоводном предприятии имеется большое количество различных гидротехнических сооружений, которые обеспечивают его нормальную работу.

Основные сооружения:

- водосбросные сооружения различных типов;
- сооружения на водоподающей системе – каналы, лотки, трубы, регулиционные сооружения.

Указанные гидротехнические сооружения располагаются в рыбоводных хозяйствах в зависимости от размещения и характера источника водоснабжения.

Все гидротехнические сооружения, применяемые в рыбоводстве, проектируются на основе гидравлических, статических расчетов и соответствующих разделов СНИП. При проектировании гидротехнических сооружений широко применяются типовые проекты, разработанные различными проектными организациями.

Как правило, в состав рыбоводного предприятия входят сооружения и оборудование, предназначенные для выращивания рыбы, подачи воды и воздуха, отвода воды, очистки воды.

Бассейновый участок используется для выращивания рыбы разного возраста (в зависимости от применяемой биотехнологии). Бассейны различного размера располагаются группами (секциями). Для жесткости конструкции бассейнов используются каркасы. Служебные проходы между бассейнами принято проектировать шириной 1–2 м. Бассейны секций объединяются в один ряд так, что они имеют общую систему сброса воды. Слив воды из бассейнов осуществляется через донные водосливы.

Вода в бассейны всех секций подается с помощью флейт. Сброс воды из бассейнов предусматривается в одну сбросную сеть. Сбросные сети разрабатываются по действующим нормативам, отвечающим требуемой категории надежности сброса воды.

Для обеспечения нормального кислородного режима в рыбоводных бассейнах и биофильтрах предусматривается установка воздухоподувного оборудования.

### **5.3 Расчет экономической эффективности**

Финансовые затраты предприятия по выращиванию товарной рыбы в условиях установок замкнутого водообеспечения делятся на *капитальные (единовременные) и текущие.*

### **Капитальные затраты**

Капитальные затраты при строительстве рыбоводческого хозяйства, работающего на основе технологии установок замкнутого водоснабжения, включают следующие статьи расходов:

#### **1) Проектирование и строительство здания**

Современные вновь отстраиваемые рыбоводные предприятия размещаются обычно в металлических или бетонных одноэтажных утепленных зданиях. Рабочая высота помещений с бассейнами составляет не более 3 м, при высоте бассейнов до 1,5 м. Помещение для размещения очистного оборудования несколько выше – 4–6 м.

Особенностью рыбоводного процесса в здании является повышенная влажность воздуха с возможностью образования обильного конденсата, негативно влияющего на несущие конструкции здания, оборудование и условия труда. Для решения данной проблемы в здании устанавливается развитая система вентиляции.

Ориентировочная потребность в площади для размещения установки 200 м<sup>2</sup> на каждые 10–15 т товарной продукции в год.

#### **2) Оборудование**

Комплектация оборудования осуществляется в соответствии с принятыми технологическими решениями. Количество, форма, материал оборудования принимаются в зависимости от вида и размера выращиваемого объекта и объема производства.

#### **3) Инженерные сооружения**

Для успешной работы рыбоводного предприятия с замкнутыми установками необходимо решить ряд проблем инженерного обеспечения:

- энергообеспечение с высокой степенью надежности либо от двух источников снабжения, либо с устройством аварийного дизель-генератора;
- водоснабжение от одного или двух источников воды;
- система обработки и удаления стока, объем которого равен потреблению от источника;
- транспортные решения по доставке, разгрузке и хранению корма, посадочного материала, товарной рыбы;
- обработка выращенной рыбы до полуфабрикатов и готовой продукции.

### **Текущие затраты**

**1) Посадочный материал.** Прежде всего, это поиск поставщика, обеспечивающего поставки в сроки икры, молоди или крупного посадочного материала, определенные технологией, принятой на предприятии. Сроки поставки и качество согласуются между постав-

щиком и потребителем. При достаточной квалификации персонала рыбоводное предприятие само может выступать поставщиком посадочного материала для внутренних нужд и на продажу потенциальным покупателям. Содержание собственного маточного стада позволяет перейти от производства товарной рыбы и посадочного материала к производству икры для изготовления из нее дорогостоящего пищевого продукта. На рынке рыбной продукции уже реализуется икра лососевых и осетровых, произведенная в аквакультуре. В цене посадочного материала и икры технологическая компонента выше, чем при выращивании товарной рыбы, что положительно сказывается на рентабельности производства.

**2) Комбикорма.** При выращивании рыбы в замкнутых рыбоводных установках одновременно реализуются две технологии: рыбоводная и очистная. Обе технологии сбалансированы. Задавая рыбе корм, получаем прирост массы рыбы и продукцию метаболизма, удаляемую из очистных сооружений (неосвоенный корм, фекалии, аммоний, выделяемый через жабры). При неизменном качестве корма две части системы сбалансируются, так как каждый вид корма дает определенное количество метаболитов на 1 кг прироста рыбы. Чем выше качество корма, тем меньше продукция метаболизма, и наоборот. Покупая для замкнутой установки корм с низким качеством, мы увеличиваем нагрузку на очистные сооружения, снижаем качество воды и одновременно прирост массы рыбы. Высококачественных кормов требуется для получения единицы с продукции меньше. При использовании высококачественных кормов кормовой коэффициент, равный отношению прироста массы рыбы к затратам корма, стремится к единице. Для кормов ниже качеством кормовой коэффициент равен 2–2,5, для сырых несбалансированных кормов (сырая рыба) – 7–10.

**3) Электроэнергия.** Основная часть затрат электроэнергии приходится на циркуляцию воды в установке. Величина этого расхода пропорциональна разнице уровней, на который поднимается вода. Закладываемые в установку сооружения (механический и биологический фильтры, бассейны, оксигенатор и бактерицидный облучатель) определяют в будущем потребность в установленной мощности электронасосов.

**4) Тепловая энергия.** При эксплуатации установки тепловая энергия затрачивается на подогрев подпиточной воды и поддержание температуры в холодный период года. В летний период, когда температура наружного воздуха выше заданной температуры воды, в установке возможен перегрев последней. Понижение температуры достигается либо подпиткой из источников с низкой температурой воды,

например из артезианских скважин, либо за счет использования кондиционеров.

**5) Вода для подпитки.** Идеальной водой для подпитки замкнутой установки является вода из артезианской скважины с температурой, равной оптимальному значению для культивируемого объекта. По качеству это должна быть вода с минимальным содержанием бактериальной флоры, с высокой жесткостью и содержанием ионов хлора порядка 100 мг/л. Вода не должны содержать неприемлемых для культивируемого объекта примесей. От качества воды подпитки во многом зависят результаты работы установки.

Обычный уровень подпитки в замкнутой установке составляет от 3 до 40% объема воды в установке в сутки. Дебит водоисточника должен обеспечивать эту потребность с запасом.

**6) Сброс воды в канализационные сети.** Этот пункт имеет место в том случае, если владелец установки вынужден сбрасывать воду в канализационные сети. В городских системах, как правило, стоимость сброса составляет двойную стоимость чистой воды из питьевого водопровода. Снижение затрат на сброс решается обычно путем устройства разделения сброса на осадок и условно чистый сброс. Осадок используется как органическое удобрение, а условно чистая вода сливается в биологический пруд и далее в природный водоисточник.

**7) Кислород.** Обеспечение рыбоводного процесса кислородом принимается при проектировании предприятия. Наиболее простое решение – поставка жидкого кислорода на предприятие с последующей его газификацией на месте. Если это невозможно, то используются сорбционные генераторы кислорода, выделяющие кислород из сжатого воздуха. Ориентировочная потребность в кислороде – 1 кг кислорода на 1 кг прироста рыбы.

**8) Обслуживающий персонал.** В практике Западной Европы принято считать рыбоводную установку производительностью 20–25 т рыбы в год семейным предприятием. Это, как правило, единичная установка, все операции на которой выполняются хозяином. Некоторые предприятия оснащают автоматической сигнализацией, с передачей аварийного сигнала владельцу на телефон.

В практике постсоветской действительности на таких предприятиях устанавливалось дежурство операторов (сутки через трое), обеспечивающих кормление, сброс осадку, подпитку, контроль исправности оборудования. Установленные оператором неисправности и плановое обслуживание техники выполнялись слесарем и электриком. Бригада (главный рыбовод – 1, оператор – 4, слесарь – 2) способна обслуживать несколько установок суммарной производительностью 300–400 т рыбы в год.

### Совместное выращивание рыб и растений

Опыт зарубежных исследований в области аквапоники позволяет судить о том, что эти установки находят применение и экономически целесообразны в специфических условиях. Например, при дефиците воды и почвы в ведении традиционного сельского хозяйства. В сравнении с гидропонными установками у них появляются определенные преимущества: многоцелевое применение устройств рыбоводной установки, многопрофильность продукции, низкий уровень содержания нитратов в продукции. Важной оказывается однозначность требований к параметрам технологической воды при выращивании как рыбы, так и растений. Это также относится к температуре, рН, гидрохимическим показателям и чистоте воды. Наиболее полно совмещается выращивание рыбы и растений в установках, оснащенных механическими и биологическими фильтрами.

