

РМС, вероятно, это обусловлено условиями их жизни в искусственных водоёмах в течение 3-5 лет после получения от них половых продуктов, особенно на этапах формирования и завершения созревания яйцеклеток. Для повышения эффективности формирования ремонтно-маточных стад осетровых рыб в Азово-Донском районе необходимо заниматься вопросами отбора особей (особенно самок) для длительного их содержания в контролируемых условиях среды, определения плотностей посадки рыб в нагульные водоёмы на различных этапах онтогенеза, установления рационов кормления при вариабельности температуры воды от 5 до 30 °С, а также определением биотехнологии и нормативов использования зрелых разнокачественных производителей в воспроизводстве, а не ориентироваться на биотехнику и нормативы, установленные для особей, выросших и созревших в естественных условиях среды. То есть повышение эффективности осетроводства в перспективе должно рассматриваться с позиций создания экономических и биологических предпосылок, способствующих развитию и укреплению искусственного разведения этих ценнейших анадромных мигрантов, так как возрождение естественного размножения азовских осетровых рыб в ближайшем будущем нереально.

✓ 639.3.053.1

Химические основы формирования биопродуктивности осетровых прудов Азовского бассейна

*Л.Т. Горбачёва, Е.В. Горбенко, Л.А. Буртасовская, В.П. Чихачёва,
Н.М. Казакова, М.Г. Панченко*

В условиях активного антропогенного пресса, на длительный период времени обусловившего отсутствие естественного размножения большинства ценных азовских промысловых рыб (в том числе осетровых в течение 27 последних лет), необходимо постоянно совершенствовать биотехнологию искусственного получения молоди проходных и полупроходных рыб с целью увеличения их запасов в Азовском море. Формирование естественных популяций азовских осетровых рыб в годы отсутствия эффективного нереста осуществляется исключительно за счёт их искусственного разведения, базирующегося на 9 осетровых рыбоводных заводах (ОРЗ), работающих комбинированным и бассейновым методами выращивания молоди.

В современных условиях из-за постоянного роста цен на искусственные гранулированные корма и энергоносители всё большее

значение приобретает комбинированный метод выращивания осетровых рыб (90 %), при котором должны использоваться пруды на основе интенсификации всех уровней экосистемы, направленной на создание высоких биомасс кормовых естественных организмов зоопланктонного и зообентосного комплексов и поддержание благоприятных экологических условий в разнокачественных выростных водоёмах. В этой связи определение закономерностей эффективного функционирования экосистем осетровых прудов разной длительности эксплуатации без летования весьма актуально. Как показали исследования, актуальность этих работ год от года возрастает, ведь выростные площади ОРЗ Дона вводились в эксплуатацию поэтапно - в 50-х, 70-80-х годах прошлого столетия, а также в 2000 и 2007 годах.

Устройство осетровых рыбоводных прудов: их грунт, планировка ложа, водный режим, размеры (глубина, площадь, соотношение сторон), гидротехнические сооружения должны быть приспособлены к тому, чтобы обеспечивать выращиваемой в них разноразмерной рыбе (от только перешедшей на активное питание личинки до жизнестойкой молоди) устойчивые благоприятные условия существования. Соблюдение определённых требований к воде, выявленных в ходе наших многолетних исследований, для оптимального развития осетровых обеспечивает гарантированное стабильное на протяжении ряда лет получение достаточно высоких масштабов жизнестойкой молоди с единицы площади пруда. Основные благоприятные показатели экологии для осетровых прудов в Азово-Донском районе, эксплуатируемых в первом туре, представлены в таблице 1.

Физико-химические данные прудов, обуславливающие высокую выживаемость азовских осетровых в раннем онтогенезе и успешную реализацию ими ростовых возможностей, близки к описанным в литературе для других регионов (Мильштейн, 1982).

Заливаемые непосредственно из реки выростные осетровые пруды, по сути, представляют собой своеобразные небольшие отстойники-накопители воды, в которых осуществляется осаждение взвесей и установление через какое-то время определённого баланса между гидрохимической составляющей заливаемой воды, почвами ложа и отстоявшейся водой в пруде. Грунты прудов способны аккумулировать определённое количество приносимых с водой различных химических веществ, в том числе и токсичных, а потом и возвращать их обратно в воду, то есть существует постоянная взаимосвязь всех звеньев экосистемы, биоты прудов.

