



# Выращивание русского осетра в условиях замкнутого водообеспечения

**О**bjectом исследования при изучении влияния различной степени солености водной среды на работу установки замкнутого водообеспечения и интенсивность роста рыб являлась молодь русского осетра (*Acipenser gueldenstadtii* Brandt et Ratzeburg, 1833).

Соленую среду (3; 5 и 7 ‰) создавали с использованием раствора хлорида натрия, осмотическая сила которого соответствовала солености воды в Северном Каспии – от 0 до 7 ‰. Температурный и кислородный режим изменялся в пределах 20,0–22,0 °С и 85,0–100,0 % насыщения. Максимальная скорость роста рыб отмечалась при солености 5 и 7 ‰ – увеличение составляло 8,0–21,0 %. Интенсивный темп роста подтверждает, что выращивание в солоноватоводных условиях способствует более эффективному использованию компонентов пищи в желудочно-кишечном тракте рыб. Показатели крови соответствовали параметрам, характерным для рыб в естественной среде обитания: гемоглобин – 30,0–45,0 г/л, уровень холестерина и общего белка – не выше 3,5 ммоль и 26,0 г/л. Уровень липидов был высо-

ким – 4,8–6,5 г/л, что характерно для рыб, питающихся полнорационными сухими кормами. Осмоляльность сыворотки крови рыб, составлявшая от 219,0±2,41 до 239,0±0,94 ммоль/кг Н<sub>2</sub>О, соответствовала показателям осетровых разных возрастных групп в опресненной зоне Северного Каспия.

Однако повышение температуры воды и увеличение солености до 7 ‰ отражались на работе биологического фильтра, вызывая повышение уровня аммонийного азота в воде, что снижало выживаемость на 10,0 %. Показатели гидрохимического состояния замкнутой экосистемы находились в пределах нормативных значений при солености водной среды не более 5 ‰, которую и следует признать оптимальной для создания солоноватоводного режима в установках замкнутого водообеспечения при выращивании осетровых рыб.

## Введение

Взросшая антропогенная нагрузка на морские экосистемы, в том числе южных морей Российской Федерации (перелов, морская нефтегазодобыча, отъем пресной воды на орошение и др.) способствовала деградации среды обитания и снижению количества промысловых запасов осетровых в этих водоемах. Истощение ценных биоресурсов стимулировало развитие новой отрасли рыбного хозяйства – аквакультуры, в частности товарного осетроводства.

К настоящему времени разработана биотехника выращивания различных видов и гибридных форм осетровых рыб в условиях прудовых, садковых и бассейновых хозяйств с целью получения товарной продукции. Особым направлением в технологии воспроизводства рыб является использование установок замкнутого водообеспечения (УЗВ), которые позволяют создавать оптимальные гидролого-гидрохимические параметры для конкретного вида рыб вне зависимости от



## Материалы и методы исследования

Исследования влияния различной степени солености водной среды (3; 5 и 7 ‰) на эффективность выращивания молоди русского осетра в УЗВ проводили при постоянном контроле температурного и кислородного режимов с применением термооксиметра CyberScan DO 300; динамику водородного показателя контролировали рН-метром HANNA; измерение концентрации биогенных элементов в воде фиксировали с помощью тестов фирмы Tetra.

Соленую среду создавали с использованием раствора хлорида натрия, осмотическая сила которого соответствовала солености воды в Северном Каспии – от 0 до 7 ‰. Концентрацию соли контролировали рефрактометром Kelilong RHS-10ATC.

Рост и выживаемость выращиваемой рыбы оценивали согласно общепринятым в рыбоводстве методам.

Физиологическое состояние оценивали по гематологическим (скорость оседания эритроцитов, гемоглобин) и биохимическим (общий белок, общие липиды, холестерин) показателям.

Состояние водно-солевого обмена рыб оценивали по уровню осмоляльности сыворотки крови, который определяли криоскопическим методом с помощью осмометра ОМКА 1Ц-01.

В качестве стандарта применяли раствор NaCl с концентрацией 400,0 ммоль/кг H<sub>2</sub>O. Результаты определения выражали в ммоль/кг H<sub>2</sub>O.