Небольшая по масштабу рыбоводная установка, рассчитанная на выращивание 13 т осетров в год, в экономическом плане более привлекательна при введении в технологический процесс теплицы площадью 1000 м<sup>2</sup>. Превращение замкнутой рыбоводной установки в аквапонную в данном случае повышает экономическую эффективность выращивания рыбы за счет выращивания растений. Сравнение двух вариантов установок приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2. – Сравнение основных технико-экономических и финансовых показателей инвестирования в рыбоводную и аквапонную установки

Показатели	Рыбоводная установка	Аквапонная
1	2	3
Выход товарной продукции*(годовой), кг:		
Товарная рыба	13102	13102
Томаты	-	16800
Огурцы	-	24000
Зелень	-	9500
Стоимость товарной продукции, ** тыс. руб.:		
Товарная рыба	51901	51901
Томаты	-	14482
Огурцы	-	20058
Зелень	-	21550
Общая стоимость продукции, тыс. руб.	51901	118790
Численность работающих, чел.	2	4
Сметная стоимость строительства, тыс. руб.	8525	14885
В том числе НДС***	1705	2977

Окончание таблицы 5.2.

1	2	3
Срок окупаемости, лет:		
Простой	7,4	4,8
Дисконтный	более 10	7,5
Внутренняя норма доходности, %	11	22
Привлеченные кредиты, тыс. руб.	10260	17866
Выплата процентов по кредитам, тыс. руб.	6587	11133

Примечания – \*Выход продукции предприятия в номинальном режиме.

\*\*Стоимость товарной продукции и ее себестоимость за расчетный период (10 лет).

\*\*\*Предполагается возврат НДС в первый год эксплуатации установки.

Сравнения показывают:

– стоимость товарной продукции в варианте с выращиванием растений возрастает с 51901 до 118790 тыс. руб., или на 128,9%, в то время как капитальные затраты на превращение рыбоводной установки в аквапонную возрастают с 8525 до 14885 тыс. руб., или на 74,6%;

– срок окупаемости за счет выращивания овощной продукции и зелени снижается с 7,4 до 4,8 лет, внутренняя норма доходности предприятия увеличивается с 11 до 22%.

#### 5.4 Нормативно-правовая база

Основными документами в Республике Беларусь по ведению рыбоводства и рыболовства являются:

1) Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 29 декабря 2007 г. № 91 «Об утверждении ветеринарно-санитарных правил для организаций, осуществляющих деятельность по разведению и выращиванию рыбы»;

2) Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 2 июня 2015 г. № 459 «О концепции развития рыболовного хозяйства в Республике Беларусь»;

3) Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 13 апреля 2015г. № 297 «Об утверждении положения о порядке досмотра уполномоченными должностными лицами органов рыболовного контроля вещей, транспортных средств, орудий добычи рыбы, продукции рыболовства в рыболовных угодьях, либо на прилегающей к ним территории на расстоянии до одного километра от береговой линии»;

4) Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 9 марта 2015 г. № 181 «О некоторых вопросах производства и реализации осетровых видов рыб и (или) икры из них»;

5) Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 4 ноября 2014 г. № 51 «О методике определения номенклатуры и количества разрешенных к применению орудий промыслового рыболовства»;

6) Постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 18 июня 2014 г. № 29 «О республиканской комплексной схеме размещения рыболовных угодий»;

7) Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21 мая 2014 г. № 492 «Об утверждении положения о порядке досмотра вещей, транспортных средств, орудий рыболовства, продукции рыболовства, а также изъятия незаконно добытой продукции рыболовства и используемых при этом орудий рыболовства, положения о порядке аккредитации на право ведения рыболовного хозяйства и внесении дополнения в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 февраля 2012г. № 156»;

8) Постановление Национального статистического комитета Республики Беларусь от 31 октября 2012 г. № 191 «Об утверждении методики по расчету объема производства продукции рыболовства и рыбоводства в сопоставимых ценах»;

9) Указ президента Республики Беларусь от 8 декабря 2005 г. № 580 «О некоторых мерах по повышению эффективности ведения охотничьего хозяйства и рыбохозяйственной деятельности, совершенствованию государственного управления ими»;

11) Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 г. № 13 «Показатели качества воды поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, а также иных поверхностных водных объектов»;

12) ГОСТ 24896-2013 Рыба живая.

Помимо государственных правовых актов на предприятиях индустриального типа применяют внутренние должностные инструкции, разработанные согласно технологическим особенностям работы предприятия, для каждой группы обслуживающего персонала.

***Должностная инструкция оператора по обслуживанию установок замкнутого обеспечения***

*1. Дежурный оператор, заступивший на дежурство, обязан:*

1.1. Проверить работу установок, а также работу всех агрегатов и механизмов, обслуживающих установки, путем осмотра всех работающих механизмов и агрегатов.

1.2. Проверить параметры по показаниям соответствующих приборов.

1.3. Получить от сдающего дежурство сведения о работе установок и поступивших распоряжениях, после этого произвести соответствующие записи в журнале приема и сдачи дежурства. С этого времени оператор, принявший дежурство, несет полную ответственность за работу установок, а также агрегатов и механизмов, обслуживающих их.

*2. В обязанности дежурного оператора входит:*

2.1. Поддержание в чистоте и надежном эксплуатационном режиме всех механизмов и оборудования, входящих в состав установок, путем постоянного контроля за работой механизмов, оборудования, систем трубопроводов, арматуры.

2.2. Устранение всех возникших неисправностей за время своего дежурства. Все проводимые работы по поддержанию механизмов и оборудования в надлежащем техническом состоянии должны отражаться в журнале. В случае выхода из строя механизма перейти на дублирующий, принять все меры по восстановлению неисправного оборудования. По возможности устранить неисправности своими силами. О произошедшем доложить в срочном порядке администрации. Во всех случаях произвести записи в журнале.

2.3. Участие в ремонтных работах.

2.4. Обеспечение поддержания всех параметров, влияющих на рост и жизнестойкость выращиваемого объекта, а именно: температурного режима, содержания кислорода в рыбоводных емкостях, водообмена, нормы и режима кормления, режима очистки рабочей воды, сброса загрязнений, подпитки.

*Водообмен.* Кроме специально оговоренных случаев, количество подаваемой воды в бассейны должно быть примерно равным  $\frac{3}{4}$  водообмена в час.

Нужно помнить, что водообмен имеет немаловажное значение, а именно: вода является носителем кислорода и средой выноса загрязнений. Учитывая это, необходимо поддерживать указанный водообмен и периодически вести контроль, особенно после промывки бассейнов, биофильтров и остановок насосов.

*Кислородный режим.* В бассейнах необходимо поддерживать содержание кислорода в пределах 6 – 7 мг/л. Замер кислорода проводится непосредственно в бассейнах, датчик прибора должен находиться вне зоны поступления воды. При низком содержании кислорода в бассейне следует его расход подрегулировать.

Контрольные замеры кислорода производить каждые 4 ч и записывать показания в журнал.

*Нормы и режим кормления.* Дежурный оператор должен следить за дозировкой и интервалами выдачи корма, рекомендованными



главным рыбоводом. Необходимо помнить: бессистемная выдача корма приводит к снижению КПД использования корма, загрязнению воды, снижению концентрации кислорода и к липоидной дистрофии печени у рыб.

*Очистка, сбросы, подпитка.* Очистка фильтрующего наполнителя биофильтра производится продувкой по мере загрязнения, но не реже двух раз в месяц.

Сбросы с механического фильтра производятся в автоматическом режиме.

Подпитка проводится для восстановления первоначального объема воды после сбросов и не должна превышать 10% общего объема.

*3. Дежурный несет полную ответственность за:*

3.1. Выполнение данной инструкции по эксплуатации, а также инструкций заводов-изготовителей.

3.2. Объективность данных по параметрам, вносимым в журнал.

3.3. Санитарно-гигиеническое состояние как самой установки, так и помещения.

3.4. Соблюдение техники безопасности и пожарной безопасности.

*4. Категорически запрещается:*

4.1. Во время работы установок отлучаться с рабочего места даже кратковременно и допускать на рабочее место посторонних лиц.

4.2. Пользоваться промасленной ветошью и рукавицами при работе с кислородом и озоном.

4.3. Нарушать технику безопасности и пожарную безопасность.

*5. Сдача дежурства.*

5.1. Дежурный должен закончить все работы по обслуживанию механизмов и установок. Установки должны работать в заданном режиме с соблюдением всех параметров. Установки и помещения должны быть чистыми.

5.2. Обо всех нарушениях в работе установок и механизмов, а также о поступивших распоряжениях сделать соответствующие записи в журнале и сообщить принимающему дежурство.

***Требования к территории предприятия:***

1. В организации по производству пищевой рыбной продукции (далее – организация) должны быть в наличии:

– планы размещения производственных, вспомогательных и бытовых зданий, сооружений и помещений;

– схемы установки технологического оборудования;

– маршруты движения сырья, пищевой рыбной продукции, отходов, работников.

Все помещения, технологическое оборудование, маршруты должны быть идентифицированы путем их обозначения на соответствующих схемах.