**Основные биологические критерии оптимального выращивания осетровых
в раннем онтогенезе**

Показатели	Ед. измерения	Первый период, вес молоди до 1 г	Второй период, вес молоди более 1 г
Физико-химические			
Кислород	мг/л	8-10	6,9-8
Цветность воды	(°)	до 40°	до 40°
Свободная углекислота	мг/л	5-10	5-10
Сероводород	мг/л	0	0
Активная реакция среды	pH	7,8-8,2	8,0-8,6
Щёлочность	мг-экв/л	2-3	2-4
Окисляемость	мг O ₂ /л	6-10	15-20
Минерализация воды	г/л	0,4-1,0	0,4-1,0
Кальций	мг/л	80-100	80-100
Железо общее	мг/л	0,4-1,0	0,4-1,0
Температура воды	°С	18-25	
Глубина	м	2,0-2,5	2,0-2,5
Состояние ложа		без растительности, плотное	
Биотические			
Кормовая база:			
-зоопланктон	г/м ³	5-10	15-20
-бентос	г/м ²	4	10
Интенсивность питания	‰	150-400	400-700
Скорость роста	мг/сутки	60-70	120-150

Небольшие глубины, высокая прогреваемость замкнутых, непроточных осетровых выростных прудов создают предпосылки для интенсивного развития в них фито- и зоопланктона, которые в первые годы их эксплуатации в видовом отношении и по биомассам соответствуют биологической потребности молоди, обуславливая высокую продуктивность временных водоёмов. С годами происходит эвтрофирование водоёмов, создаются благоприятные условия для жизни макро- и микрофлоры, ухудшающих экологию, вызывающих в отдельные периоды заморные явления, особенно в районах корневищ, повышенной заиленности и органических загрязнений. Нами проанализированы особенности формирования биологической продуктивности в прудах 1 и 7-летней эксплуатации. Наблюдения показали, что при неизбежном ежегодном накоплении органической массы в водоёмах, зарастаемости ложа прудов

водной растительностью к 7-летнему их возрасту в них возникают критические ситуации, в том числе устойчивое снижение концентрации кислорода в воде до летальных значений, прежде всего у дна. Отмечено также снижение биологической продуктивности практически всех трофических уровней экосистемы, сопровождающееся заменой полезной микрофлоры на палочковидные формы. Аналогичные негативные явления в длительно эксплуатируемых прудах, приводящие к снижению их рыбопродуктивности, описаны многими исследователями (Шестерин 1979, 1987; Харитоновна, 1984). Для осетровых прудов Нижнего Дона при длительной эксплуатации их ложа нами было выявлено (Горбачева, Крапивина и др., 1996) неизбежное протекание в поверхностном слое почв процессов осолонения и накопления гнилостных микроорганизмов, а в зарослях водной растительности, особенно в придонном горизонте, - и токсичных веществ, комплексно приводящих к ухудшению санитарного состояния выростных прудов. Санитарное состояние донских осетровых прудов разных сроков эксплуатации, определяемое по соотношению сапрофитов к общей численности бактерий (Инструкции Главветуправления, 1973), свидетельствует о том, что с возрастом прудов в них активно идут процессы загрязнения, понижения способности к самоочищению, особенно во второй половине выращивания молоди, в период интенсивного теплонакопления, прогревания воды до 26-29 °С. При этом в морфологическом составе бактериопланктона доминируют палочковидные клетки (75,7%), а наиболее ценные для развития кормовых зоопланктеров кокковые бактерии (азотобактер) составляют лишь 24,3%, что свидетельствует о преобладании в воде процессов трансформации соединений азота органического происхождения.