Результаты исследования представлены в виде среднего значения показателя и его стандартной ошибки ( $M \pm m$ ). Оценку достоверности проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

## Результаты исследования

В условиях эксперимента осмоляльность водной среды составила 65,0 ммоль/кг H<sub>2</sub>O (3 ‰),

134,0 ммоль/кг H<sub>2</sub>O (5 ‰), 193,0 ммоль/кг H<sub>2</sub>O (7 ‰), для пресной воды – 20,0 ммоль/кг H<sub>2</sub>O.

Осмоляльность воды в Северном Каспии варьирует от 92,0 до 230,0 ммоль/кг H<sub>2</sub>O.

Во всех вариантах эксперимента температурный и кислородный режим изменялся в пределах 20,0–22,0 °C и 85,0–100,0 % насыщения. Исследование воды в рыбоводных емкостях не выявило отклонений от нормы исследуемых гидрохимических показателей (табл. 1). Тем не менее, отмечено, что с увеличением солености водной среды увеличивается рН.

Изъятие из воды токсичных продуктов метаболизма протекает в аппаратах биологической очистки за счет биоценоза активного ила. Водородный показатель влияет на скорость роста микроорганизмов, участвующих в процессе биологической фильтрации, тем самым оказывая воздействие на эффективность работы биофильтра.

Водородный показатель морской воды не является благоприятным для жизнедеятельности нитрифицирующих

условий внешней среды. Это способствует увеличению объемов производства рыбы и получению качественной рыбоводной продукции, снижению затрат на корма.

Индустриальное выращивание осетровых рыб проводят, как правило, в пресноводных условиях, соблюдая оптимальный температурный и кислородный режимы. Многочисленные исследования и производственный опыт показывают, что выращивание рыб, в том числе и осетровых, в ограниченных объемах пресной воды может изменять их функциональное состояние.

Между тем осетровые – эвригалинные виды, особое значение для нормального роста и развития которых имеет соленость водной среды, что подтверждается многолетними исследованиями по распределению, развитию и интенсивности роста осетровых рыб в море.

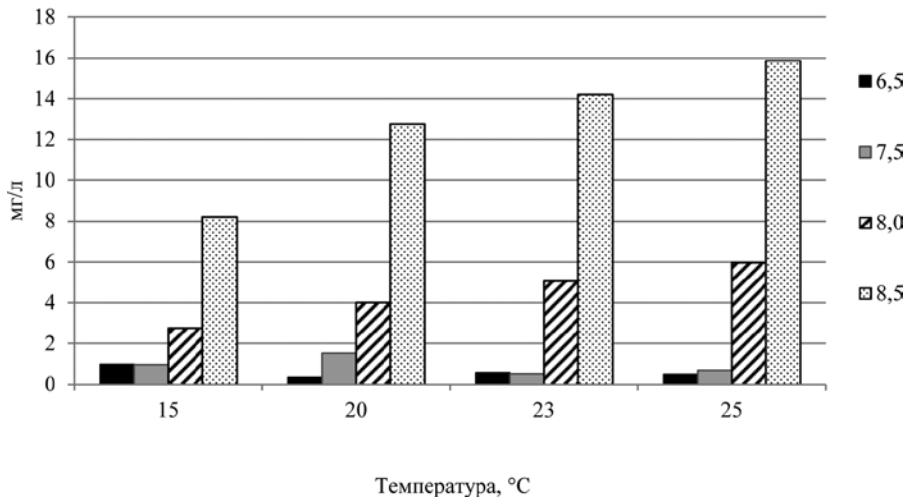
Изучение воздействия солевой среды на физиологическое состояние и рыбоводные параметры позволит создать технологию выращивания осетровых рыб и их гибридов в условиях солоноватоводного режима в УЗВ.

**Целью нашего исследования** стало изучение влияния различной степени солености водной среды на эффективность выращивания молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstadti* Brandt et Ratzeburg, 1833).