2. Водоснабжение, канализация, освещение, отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха должны соответствовать требованиям Санитарных правил и норм 2.3.4.13-21 2002 «Производство и реализация рыбной продукции», утвержденных постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 31 декабря 2002 г. № 147, обязательным для соблюдения техническим нормативным правовым актам в области технического нормирования и стандартизации.

3. Утилизация рыбных отходов и пришедшей в негодность пищевой рыбной продукции должна осуществляться в соответствии с Законом Республики Беларусь от 20 июля 2007 года «Об обращении с отходами», ветеринарно-санитарными правилами для организаций, осуществляющих переработку, утилизацию трупов животных и отходов животного происхождения, утвержденными постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 22 марта 2010 г. №14.

4. Территория организации должна:

- содержаться в чистоте;
- быть ограждена сплошным забором и исключать несанкционированный доступ посторонних лиц и безнадзорных животных;
- иметь уклон для отвода атмосферных, талых и смывных вод в ливневую канализацию;
- иметь сплошное усовершенствованное покрытие без выбоин.

На территории организации не допускается пересечение потоков сырья, пищевой рыбной продукции, отходов.

5. Не допускается наличие на территории организации цехов по производству кормовой и технической продукции, а также ее складирование и хранение.

6. Обустройство, деление и содержание территории, дворовых туалетов, сбор, хранение и вывоз бытовых отходов, мойка автотранспорта должны соответствовать требованиям СанПиН 2.3.4.13-21-2002 «Производство и реализация рыбной продукции».

7. Санитарно-защитная зона должна быть организована в соответствии с требованиями Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Гигиенические требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 10 февраля 2011 г. №11.

***Требования к бытовым помещениям***

1. Бытовые помещения могут размещаться в отдельно стоящих зданиях или быть встроены в основной производственный корпус. Для работающих в ремонтно-электромеханических мастерских, котельной, компрессорной оборудуются отдельные бытовые помещения.

2. Туалеты бытовых помещений должны быть оборудованы:

- самозакрывающимися дверьми;
- унитазами с педальным спуском;
- устройствами для дезинфекции рук, одноразовыми полотенцами.

Туалеты бытовых помещений должны иметь тамбуры с раковинами с подводкой горячей и холодной воды через смеситель с бесконтактным управлением.

3. Перед входом в тамбур туалета должна быть табличка «Сними санитарную одежду», а в тамбуре – вешалка для одежды.

4. Для уборки и дезинфекции туалетов должен быть выделен отдельный инвентарь, имеющий специальную заметную метку или окраску.

5. Уборочный инвентарь для туалетов должен храниться отдельно от уборочного инвентаря других помещений в специально отведенном месте.

6. Использование бытовых помещений не по назначению запрещается.

7. Обустройство бытовых помещений, их уборка и санитарная обработка, стирка и хранение одежды осуществляются в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.4.13-21-2002 «Производство и реализация рыбной продукции».

***Требования к производственным и вспомогательным помещениям***

1. Организация должна иметь необходимый набор производственных и вспомогательных помещений для выполнения комплекса работ по производству качественной и безопасной пищевой рыбной продукции согласно утверждаемому в установленном порядке ассортименту.

2. Расположение производственных и вспомогательных помещений организации должно:

- исключать возможность загрязнения рыбы и пищевой рыбной продукции;
- обеспечивать поточность производства без пересечения потоков сырья, пищевой рыбной продукции, чистой и грязной тары, отходов.

3. При входе во все производственные помещения устанавливаются модули полной гигиенической обработки. Допускается использование дезинфицирующих ковриков.

4. В производственных помещениях категорически запрещается принимать пищу и проводить посторонние мероприятия.

5. Производственные помещения должны иметь защиту от:

– проникновения животных, в том числе грызунов, мух, тараканов и иных насекомых;

– скопления грязи, образования конденсата, плесени на поверхности полов, стен, потолков и оборудования;

– возможного загрязнения пищевой рыбной продукции в результате превышения предельно допустимых концентраций (уровней) химических, биологических загрязнений в воздухе.

6. Стены, потолки, окна и двери производственных и вспомогательных помещений должны быть чистыми и выполненными из влагонепроницаемых материалов, устойчивых к мойке и дезинфекции.

7. Текущий ремонт помещений проводится по мере необходимости, но не реже 1 раза в 6 месяцев.

8. Полы производственных и вспомогательных помещений должны выполняться из кислото- и щелочеустойчивых, водонепроницаемых и влагостойких материалов, легко поддающихся мойке и дезинфекции. Наличие выбоин и неровностей полов не допускается.

9. Все места с дефектами материалов покрытия (щели, выбоины, трещины и др.) подлежат немедленному ремонту.

10. Помещения, значительно отличающиеся по температурно-влажностным режимам и имеющие сообщение между собой должны отделяться тамбурами, коридорами, шлюзами, шторами или воздушными завесами.

11. Хранение домашней, уличной одежды на рабочих местах в производственных помещениях не допускается.

12. Площадь и объем производственных и вспомогательных помещений, высота стен, санитарная уборка и обработка помещений, технологического оборудования, инвентаря, электроосветительной и вентиляционной арматуры, хранение уборочного инвентаря должны соответствовать требованиям СанПиН 2.3.4.13-21-2002 «Производство и реализация рыбной продукции».

***Требования к технологическим процессам, оборудованию, инвентарю, таре***

1. Технологические процессы и технологическое оборудование должны обеспечивать выпуск безопасной и качественной пищевой рыбной продукции.

2. Технологическое оборудование, инвентарь, тара должны быть:

- изготовлены из материалов, разрешенных законодательством Республики Беларусь для применения при контакте с пищевыми продуктами;
- чистыми и промаркированными, с указанием назначения их использования.

3. Все контрольно-измерительное оборудование, применяемое в организации, должно быть поверено в установленном законодательством порядке.

4. Во всех производственных помещениях должны быть установлены стерилизаторы для мелкого инвентаря (ножи, мусаты и т.п.).

5. Технологические процессы, инвентарь, тара, уборка и обработка технологического оборудования, хранение и обработка инвентаря, тары должны соответствовать требованиям СанПиН 2.3.4.13-21-2002 «Производство и реализация рыбной продукции», обязательным для соблюдения техническим нормативным правовым актам в области технического нормирования и стандартизации.

Основным документом, регулирующим качество питающих и сбросных вод, является *Водный кодекс Республики Беларусь (30 апреля 2014 г. № 149-з)*.

Охрана и использование вод осуществляются на основе следующих принципов:

- рационального (устойчивого) использования водных ресурсов;
- комплексного использования водных ресурсов;
- приоритета использования подземных вод для питьевых нужд перед иным их использованием;
- улучшения экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов (их частей);
- предупреждения загрязнения, засорения вод;
- бассейнового управления водными ресурсами;
- нормирования в области охраны и использования вод;
- возмещения вреда, причиненного водным объектам;
- разграничения функций государственного регулирования, управления и контроля в области охраны и использования вод и функций водопользования;
- участия граждан и общественных объединений в вопросах принятия решений в области охраны и использования вод.

Право собственности на воды:

1. Все воды, находящиеся на территории Республики Беларусь, составляют исключительную собственность государства.

2. Право собственности на добытую (изъятую) воду принадлежит водопользователю, осуществившему ее добычу (изъятие) на законном основании, если иное не установлено законодательными актами.

Водохозяйственные балансы:

1. Водохозяйственные балансы представляют собой расчетные материалы, позволяющие сопоставить потребность в воде с количеством и качеством имеющихся водных ресурсов в данное время на определенной территории.

2. Целью составления водохозяйственных балансов является оценка достаточности водных ресурсов в пределах выбранной территории для удовлетворения потребностей водопользователей с учетом недопущения при этом истощения водных ресурсов и ухудшения качества воды водных объектов.

3. Водохозяйственные балансы разрабатываются:

3.1. в составе планов управления речными бассейнами;

3.2. для отдельных административно-территориальных единиц (областей и города Минска) в случае отсутствия утвержденных планов управления речными бассейнами.

4. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь организует разработку проектов водохозяйственных балансов с участием заинтересованных государственных органов (организаций). Проекты водохозяйственных балансов утверждаются областными, Минским городским исполнительным комитетами.

5. Требования к разработке, составлению и оформлению водохозяйственных балансов устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Нормирование в области охраны и использования вод заключается в разработке, утверждении и введении в действие:

– нормативов качества воды поверхностных водных объектов;

– гигиенических нормативов безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования;

– нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод;

– технологических нормативов водопользования.

Нормативы качества воды поверхностных водных объектов:

1. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов устанавливаются в целях обеспечения благоприятных условий воспроизводства водных биологических ресурсов и безопасности продукции из них.

К нормативам качества воды поверхностных водных объектов относятся:

- показатели качества воды поверхностных водных объектов;
- предельно допустимые концентрации химических и иных веществ в воде поверхностных водных объектов.

2. Показатели качества воды поверхностных водных объектов устанавливаются в зависимости от отнесения этих объектов:

- к поверхностным водным объектам, используемым для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных;
- к поверхностным водным объектам, не указанным в вышеизложенном пункте.