Многолетнее изучение трофности всех уровней экосистемы осетровых прудов Нижнего Дона позволило выявить роль и значение состояния ложа прудов на формирование в них гидрохимического, кормового режимов и рыбопродуктивности в зависимости от сроков их эксплуатации. В ходе экспериментов определено, что пруды, ложе которых без летования используются до 5 лет, активно откликаются на комплекс интенсификационных мероприятий по стабилизации биологической продуктивности различных звеньев экосистемы. Эксплуатация более 5 лет требует ежегодного оздоровления почв ложа с целью сохранения в ней аэробных процессов, восстановления структурности и повышения её плодородия. Регулярное изучение состояния почв, на которых расположены выростные пруды, должно включаться в биотехнологию искусственного разведения осетровых рыб, особенно если пруды расположены в пойме

рек. Известно, что почвы займища Дона, например, на 70-80 % состоят из луговых, лугово-болотных, солончаковых и солонцевато-глинистых образований, не отличающихся плодородием и способностью сохранения их природной структурности под действием воды. Существующие инструкции, методические указания по осетроводству этих вопросов не касаются, поэтому они нуждаются в доработке.

Первая очередь прудов на ОРЗ «Донском», расположенных в основном на лугово-засоленных почвах, введена в эксплуатацию в 2000 г., а вторая - в 2007 г. Это позволило нам провести работы по изучению влияния состояния грунтов разновозрастных прудов на результаты выращивания в них молоди. Полученные материалы подтверждают наши данные о том, что при длительной эксплуатации лугово-засоленных почв в них легко осуществляется водная эрозия, они теряют свою структурность, подвергаются засолению, уменьшению водопрочности, протеканию в них анаэробных процессов. Накопление в избытке в таких почвах год от года ионов натрия и сульфатно-хлоридных солей служит толчком к дальнейшей потере их структурности и повышению засоления. Солевой состав почв ложа осетровых прудов разных сроков эксплуатации ОРЗ Дона изменяется в сторону увеличения концентраций натрия и снижения кальция, что свидетельствует об активно идущем процессе их осолонцевания после 5-6 лет эксплуатации (Горбачёва, Крапивина, 1996). Солевой состав почв ложа прудов разных сроков эксплуатации представлен в таблице 2.

Таблица 2

Изменение состава поглощённых оснований почв ложа осетровых прудов, %

Длительность эксплуатации, годы	Кальций	Магний	Натрий
1	63	29	8
3	60	30	10
5-6	45	30	15
10	20	27	43

Из таблицы 2 видно, что содержание поглощённого кальция в грунтах снижается к 5-6-му годам эксплуатации прудов в 1,4 раза, к 10-му - более чем в 3 раза, а токсичного натрия возрастает в 1,8 и 5,3 раза, соответственно. Снижение насыщения почв ложа осетровых прудов кальцием ухудшает их структуру, ведёт к уменьшению скорости разложения органического вещества, лимитирует развитие фитопланктона (Винберг, 1962), в значительной степени определяющего

формирование кормового зоопланктона. Известно также, что длительная эксплуатация почв ложа выростных прудов без летования способствует снижению в них содержания гумуса, обеднению качественного состава их бактериальной флоры, определяющих плодородие (Мишустин, 1970), изменению концентрации сульфатредуцирующих бактерий, число которых увеличивается после 5-летней эксплуатации в 10-100 раз (в большинстве водоёмов одновременно происходит также существенное накопление ила, приносимого с заливаемой водой), суммарно приводящих к процессу локального заболачивания почв, чрезмерному их зарастанию растительностью. То есть, идёт комплексное отрицательное воздействие на экологию водоёма, обуславливающее неблагоприятный и неустойчивый гидрохимический режим. Колебания значений основных гидрохимических показателей в выростных осетровых прудах разного срока эксплуатации, расположенных в Азово-Донском районе, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Средние многолетние значения гидрохимических показателей выростных прудов на ОРЗ «Донской»

Показатели, мг/л	Длительность эксплуатации	
	7 лет	1 год
Содержание кислорода: в толще у дна	5,1-8,0 1,0-2,0	8,0-11,0 4,8-6,0
Активная реакция, pH	6,9-7,6	7,8-8,4
Перманганатная окисляемость	17,0 (до 22)	8,0-12,0
Аммонийный азот, NH_4^+	0,2-0,3	0,15-0,12
Нитритный азот, NO_2^-	0,06-0,2	0,006-0,02
Нитратный азот, NO_3^-	0,15-0,23	0,1-0,14
Фосфаты, PO_4^{3-}	0,02-0,05	0,05-0,07
Соотношение N:P	10:1	4:1