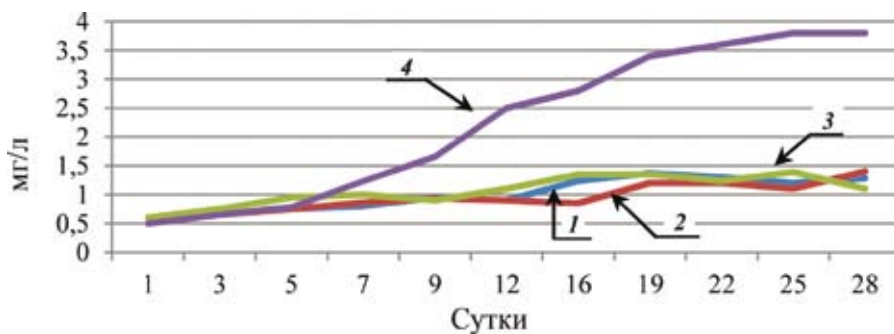
**Таблица 1. Гидрохимические показатели при разной степени солености водной среды**

Показатель	Степень солености, ‰			
	0	3	5	7
Водородный показатель (рН), ед.	7,35 ± 0,11	7,42 ± 0,13	7,51 ± 0,08	8,27 ± 0,09***
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	2,71 ± 0,42	2,54 ± 0,14	1,90 ± 0,23	2,27 ± 0,25
Химическое потребление кислорода, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	29,50 ± 0,74	27,94 ± 0,21*	30,71 ± 0,36	28,59 ± 0,37
Окисляемость перманганатная, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,64 ± 0,18	5,02 ± 0,24*	4,91 ± 0,14**	5,59 ± 0,19
Железо общее, мг/л	0,120 ± 0,01	0,115 ± 0,1	0,122 ± 0,01	0,114 ± 0,01
Фосфаты, мг/л	0,119 ± 0,12	0,120 ± 0,12	0,118 ± 0,12	0,129 ± 0,13

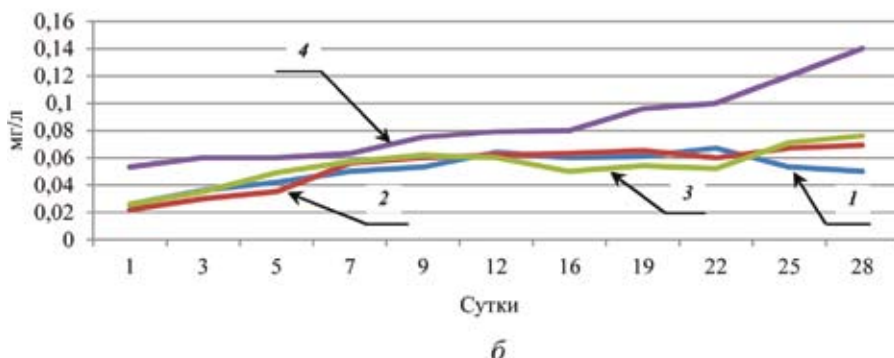
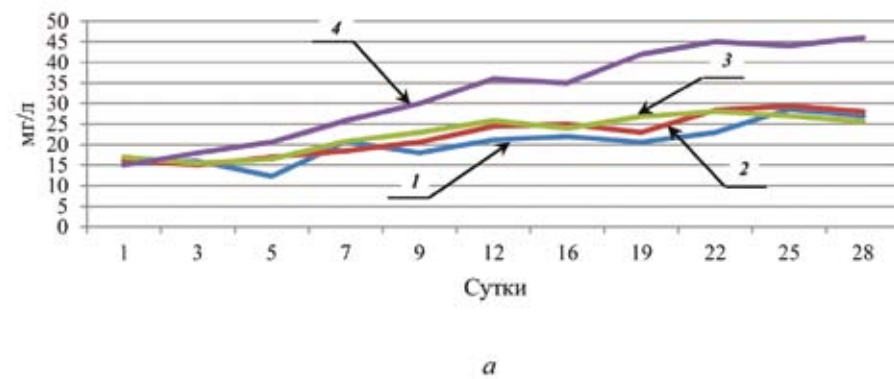
\*p ≤ 0,05; \*\*p ≤ 0,01; \*\*\*p ≤ 0,001.