3. Перечень поверхностных водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, утверждается Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по согласованию с Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и Национальной академией наук Беларуси.

4. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

5. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов не устанавливаются для прудов-копаней, технологических водных объектов.

Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования.

1. Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования устанавливаются для поверхностных и подземных вод в целях охраны здоровья населения.

2. К гигиеническим нормативам безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования относятся:

- предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов;

– ориентировочные допустимые уровни химических веществ в воде водных объектов;

– органолептические показатели;

– микробиологические показатели;

– показатели радиационной безопасности.

3. Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования утверждаются Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

4. Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования не устанавливаются для прудов-копаней, технологических водных объектов.

Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод:

1. Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод устанавливаются в целях предотвращения загрязнения поверхностных водных объектов.

2. Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод устанавливаются для каждого загрязняющего вещества, включенного в перечень нормируемых загрязняющих веществ в составе сточных вод, утверждаемый Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

3. К нормативам допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод относятся:

3.1. Допустимая концентрация загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект (миллиграммов в кубическом дециметре).

3.2. Максимально допустимая масса загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект, за определенный период времени (тонн в год).

4. Установление нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод производится с учетом нормативов качества воды поверхностных водных объектов. Требования к установлению нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод определяются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

5. Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод разрабатываются водопользователями и устанавливаются территориальными органами Министерства природ-



ных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в разрешениях на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешениях.

6. В случае, если в процессе проведения реконструкции, модернизации, капитального ремонта очистных сооружений сточных вод не обеспечивается достижение нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод, а также на период проведения пусконаладочных работ на таких сооружениях или выхода их на проектную мощность могут устанавливаться временные нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод. Временные нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод разрабатываются водопользователями и устанавливаются территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в разрешениях на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешениях на срок от 1 года до 3 лет.

***Технологические нормативы водопользования***

1. Технологические нормативы водопользования состоят из:

1.1. Технологических нормативов водопотребления, которые представляют собой обоснованное расчетами количество воды с учетом ее качества, необходимое для производственного процесса, устанавливаемое на единицу производимой продукции, используемого сырья, материалов.

1.2. Технологических нормативов водоотведения, которые представляют собой обоснованное расчетами количество сточных вод установленного качества, образующихся в процессе производства, устанавливаемое на единицу производимой продукции, используемого сырья, материалов.

2. Технологические нормативы водопользования подразделяются на отраслевые и индивидуальные технологические нормативы водопользования:

2.1. Отраслевые технологические нормативы водопользования представляют собой укрупненные нормы водопотребления и водоотведения, которые разрабатываются для определенной отрасли экономики в целях планирования и контроля потребления воды, а также сбрасываемых производственных сточных вод. Отраслевые технологические нормативы водопользования утверждаются соответствующими республиканскими органами государственного управления по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

2.2. Индивидуальные технологические нормативы водопользования разрабатываются и утверждаются юридическими лицами, ин-

дивидуальными предпринимателями, осуществляющими производство продукции, использование сырья, материалов в процессе производства, связанного с водопотреблением и водоотведением, в случае отсутствия отраслевых технологических нормативов водопользования или в целях уточнения объемов водопотребления, водоотведения для конкретного производства.

3. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие специальное водопользование, представляют утвержденные индивидуальные технологические нормативы водопользования в составе документов на получение разрешений на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешений в случаях, предусмотренных подпунктом 2.2 настоящей статьи.

4. Требования к разработке технологических нормативов водопользования, перечень видов экономической деятельности и критерии, в отношении которых разрабатываются технологические нормативы водопользования, устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Условия приемки в эксплуатацию зданий, сооружений и других объектов, оказывающих воздействие на водные объекты.

Приемка в эксплуатацию зданий, сооружений и других объектов, оказывающих воздействие на водные объекты, производится при условии:

- проведения в полном объеме мероприятий;
- организации приборного учета добываемых подземных вод, изымаемых поверхностных вод и сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду, с применением приборов учета расходов (объемов) добываемых подземных вод, изымаемых поверхностных вод и сточных вод, сбрасываемых в окружающую среду (далее – средства измерений расхода (объема) вод);
- оснащения мест сбросов сточных вод автоматизированными системами контроля за сбросом загрязняющих веществ в составе сточных вод в случаях, предусмотренных техническими нормативными правовыми актами, утверждаемыми Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь;
- наличия водорегулирующих устройств и средств измерений расхода (объема) вод на водозаборных сооружениях;
- наличия сооружений и устройств, предотвращающих вредное воздействие на поверхностные водные объекты;
- наличия рыбозащитных устройств на сооружениях для изъятия воды из поверхностных водных объектов;

– соблюдения условий, указанных в заключениях государственных экспертиз, в том числе государственной экологической экспертизы, в случаях, когда проведение таких экспертиз предусмотрено законодательством;

– оборудования судов устройствами для предотвращения загрязнения поверхностных водных объектов, отнесенных к внутренним водным путям, сточными водами, в том числе нефтесодержащими.

Требования при выполнении работ на поверхностных водных объектах:

1. Выполнение работ, связанных с выпрямлением русла реки, ручья и (или) заключением участка реки, ручья в коллектор, осуществляется на основании проектной документации, прошедшей государственную экологическую экспертизу в случаях, предусмотренных законодательством о государственной экологической экспертизе.

2. Выполнение на поверхностных водных объектах работ, оказывающих вредное воздействие на состояние рыбных ресурсов, за исключением работ, выполняемых на основании проектной документации, подлежащей государственным экспертизам, осуществляется по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

3. Работы на поверхностных водных объектах, связанные с ликвидацией чрезвычайных ситуаций и (или) их последствий, выполняются без согласования с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

4. Выполнение неотложных путевых работ на поверхностных водных объектах, отнесенных к внутренним водным путям, осуществляется в соответствии с законодательством о внутреннем водном транспорте.

5. Выполнение работ по благоустройству поверхностных водных объектов, воссозданию на них элементов благоустройства и размещению малых архитектурных форм осуществляется в соответствии с законодательством в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности об охране и использовании земель.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеева, Е. В. Ветеринарно-санитарная экспертиза рыб / Е. В. Авдеева. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. – 104с.
2. Александрова, У. С. Выращивание нетрадиционных объектов аквакультуры в условиях установок с замкнутым водоиспользованием / У. С. Александрова, А. В. Ковалев, К. Д. Матишов // Наука Юга России. – 2018. – № 14. – С. 74–81.
3. Александрова, У. С. Экспериментальные исследования по адаптации клариевого сома к изменениям температуры выращивания / У. С. Александрова // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России : материалы междунар. науч. конф., Ростов-на-Дону, 1–3 окт. 2014 г. / Южный науч. центр РАН ; редкол.: Г.Г. Матишов (гл. ред.) [и др.]. – Ростов н/Д., 2014. – С. 155–157.
4. Артеменков, Д. В. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в УЗВ на комбикормах с добавками пробиотика «Субтилис» : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.04.01 / Д. В. Артеменков ; Рос. гос. аграр. ун-т.-МСХА имени К.А. Тимирязева. – М., 2013. – 22 с.
5. Артеменков, Д. В. Сравнительная характеристика роста сомообразных рыб *Silurus glanis* и *Clarias gariepinus* / Д. В. Артеменков [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2017. – № 2 (134). – С. 14–19.
6. Астренков, А. В. Особенности подращивания личинок европейского сома (*Silurus glanis*, L. 1758) в заводских условиях / А. В. Астренков, В. В. Ярмош, Н. Н. Гадлевская // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2018. – № 2. – С. 44–49.
7. Басова, Е. В. Технохимическая характеристика клариевого сома / Е. В. Басова, Е. Е. Иванова, В. Я. Скляров // Известия вузов. – 2013. – № 5. – С. 18–20.
8. Бардач, Дж., Ритер Дж., Макларни У. Аквакультура (Разведение и выращивание пресноводных и морских организмов) / Дж. Бардач, Дж. Ритер, У. Макларни. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 294 с.
9. Барон, В. Д. Наблюдения за электрической активностью сомообразных (*Siluriformes*) в озере Чамо (Эфиопия) / В. Д. Барон [и др.] // Вопросы ихтиологии. – 2001. – Т.41, № 1. – С. 542–549.
10. Барулин, Н. В. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных индустриальных комплексах (с временными нормативами) / Н. В. Барулин – Горки: БГСХА, 2016. – 180 с.

11. Бауер, О. Н. Болезни прудовых рыб / О. Н. Бауер, В. А. Мусселиус, Ю. А. Стрелков. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 402.

12. Бауер, О. Н. Ихтиопатология / О. Н. Бауер, В. А. Мусселиус, В.М. Николаева. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1977. – 325 с.

13. Бондаренко, А. Б. Африканский сом – перспективный объект для тепловодных хозяйств и приусадебного рыбоводства // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвят. 60-летию Московской рыбоводно-мелиоративной опытной станции и 25-летию ее реорганизации в ГНУ ВНИИР, Москва, 11–13 апр. 2005 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т ирригационного рыбоводства ; редкол.: Е.Г. Серветник [и др.]. – М., 2005. – Т. 1. – С. 295–298.