**Рис. 1.** Количество аммонийного азота в зависимости от pH и температуры воды, мг/л



**Рис. 2.** Динамика аммонийного азота при разной степени солености водной среды, мг/л: 1 – 0 ‰; 2 – 3 ‰; 3 – 5 ‰; 4 – 7 ‰



**Рис. 3.** Эффективность процесса нитрификации в экспериментальных бассейнах: а – нитраты; б – нитриты: 1 – 0 ‰; 2 – 3 ‰; 3 – 5 ‰; 4 – 7 ‰

бактерий биофилтра, и при его значении выше 9,5 ед. клетки активного ила гибнут. Оптимальный диапазон pH для нормального развития нитрифицирующих бактерий – 6,5–7,5 ед. При ощелачивании (более 10,0 ед.) или закислении (менее 6,0 ед.) водной среды скорость реакции нитрификации значительно снижается.

Процесс биологической очистки дополнительно оценивали по количеству азотных соединений. В зависимости от pH и температуры воды при оптимальном кислородном режиме наблюдалось увеличение содержания аммонийного азота (рис. 1).

В условиях эксперимента прослеживались изменения гидрохимического состояния в рыбоводных емкостях при различной солености водной среды (рис. 2, 3). Слабощелочная среда при солености 7 ‰ способствовала снижению скорости изъятия аммонийного азота и отрицательно повлияла на эффективность очистки воды. Снижение интенсивности процесса аммонификации повлияло на результат нитрификации.

Количество нитратов и нитритов не превышало предельно допустимых значений. Тем не менее отмечалась явная тенденция к снижению эффективности работы биофилтра с увеличением солености водной среды.

Таким образом, данные гидрохимического анализа замкнутой экосистемы находились в пределах нормативных значений при солености водной среды не более 5 ‰. Полученные результаты позволили оценить эффективность выращивания молоди русского осетра при моделировании солоноватоводных условий (рис. 4).

Минимальная скорость роста наблюдалась при выращивании русского осетра в воде соленостью 0 и 3 ‰. При солености 5 и 7 ‰ данный показатель увеличивался на 8,0–21,0 ‰. Однако такие показатели солености на протяжении длительного периода способствовали негативному изменению гидрохимических условий, увеличению токсичности аммонийного азота, что снизило выживаемость рыб на 10,0 ‰.

Физиологическое состояние культивируемых рыб оценивали на основе анализа метаболической функции крови. Изменение обменных процессов у рыб при выращивании в солоноватоводных условиях можно рассматривать как положительную тен-

денцию в стабилизации их функционального состояния. Показатели крови молоди русского осетра, выращиваемой при солёности 5–7 ‰, приближались к параметрам, характерным для рыб в естественной среде обитания.

Для дыхательных процессов рыб, выращиваемых в солёной воде, условия являются более благоприятными, т. к. количество углекислоты в ней невелико. Количество  $\text{CO}_2$  зависит от pH, а повышение кислотности воды способствует снижению интенсивности газообмена и учащению дыхательного ритма. Более высокий уровень гемоглобина наблюдается у рыб в солоноватоводных условиях (30,0–45,0 г/л), что подтверждается литературными данными.

При проведении биохимического анализа крови во всех вариантах эксперимента отмечается высокий уровень липидов (4,8–6,5 г/л), что характерно для рыб, питающихся полнорационными сухими кормами. В условиях Северного Каспия данный показатель варьирует в пределах 3,0–4,0 г/л.

При равных условиях содержания единственным фактором, который мог повлиять на динамику общих липидов, была солёность среды. Уровень холестерина и общего белка находился в пределах, характерных для осетровых рыб в Каспийском море, и не превышал 3,5 ммоль/л и 26,0 г/л.

Водно-солевой обмен оценивали по концентрации осмотически активных веществ сыворотки крови, которая связана с солёностью среды (табл. 2).