14. Бондаренко, А. Б. Клариевый сом / А. Б. Бондаренко, Г. А. Сычев, В.В Приз // Рыбоводство. – 2008. – № 1. – С. 30–31.

15. Бондаренко, А. Б. Клариевый сом в России и за рубежом. Перспективы его внедрения для тепловодных хозяйств России / А. Б. Бондаренко, Г. А. Сычев, В. В. Приз // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры : сб. науч. Тр. / Всерос. Науч.-исслед. Ин-т пресноводного рыбного хозяйства; редкол.: М.В. Михайлова [и др.]. – М., 2005. – № 80. – С. 213–218.

16. Быховская-Павловская, И. Е. Паразитологические исследования рыб / И. Е. Быховская-Павловская. – Л.: Наука, 1969. – 245 с.

17. Ванятинский, В. Ф. Болезни рыб / В. Ф. Ванятинский, Л. М. Мирзоева, А. В. Поддубная. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1979. – 302 с.

18. Владовская, С. Использование африканского сома для контроля «дикого» нереста тилляпии / С. Владовская // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура. – 1997. – № 1. – С. 20–23.

19. Власов, В. А. Влияние разноразмерных особей *Clarias gariepinus* в популяции на результаты их выращивания / В.А. Власов, В.В. Дернаков // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов – 2: материалы междунар. Науч.-практ. Конф., пос. Борок, 17–20 июля 2007 г. / Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина : редкол.: А. В. Крылов. – М., 2007. – С. 127–132.

20. Власов, В. А. Воспроизводство и выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в установках с замкнутым водообеспечением (УЗВ) / В. А. Власов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2012. – № 7. – С. 26–35.

21. Власов, В. А. Выращивание африканского клариевого в бассейнах с различным кислородным режимом / А. В. Власов, А. П. Завь-

ялов, Ю. И. Есавкин // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвят. 60-летию Московской рыбоводно-мелиоративной опытной станции и 25-летию ее реорганизации в ГНУ ВНИИР, Москва, 11–13 апр. 2005 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т ирригационного рыбоводства ; редкол.: Е.Г. Серветник [и др.]. – М., 2005. – Т. 3. – С. 130–139.

22. Власов, В. А. Выращивание африканского сома (*Clarias gariepinus* Burchell) в промышленных условиях / В. А. Власов, М. Фатталахи, А. О. Касумян // Современное состояние и перспективы развития аквакультуры в России. – М., 2008. – С. 41–49.

23. Власов, В. А. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus* Burchell) при различных условиях содержания и кормления / В. А. Власов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2014. – № 5. – С. 23–32.

24. Власов, В. А. Гетерозис в рыбоводстве: монография / В. А. Власов, Н. И. Маслова. – М.: РГАУ-МСХА, 2014. – 203 с.

25. Власов, В. А. Использование пробиотика «Субтилис» в качестве добавки в комбикорм при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / В. А. Власов, Д. В. Артеменков, В. В. Панасенко // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 5. – С. 89–93.

26. Власов, В. А. Какие комбикорма лучше усваивает клариевый сом / В. А. Власов // Комбикорма. – 2012. – № 5. – С. 67–69.

27. Власов, В. А. Клариевый сом: особенности кормления и выращивания / В. А. Власов // Комбикорма. – 2010. – № 4. – С. 53–54.

28. Власов, В. А. Рост африканского сома (*Clarias gariepinus* Burchell), выращиваемого в искусственных условиях на различных по качеству кормах / В. А. Власов // Агротехнологии XXI века : сб. тр. Междунар. Науч.-практ. Конф., Москва, 10–14 дек. 2007 г. / Рос. Гос. Аграр. Ун-т-МСХА имени К.А. Тимирязева ; редкол: А.В. Голубев [и др.]. – М., 2007. – С. 281–283.

29. Власов, В. А. Рыбоводство : учеб. пособие. / В. А. Власов. – Изд. 2-е. – СПб. : Лань. 2012. – 416 с.

30. Власов, В. А. Фермерское рыбоводство / В. А. Власов. – М.: Столичная типография, 2008. – 168 с.

31. Ганчаров, Г. Д. Лабораторная диагностика болезней рыб / Г.Д. Ганчаров. – М.: Колос, 1973. – 184 с.

32. Гордеев, А. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в УЗВ при различных плотностях посадки / А. Гордеев, В. А. Власов, А. П. Завьялов // Животные в городе : материалы II-ой науч.-практ. конф., Москва, 12–15 сент. 2003 г. / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова ; редкол.: В.Д. Васильев [и др.]. – М., 2003. – С. 239–241.

33. Грищенко, Л. И. Болезни рыб и основы рыбоводства / Л.И. Грищенко, М. Ш. Акбаев, Г. В. Васильков. – М.: Колос, 1999. – 405 с.

34. Денисенко, О. С. Садковое выращивание африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на территории Краснодарского края / О. С. Денисенко // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2014. – Т. 1, № 5. – С. 117–120.

35. Дернаков, В. В. Особенности технологии выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в рыбоводной установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) в связи с неравномерностью его роста / В. В. Дернаков // Междунар. науч. конф. молодых учёных и специалистов РГАУ-МСХА, посвящ. 120-летию академика Н.И. Вавилова : сб. ст. / Рос. гос. аграр. ун-т-МСХА имени К.А. Тимирязева ; редкол: А. В. Голубев [и др.]. – М., 2007. – С. 419–422.

36. Ерёмина, М. В. Выбор оптимальных условий для выращивания разных видов рыб в аквакультуре / М. В. Ерёмина // В мире научных открытий : материалы междунар. Студенческой науч. Конф., Ульяновск, 23–25 мая 2017 г. / Ульянов. Гос. Аграр. Ун-т им. П.А. Столыпина. – Ульяновск, 2017. – С. 156–158.

37. Жигин, А. В. Замкнутые системы в аквакультуре : монограф. / А. В. Жигин. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2011. – 665 с.

38. Жигин, А. В. Техничко-экономические аспекты использования замкнутых систем в рыбоводных хозяйствах / А. В. Жигин, Н. В. Мовсесова // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2014. – № 8. – С. 47–57.

39. Жуков, П. И. Справочник по ихтиологии, рыбному хозяйству и рыболовству в водоемах Беларуси: в 2 т./ П.И. Жуков. – Минск : Тонпик, 2004. – 2 т. – 423 с.

40. Захаров, В. С. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в аквакультуре России / В. С. Захаров, Ю. П. Мамонтов // Рыбоводство. – 2010. – № 1. – С. 48–49.

41. Зялалов, Ш. Р. Биологическая роль и особенности строения наджаберного органа африканского клариаса / Ш. Р. Зялалов, И. С. Галушко // В мире научных открытий : материалы междунар. студенческой науч. конф., Ульяновск, 23–25 мая 2017 г. / Ульянов. гос. аграр. ун-т им. П. А. Столыпина. – Ульяновск, 2017. – С. 15–17.

42. Золотова, З. К. Мировая аквакультура на рубеже столетий: статистика и прогнозы / З. К. Золотова // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры : сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т пресноводного рыбного хозяйства. – М., 2002. – Вып. 75. – С. 27–37.

43. Золотова, А. В. Аллометрический рост некоторых частей тела клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при разной плотности посадки / А. В. Золотова // Междунар. науч. конф. молодых учёных и специалистов, посвящ.125-летию со дня рождения академика Н.И. Вавилова,

Москва, 1–2 июня. 2012 г. : тез. докл. / Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА имени К. А. Тимирязева ; редкол: А. В. Голубев [и др.]. – М., 2013. – С. 52–54.

44. Иванов, А. А. Физиология гидробионтов: монография/ А. А. Иванов, Г. И Пронина, Н. Ю. Корягина. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 337 с.

45. Иванов, А. А. Физиология рыб. 2-е издание/ А. А. Иванов. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с.

46. Канаев, А. И. Ветеринарная санитария в рыбоводстве / А.И. Канаев. – М.: Колос, 1973. – 245 с.

47. Каплич, В. М. Основы рыбоводства / В.М. Каплич, В.А. Герасимчик. – Минск: БГТУ, 2007. – 328 с.

48. Каплич, В. М. Основы рыбоводства и рыболовства / В. М. Каплич, В. Б. Звягинцев, В. А. Герасимчик. – Минск : БГТУ, 2012. – 403 с.

49. Ковалев, К.В. Влияние астатичных температурных режимов на рост и развитие клариевого сома при выращивании его в УЗВ / К.В. Ковалев // Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвят. 60-летию Московской рыбоводно-мелиоративной опытной станции и 25-летию ее реорганизации в ГНУ ВНИИР, Москва, 11–13 апр. 2005 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т ирригационного рыбоводства ; редкол.: Е. Г. Серветник [и др.]. – М., 2005. – Т. 2. – С. 47–53.

50. Ковалев, К. В. Технологические аспекты выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в рыбоводной установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.04 / К. В. Ковалева; Рос. гос. аграр. ун-т.-МСХА имени К. А. Тимирязева. – М., 2006. – 21 с.

51. Ковалев, К. В. Технологические аспекты выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в рыбоводной установке с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) / К. В. Ковалев // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2006. – № 11. – С. 18–26.

52. Ковалев, К. В. Особенности транспортировки клариевого сома / К. В. Ковалев, В. А. Власов // Зоокультура и биологические ресурсы: материалы науч.-практ. конф. Москва, 4–6 фев. 2004 г. / Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА имени К. А. Тимирязева ; редкол: А.В. Голубев [и др.]. – М., 2006. – С. 41–43.

53. Ковригин, А. В. Автоматизированная технология производства экологически чистой продукции растениеводства и аквакультуры в контролируемых условиях помещений / А. В. Ковригин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 4 (12). – С. 124–129.

54. Козлов, В. И. Аквакультура / В. И. Козлов, А. Л. Никифоров-Никишин, А. Л. Бородин. – М.: Колос, 2006. – 445 с.



55. Козлов, В. И. Справочник фермера-рыбовода / В. И. Козлов. – М.: ВНИРО, 1998. – 427с.

56. Козырь, А. В. Влияние аквапонного модуля на содержание азотистых соединений в тепловодных установках замкнутого водоснабжения при выращивании клариевого сома (*Clarias Gariepinus*) / А. В. Козырь, Л. С. Цвирко // Веснік Палескага дзяржаўнага універсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук : научно-практический журнал. – Пинск : ПолесГУ, 2019. – № 1. – С. 87 – 94.

57. Козырь, А. В. Влияние аквапонного NFT-модуля на содержание аммиак-аммония в тепловодных установках замкнутого водоснабжения при выращивании клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / А. В. Козырь, Т. В. Масайло, В. В. Ярмош // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XII междунар. молодежной науч.-практ. конф.: в 3-х ч., Пинск, 6 апреля 2018 г. / Полес. гос. ун-т ; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2018. – Ч. 2. – С. 170–172.

58. Козырь, А. В. Влияние аквапонного nft-модуля на темпы массонакопления клариевого сома (*Clarias gariepinus* b.,1868)/ А. В. Козырь, Л. С. Цвирко // Биотехнология: достижения и перспективы развития: сборник материалов III международной научно-практической конференции – Пинск : ПолесГУ, 2018. – № 2. – С. 57-59.

59. Кузов, А. А. Перспективы выращивания овощных сельскохозяйственных культур на сбросных водах индустриальной аквакультуры / А. А. Кузов // Актуальные вопросы рыбного хозяйства и аквакультуры бассейнов южных морей России : материалы междунар. научн. конф., Ростов-на-Дону, 1–3 октября 2014 г. / Донской гос. тех. ун-т ; редкол.: Г. Г. Матишов [и др.]. – Ростов н/Д., 2014. – С. 197–199.

60. Лавровский, В.В. Рыбоводная установка / В. В. Лавровский, А. П. Завьялов // Рыбоводство и рыболовство. – 1999. – № 2. – 13 с.

61. Лабенец, А. В. Компактная аквапонная установка для исследовательских работ и полупромышленного культивирования / А. В. Лабенец, Ю. Б. Львов // Современное состояние и перспективы развития аквакультуры в России. – М., 2008. – С. 108–119.

62. Лабенец, А. В. Клариевый сом: удачный выбор для индустриального выращивания / А. В. Лабенец, В. Н. Севрюков // Современное состояние и перспективы развития аквакультуры: материалы международной научно-практической конференции, г. Горки, 7–9 декабря 1999 г. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [и др.]; редкол.: И.С. Серяков [и др.]. – Горки, 1999. – С. 32–33.

63. Ларьков, В. М. Гидротехнические сооружения и рыбоводные пруды / В. М. Ларьков. – Горки : БГСХА, 2000. – 245 с.

64. Левина, О. А. Опыт использования комбикормов с различной нормой содержания протеина при выращивании молоди африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в условиях установки замкнутого водоснабжения / О. А. Левина [и др.] // Вестник АГТУ. – 2015. – № 3. – С. 93–101.

65. Любомирова, В. Н. Апролегниоз молоди клариевого сома в бассейновой аквакультуре / В. Н. Любомирова [и др.] // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Ульяновск, 7–8 февраля 2017 г. / Ульяновская гос. сельхоз. академия им. П. А. Столыпина. – Ульяновск, 2017. – С. 144–148.

66. Любомирова, В. Н. Совершенствование технологии кормления личинок клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при переходе на экзогенное питание / В. Н. Любомирова [и др.] // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы IX междунар. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Ульянов. гос. аграр. ун-та имени П. А. Столыпина, Ульяновск, 20–21 июня 2018 г. / Ульяновская гос. сельхоз. академия им. П. А. Столыпина. – Ульяновск, 2018. – С. 59–64.

67. Масайло, Т. В. Влияние изменения температурного режима на жизнедеятельность клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / Т. В. Масайло, В. В. Ярмош // Молодёжный аграрный форум – 2018: материалы XIII междунар. студенческой науч. конф., 20–24 марта 2018 г.: в 3 т. / Белгородский гос. аграр. ун-т имени В. Я. Горина; редкол.: А. В. Турьянский [и др.]. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – Т. 1. – С. 184.

68. Масайло, Т. В. Использование муки из опарыша в производстве кормов для ценных видов рыб / Т. В. Масайло, А. В. Козырь, В. В. Ярмош // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XI междунар. молодежной науч.-практ. конф.: в 3-х ч., Пинск, 7 апреля 2017 г. / Полес. гос. ун-т; редкол.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 326–328.

69. Масайло, Т. В. Декапсуляция как способ повышения выклева науплий артемии салина (*Artemia salina*) / Т. В. Масайло, А. В. Козырь, В. В. Ярмош // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XII междунар. молодежной науч.-практ. конф.: в 3-х ч., Пинск, 6 апреля 2018 г. / Полес. гос. ун-т; редкол.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2018. – Ч. 2. – С. 188–190.

70. Матишов, Г. Г. Практическая аквакультура / Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарева, Н. Г. Журавлева. – Ростов н/Д: ЮНЦ РАН, 2011. – 384 с.

71. Матишов, Г. Г. Справочник рыбовода. Инновационные технологии аквакультуры юга России / Г. Г. Матишов [и др.]. – Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2013. – 224 с.

72. Михайлова, М. В. Клариевые сомы в России / М. В. Михайлова // Рыба и морепродукты. – 2010. – № 2 (54). – С. 36–37.

73. Мовсесова, Н. В. Некоторые показатели экономической эффективности товарного выращивания рыб в установке с замкнутым водоиспользованием / Н. В. Мовсесова, А. В. Жигин // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2008. – № 5. – С. 50–52.

74. Мухачев, И. С. Биологические основы рыбоводства: учеб. пособие / И. С. Мухачев. – Тюмень, 2005. – 260 с.

75. Мухитова, М. Э. Прогностические критерии роста и развития африканского клариевого сома в условиях бассейновой аквакультуры / М. Э. Мухитова [и др.] // Вестник Ульянов. гос. сельхоз. академии. – 2017. – № 3 (39). – 70 с.

76. Наумова, Н. С. Африканский клариевый сом / Н. С. Наумова // Актуальные проблемы современной экологии : материалы Всеросс. конкурса студенческих науч.-исслед. работ, посвященных году экологии в России, Ульяновск, 0 нояб.–31 дек. 2017 г. / Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина ; редкол.: Романова Е.М. [и др.]. – Ульяновск, 2018. – 177–179.

77. Никифоров, А. И. Морфологические и товарные качества промышленно выращиваемого клариевого сома *Clarias gariepinus* / А. И. Никифоров, А. В. Маилкова // Современное состояние водных биоресурсов : материалы науч. конф., посвящённой 70-летию С.М. Коновалова. – Владивосток: Тихоокеанский науч.-исслед. рыбохозяйственный центр, 2008. – С. 763–765.

78. Овчинникова, Т. И. Выращивание африканского сома / Т. И. Овчинникова // Рыбное хозяйство. Сер. Аквакультура. – 1992. – № 1. – С. 14–20.

79. Орлова, З. П. Рыбохозяйственная гидротехника / З. П. Орлова. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 279 с.

80. Подушка, С. Б. Клариевый сом и его использование в рыбоводстве / С. Б. Подушка // Состояние и перспективы развития фермерского рыбоводства аридной зоны : сб. тезисов Междунар. науч. конф., Ростов на Дону, 6–8 июня 2006 г. / – Ростов-н/Д., 2006. – С. 71–74.

81. Проскуренко, И. В. Замкнутые рыбоводные установки / И. В. Проскуренко. – М.: ВНИРО, 2003. – 152 с.

82. Пономарев, С. В. Индустриальное рыбоводство : учеб. / С. В. Пономарёв, Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева. – Изд. 2-е. исп. и доп. – СПб: Лань, 2013. – 416 с.

83. Пономарев, С. В. Фермерская аквакультура : рекомен. / С. В. Пономарев, Л. Ю. Лагуткина, И. Ю. Киреева. – М.: ФГНУ «Росинформтех», 2007. – 192 с.

84. Подушка, С. Б. Клариевый сом и его использование в рыбодоводстве / С. Б. Подушка // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2011. – № 5–6. – С. 61–62.