Осмоляльность сыворотки крови рыб в условиях эксперимента соответствовала показателям разновозрастных групп осетровых в опресненной зоне Северного Каспия – 230,0–270,0 ммоль/кг  $\text{H}_2\text{O}$ . Некоторое повышение осмотического давления внутренней среды организма – естественное состояние водно-солевого обмена у каспийских осетровых рыб, т. к. поддерживать гипертоничность в слабосоленой среде значительно легче, чем в пресной по причине излишней гидратации организма.

## Заключение

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- выращивание осетровых в солоноватоводных условиях способствует более эффективному использованию компонентов пищи в желудочно-кишечном тракте рыб, что подтверждается интенсивным темпом их роста;

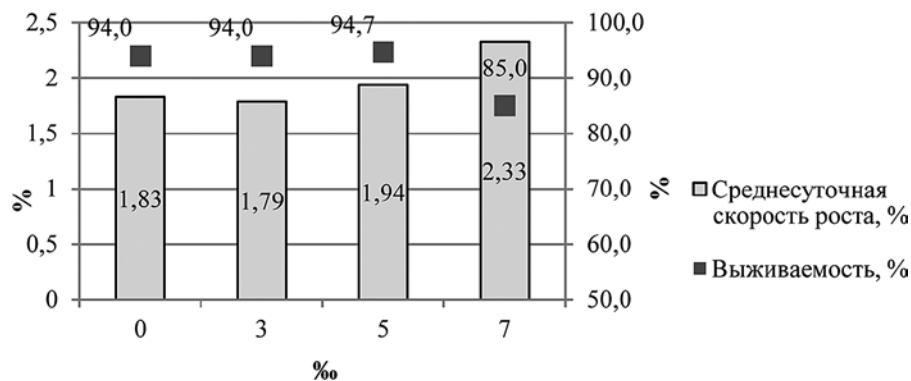


Рис. 4. Прирост живой массы молоди русского осетра в солоноватоводных условиях УЗВ

Таблица 2. Изменение осмоляльности сыворотки крови русского осетра в зависимости от степени солёности водной среды

Период	Степень солёности, ‰			
	0	3	5	7
	Осмоляльность, ммоль/кг $\text{H}_2\text{O}$			
Начало эксперимента	221,0 ± 1,65	219,0 ± 2,41	226,0 ± 0,95	224,0 ± 2,91
Конец эксперимента	239,0 ± 0,94	227,0 ± 1,57	228,0 ± 1,83	234,0 ± 1,28

- полученные нами данные в совокупности с результатами исследований, характеризующих механизм осморегуляции осетровых рыб, свидетельствуют о том, что в слабосоленой воде (3–7 ‰) осетровым рыбам значительно легче поддерживать внутренний солевой баланс, поскольку в пресной воде организм рыб затрачивает часть энергии на защиту от излишней гидратации;

- оптимальной при выращивании осетровых рыб в условиях солоноватоводного режима в УЗВ является солёность 5 ‰.

Повышение эффективности товарного осетроводства и получение физиологически полноценной молоди, выращиваемой с использованием современных технологий, остается одной из актуальных проблем. Ввиду биологических особенностей осетровых

важным технологическим приемом является создание солоноватоводного режима выращивания. Однако необходимо учитывать, что солёность воды оказывает воздействие на все абиотические факторы среды, в том числе увеличивается pH и снижается скорость реакции нитрификации.

При интенсивном рыбоводстве важно соблюдать биологическое равновесие и предотвращать появление в воде аммонийного ( $\text{NH}_4/\text{NH}_4^+$ ) и нитритного ( $\text{NO}_2$ ) азота. Нарушение процессов аммонификации и нитрификации негативно отражается на эффективности работы биологического фильтра в системе замкнутого водообеспечения, что приводит к появлению в воде опасных токсических концентраций аммонийного и нитритного азота, оказывающих пагубное воздействие на организм рыб.

С. В. Пономарев, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой аквакультуры и рыболовства;

О. А. Левина, мл. научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Осетроводство и перспективные объекты аквакультуры», Астраханский государственный технический университет;

Г. Ф. Металлов, Южный научный центр Российской академии наук, д-р биол. наук; ведущий научный сотрудник отдела водных биологических ресурсов бассейнов южных морей **f**

УДК 639.322