85. Привезенцев, Ю. А. Рыбоводство / Ю. А. Привезенцев, В. А. Власов. – М.: Мир, 2004. – 425 с.

86. Привезенцев, Ю. А. Рыбоводство / Ю. А. Привезенцев, В. А. Власов. – М.: Мир, 2007. – 456 с.

87. Проскуренко, И. В. Замкнутые рыбоводные установки / И. В. Проскуренко – М.: ВНИРО, 2003. – 152 с.

88. Ракова, Л. Ю. Особенности выращивания *Clarias gariepinus* и *Acipenser ruthenus* / Л. Ю. Ракова, Д. Ю. Акимов, Е. В. Любомиров // Молодежь и наука XXI века : материалы междунар. науч. конф., Ульяновск, 20–21 сент. 2017 г. / Ульянов. гос. аграр. ун-т им. П.А. Столыпина. – Ульяновск, 2017. – С. 114–117.

89. Романова, Е. М. Пробиотики и адаптогены в лечении аэромоноза африканского клариевого сома / Е. М. Романова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4 (40). – С. 86–93.

90. Рыжков, Л. П. Основы рыбоводства / Л. П. Рыжков, Т. Ю. Кучко, И. М. Дзюбук. – СПб.: Лань, 2011. – 375 с.

91. Серпунин, Г. Г. Биологические основы рыбоводства / Г. Г. Серпунин. – М.: Колос, 2009. – 410 с.

92. Складов, В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре / В. Я. Складов. – М.: ВНИРО, 2008. – 150 с.

93. Способ выращивания товарного клариевого сома: пат. 2295239 Россия. МПК7 А01К 61/00 / Г. Е. Серветник, А. М. Наумова, Л. С. Чистова и др.; заявитель ГНУ ВНИИ ирригационного рыбоводства. – № 2005120310/12; заявл. 30. 06. 2005; опубл. 20. 03. 2007.

94. Суликов, Р. Х. Морфометрические показатели клариевого сома, выращенного в бассейновой аквакультуре / Р. Х. Суликов, А. К. Шленкин // В мире научных открытий : материалы II междунар. Студенческой науч. Конф., Ульяновск, 23–24 мая 2018 г. / Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. – Ульяновск, 2018, – С. 73–75.

95. Томеди, Э. М. Проблемы выращивания африканского сомика (*Clarias gariepinus*) в промышленных условиях в Камеруне / Э. М. Томеди // Вестн. Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыбное хозяйство. – 2000. – С. 123–128.

96. Филатов, В. И. Технологические аспекты выращивания африканского сома *Clarias gariepinus* в условиях замкнутого цикла водобеспечения / В. И. Филатов [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 88–91.

97. Фаттолахи, М. Весовой и линейный рост африканского сома (*Clarias gariepinus* В.) в зависимости от факторов среды и качества корма: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук 06.02.04 / М. Фаттолахи; Рос. гос. аграр. ун-т.-МСХА имени К. А. Тимирязева. – М., 2006. – 23 с.

98. Фаттолахи, М. Весовой и линейный рост африканского сома (*Clarias gariepinus* В.) в зависимости от факторов среды и качества корма / М. Фаттолахи // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 42–53.

99. Федорова, Е. В. Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водоснабжения / Е. В. Федорова // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны : материалы II национальной науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 13–15 сент. 2017 г. / – СПб., 2017. – С. 172–175.

100. Федорова, Е. В. Выращивание клариевого сома в установках замкнутого водоснабжения / Е. В. Федорова // Аграрные конференции. – 2017. – № 2. – С. 49–53.

101. Чебасов, Л. В. Африканский сом клариас на приусадебных участках / Л. В. Чебасов, С. Б. Подушка // Рыбоводство и рыболовство. – 2001. – № 2. – С. 40.

102. Шумак, В. В. Выращивание клариевого сома за счет использования потерь тепловой энергии сбросных вод ГРЭС // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2015. – № 2. – С. 57–63.

103. Шумак, В. В. Моделирование роста клариевого сома в аквакультуре / В. В. Шумак, С. В. Торганов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 44. – С. 120 – 127.

104. Щербина, М. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре / М. А. Щербина, Е. А. Гамыгин. – М.: ВНИРО, 2006. – 360 с.

105. Ярмош, В. В. Влияние гормональных препаратов на созревание половых продуктов клариевого сома (*Clarias gariepinus* В., 1868) / В.В. Ярмош [и др.] // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2017. – № 2. – С. 99–104.

106. Ярмош, В. В. Изменение темпа роста клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в зависимости от стадии полового созревания / В. В. Ярмош, А. В. Козырь, Т. В. Масайло / Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси: материалы XII междунар. молодежной науч.-практ. конф.: в 3-х ч., Пинск, 6 апреля 2018 г. / Полес. гос. ун-т ; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2018. – Ч. 2. – С. 206–208.

107. Ярмош, В. В. Перспективы выращивания клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в Республике Беларусь. / В. В. Ярмош // Материалы

VII междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Сети центров аквакультуры в Центральной и Восточной Европе (НАСЕЕ), – Горки, 11–14 декабря 2018 г. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки : БГСХА, 2019. – С. 25.

108. Ярмош, В. В. Транспортировка и первичная адаптация рыбобосадочного материала клариевого сома (*Clarias gariepinus*) / В. В. Ярмош, А. В. Астренков // Молодёжный аграрный форум – 2018: материалы XIII междунар. студенческой науч. конф., 20–24 марта 2018 г.: в 3 т. / Белгородский гос. аграр. ун-т имени В.Я. Горина; редкол.: А.В. Турьянский [и др.]. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2018. – Т. 1. – С. 217.

109. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840 and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae) / Legendre M. et al. // J. Fish Biol. 1992. Vol. 40. P. 59–79.

110. Avault, James W. Jr. Fundamentals of Aquaculture, A Step-by-Step Guide to Commercial Aquaculture / James W. Avault Jr. – AVA: Publishing Company Inc., Baton Rouge, USA, 1996. – P. 281.

111. Abu Sayem Md. Ahsan Habib, Dr. Prosannajid Sarkar. Extraction and identification of PUFA from African Catfish (*Clarias gariepinus*) skin // International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2016. Vol. 4, iss. 4. P. 312–314.

112. Adesina S. A., Falaye A. E., Ajani E. K. Evaluation of haematological and serum biochemical changes in *Clarias gariepinus* juveniles fed graded dietary levels of boiled sunflower (*Helianthus annuus*) seed meal replacing soybean meal // Ife Journal of Science. 2017. Vol. 19, iss. 1. P. 51–68.

113. African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) production with special reference to temperate zones : a manual / Peteri A. [et al.]. Budapest : FAO, 2015. 85 p.

114. Assessment of *Clarias gariepinus* as a biological control agent against mosquito larvae / Chala B. et al. // BMC Ecol. 2016. Vol. 16. P. 27.

115. Babmann B., Brenner M., Palm H. W. Stress and welfare of African Catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in a coupled aquaponic system // Water. 2017. Vol. 9. P. 504.

116. Bozkurt Y., Yavaş I. Effect of extender compositions, glycerol levels, and thawing rates on motility and fertility of cryopreserved wild African Catfish (*Clarias gariepinus*) sperm // The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh. 2017. Vol. 69. P. 1357–1364.

117. Changes in nutritional values induced by butachlor in juvenile diploid and triploid *Clarias gariepinus* / Karami A. et al. // Int. J. Environ. Sci. Technol. 2017. P. 1– 12.

118. Chemical composition and antioxidant activities of catfish epidermal mucus / Nurul Mariam Hussin et al. // *Journal of Advanced Agricultural Technologies*. 2017. Vol. 4, iss. 1. P. 73–77.

119. Cloning, localization and differential expression of Neuropeptide-Y during early brain development and gonadal recrudescence in the catfish, *Clarias gariepinus* / Cheni-Chery Sudhakumari et al. // *General and Comparative Endocrinology*. 2017. Vol. 251. P. 54–65.

120. Comparative morphometry and histological studies of the cerebellum of catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) / Danmaigoro A. et al. // *Journal of Applied Life Sciences International*. 2016. Vol. 7, iss. 4. P. 1–6.

121. Comparative studies of nutrient composition of wild caught and pond reared african catfish, *Clarias gariepinus* / Ukagwu J. I. et al. // *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*. 2017. Vol. 5, iss. 7. P. 63–68.

122. Complete replacement of fish meal by other animal protein sources on growth performance of *Clarias gariepinus* fingerlings / Djissou A. S. M. et al. // *Int. Aquat. Res.* 2016. Vol. 8, iss. 4. P. 333–341.

123. Effect of different feeding frequency on the growth and survival of African Catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings / Marimuthu K. et al. // *Advances in Environmental Biology*. 2010. Vol. 4, iss. 2. P. 187–193.

124. Effect of different fertilization and egg de-adhesion methods on hatching and survival of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fry / Kareem O. K. et al. // *Journal of FisheriesSciences.com*. 2017. Vol. 11, iss. 1. P. 21–27.

125. Effect of fish vitellogenin on the growth of juvenile catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) / Subir Kumar Juin et al. // *Aquaculture Reports*. 2017. Vol. 7. P. 16–26.

126. Effect of phytase supplementation on the growth, mineral composition and phosphorus digestibility of African Catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles / Orisasona O. et al. // *Animal Research International*. 2017. Vol. 14, iss. 2. P. 2741–2750.

127. Effects of different additives on the survival and haematology of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings during transportation / Idowu T. A. et al. // *Nigerian Journal of Tropical Agriculture*. 2016. Vol. 16. P. 65–71.

128. Effects of storage conditions on quality characteristics of commercial aquafeeds and growth of African catfish *Clarias gariepinus* / Solomon S. G. et al. // *Journal of Fisheries*. 2016. Vol. 74. P. 30–37.

129. El-Hawarry W. N., Abd El-Rahman S. H., Shourbela R. M. Breeding response and larval quality of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) using different hormones/hormonal analogues with dopa-

mine antagonist // *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 2016. Vol. 42, iss. 2. P. 231–239.

130. Enyidi U. D. *Chlorella vulgaris* as protein source in the diets of African Catfish *Clarias gariepinus* // *Fishes*. 2017. Vol. 2. P. 17–29.

131. Falaye A., Emikpe B., Ogundipe E. Influence of *Lactobacillus plantarum* supplemented diet on growth response, gut morphometry and microbial profile in gut of *Clarias gariepinus* fingerlings // *Journal of Coastal Life Medicine*. 2016. Vol. 4, iss. 8. P. 597–602.

132. Formulation of fish feed with optimum protein-bound lysine for african catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings / Siti Nurhafa Imra Naq-tahnain Hamid et al. // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 148. P. 361–369.

133. Githukia C. M., Kembenya E. M., Opiyo M. A. Anaesthetic effects of sodium bicarbonate at different concentrations on African Catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles // *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*. 2016. Vol. 2(3). P. 151–158.

134. Gonadosomatic index and some hematological parameters in African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) as affected by feed type and temperature level / Al-Deghayem W. A. et al. // *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2017. Vol. 60. e17160157.

135. Growth performance and feed utilization of African catfish *Clarias gariepinus* fed a commercial diet and reared in the biofloc system enhanced with probiotic / Putra I. et al. // *F1000Res*. 2017. Vol. 6. P. 1545.

136. Hecht T., Oellermann L., Verheust L. Perspectives on clariid catfish culture in Africa // *Aquatic Living Resources*. 1996. Vol. 9, iss. 5. P. 197–206.

137. Influence of carbon/nitrogen ratios on biofloc production and biochemical composition and subsequent effects on the growth, physiological status and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in glycerol-based biofloc systems / Akeem Babatunde Dauda et al. // *Aquaculture*. 2018. Vol. 483. P. 120–130.

138. It is all in the blood: erythrocyte characterization of triploid and diploid African Catfish, *Clarias gariepinus* / Normala Jalil et al. // *J. Fish. Aquat. Sci.* 2016. Vol. 11, iss. 6. P. 425–431.

139. Lawal B. M., Adewole H. A., Olaleye V. F. Digestibility study and nutrient re-evaluation in *Clarias gariepinus* fed blood meal-rumen digesta blend diet // *Not. Sci. Biol.* 2017. Vol. 9, iss. 3. P. 344–349.

140. Micro-morphological investigation of the skin of the larval and adult stages of the African Catfish (*Clarias gariepinus*) / Derbalah A. et al. // *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*. 2017. Vol. 53. P. 1–10.

141. Morphological characterization of wild and cultured *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) using principal component and cluster analyses / Ola-Oladimeji F. A. et al. // *Not. Sci. Biol.* 2016. Vol. 8, iss. 4. P. 428–436.



142. Nwachi Oster Francis, Dasuki Awawu. Culture of diploid and tetraploid (*Clarias gariepinus*) fed with 17 $\alpha$ -methyltestosterone // *Fudma – Journal of Agric. and Agric. Tech.* 2017. Vol. 3, iss. 1. P. 10–14.

143. Ojonugwa E. B., Solomon R. J. Effects of over stocking on the growth rate of *Clarias gariepinus* // *Journal of Animal Science and Veterinary Medicine.* 2017. Vol. 2. P. 84–95.

144. Okomoda V. T., Chong Chu Koh I., Shahreza S. Md. A simple technique for accurate estimation of fertilization rate with specific application to *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) // *Aquaculture Research.* 2017. P. 1–6.

145. Okomoda V. T., Tihamiyu L. O., Iortim M. The effect of water renewal on growth of *Clarias gariepinus* fingerlings // *Journal of Fisheries.* 2016. Vol. 74. P. 25–29.

146. Okomoda V. T., Tihamiyu L. O., Kwaghger D. Spawning performance of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) induced with ethanol preserved and fresh catfish pituitary extract // *Zygote.* 2017. Vol. 25, iss. 3. P. 376–382.

147. Okomoda V. T., Wase G., Tihamiyu L. O. Effects of tank background colour on growth performance and feed utilization of African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings // *Ribarstvo. Croatian Journal of Fisheries.* 2017. Vol. 75, iss. 1. P. 5–11.

148. Omolade O., Solomon R. J. Effect of organic and inorganic diet in the growth of *Clarias gariepinus* // *Direct Res. J. Vet. Med. Anim. Sci.* 2017. Vol. 2, iss. 3. P. 66–81.

149. Optimum light wavelength and light intensity for rearing juvenile African Catfish (*Clarias gariepinus*) / Muhammad Firdaus Sallehudin et al. // *International Journal of Aquatic Science.* 2017. Vol. 8, iss. 2. P. 107–112.

150. Oyebola O. O., Adekunle O. M., Setufe S. B. Growth rate and disease resistance of inbreds and novel intra-specific crossbreds larva of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in response to *Pseudomonas aeruginosa* challenge // *Journal of Experimental Agriculture International.* 2017. Vol. 16, iss. 6. P. 1–11.

151. Reference intervals for the serum biochemistry and lipid profile of male broodstock African Catfish (*Clarias gariepinus*: Burchell, 1822) at varied ages / Okoye C. N. et al. // *Not. Sci. Biol.* 2016. Vol. 8, iss. 4. P. 437–443.

152. Rui Diogo. Morphological evolution, adaptations, homoplasies, constraints, and evolutionary trends: Catfishes as a case study on general phylogeny & macroevolution. Enfield : Science Publishers Inc., 2005. 491 p.

153. Shourbela R. M., El-Hawarry W. N., Abd El-Rahman S. H. Interactive effects of stocking density and feed type on growth, survival and

cannibalism among African catfish (*C. gariepinus* Burchell 1822). Online J. Anim. Feed Res. 2016. Vol. 6, iss. 3. P. 73–82.

154. Solomon S. G., Okomoda V. T. Effects of photoperiod on the haematological parameters of *Clarias gariepinus* fingerlings reared in water recirculatory system // Journal of Stress Physiology & Biochemistry. 2012. Vol. 8, № 3. P. 247–246.

155. Spawning response of African catfish (*Clarias gariepinus* (Burchell 1822), Claridae: Teleost) exposed to different piscine pituitary and synthetic hormone / Gadisa Natea et al. // International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2017. Vol. 5, iss. 2. P. 264–269.

156. Suleiman M. A., Solomon R. J. Effect of stocking on the growth and survival of *Clarias gariepinus* grown in plastic tanks // Direct Res. J. Vet. Med. Anim. Sci. 2017. Vol. 2, iss. 3. P. 82–92.

157. Sunarma A., Carman O., Alimuddin M. Z., Jr. Improving biomass gain using crossbreeding of distinct farmed population of African catfish *Clarias gariepinus* // AACL Bioflux. 2010. Vol. 10, iss. 5. P. 1001–1010.

158. Testicular morphology and sperm motility in cultured African Catfish (*Clarias gariepinus*) at different stages of development / Okoye C. N. et al. // Not. Sci. Biol. 2016. Vol. 8, iss. 3. P. 281–285.

159. Tilahun G., Dube K., Chtruvedi C. S. Assessment of reproductive performance, growth and survival of hybrids of African Catfish (*Clarias gariepinus*) and Indian Catfish (*Clarias batrachus*) compared to their parental lines crosses // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2016. Vol. 16. P. 123–133.

Научное издание

**ЯРМОШ Виктор Васильевич**  
**ЦВИРКО Лидия Сергеевна**  
**ТАРАЗЕВИЧ Елена Васильевна**  
**АСТРЕНКОВ Андрей Валерьевич**  
**КОЗЫРЬ Алексей Викторович**

Монография

**КЛАРИЕВЫЙ СОМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ  
ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЫБОВОДСТВА**

Ответственный за выпуск *П.Б. Пигаль*  
Редактор *С.В. Сухобокова*

Подписано в печать 24.11.2020. Формат 60x84/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Ризография.  
Усл. печ. л. 11,74. Уч.-изд. л. 10,46.  
Тираж 100 экз. Заказ № 236.

Отпечатано в редакционно-издательском отделе  
Полесского государственного университета.  
225710, г. Пинск, ул. Днепровской флотилии, 23.