Из материалов таблицы 3 видно, что к 7-ми летнему возрасту в прудах в период их вегетации увеличивается показатель средней перманганатной окисляемости (17 мг $\text{O}_2/\text{л}$), а при росте температуры воды за пределы 23-25 °С она достигает 22 мг $\text{O}_2/\text{л}$, из-за постоянно идущего процесса накопления органических веществ. Чрезмерное накопление органических веществ в водоёмах приводит к нарушению экологического равновесия, при котором большая часть растворённого

в воде кислорода затрачивается на окисление органики, а находящиеся в них гидробионты постоянно испытывают его дефицит, вызывающий аномалии процессов дыхания молоди рыб, снижение активности поиска пищи и её усвоения, приводящие к ослаблению организма осетровых, особенно осетра, обитающего у дна, где концентрации кислорода в отдельные дни достигает 1-2 мг/л. В таких условиях также отмечается рост содержания аммонийного (0,3 мг/л) и нитритного (0,2 мг/л) азота в воде, переход аммонийных ионов в нитраты, при этом в определённых условиях возможны повышение концентрации нитритных ионов, смена форм минерализации органических веществ, приводящие к перестройке структуры фитопланктона, с доминированием сине-зелёных водорослей (Алёкин, 1985). Наиболее интенсивное развитие эти виды водорослей получают при соотношении азота к фосфору равному 10:1. В дальнейшем продукты распада синезелёных водорослей способны накапливаться на дне водоёма в виде фенолов, маркоптанов и других соединений, ухудшающих среду обитания молоди осетровых рыб (Никоноров, 1972). Выделяемые при этом токсины в свою очередь подавляют деятельность нитрифицирующих бактерий, приводя к снижению концентраций кислорода (Кирпенко, 1982). В прудах многолетней эксплуатации чаще создаются ситуации, при которых возникают заморные явления, чрезмерный рост органических веществ, рН, наступает депрессия в развитии кормового зоопланктона, комплексно вызывая снижение темпа роста молоди, а в отдельных случаях обуславливая её гибель. В таких условиях устранение негативных ситуаций требует немедленного воздействия на экологию временного водоёма на основе контроля и управления динамикой биогенов, рН, перманганатной окисляемости, температуры воды, а также поддержания в оптимуме концентрации кальция и других солевых ионов.

Характеристика и диапазон колебаний основных солевых компонентов в осетровых прудах Азово-Донского района разного возраста в сравнении с заливаемой донской водой приведены в таблице 4.

Как видно из таблицы 4 в 1-й год эксплуатации в воде прудов несколько возрастают концентрации гидрокарбонатов, сульфатов, а хлоридов и натрия - уменьшаются. Колебания, как в сторону увеличения, так и уменьшения концентраций солевых ионов, указывает на тесную взаимосвязь между почвой ложа прудов и закачиваемой водой. Семилетняя эксплуатация прудов приводит к повышению концентраций гидрокарбонатов (210-230 мг/л), сульфатов (100-170 мг/л), хлоридов (90-180 мг/л), натрия (60-90 мг/л).

Интервалы колебаний среднесуточных показателей солевых ионов в заливаемой воде и прудах

Показатели, мг/л	Заливаемая вода (р. Дон)	Пруды	
		1-го года	7-ми лет
Гидрокарбонаты (HCO_3^-)	170-200	170-180	210-230
Сульфаты (SO_4^{2-})	56-100	55-170	100-170
Хлориды (Cl^-)	60-162	60-130	90-180
Натрий (Na^+)	50-60	40-50	60-90
Кальций (Ca^{2+})	40-60	30-50	30-40
Магний (Mg^{2+})	19-43	17-40	20-30
Общая жёсткость ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)	59-103	57-90	50-70
Сумма ионов	395-625	440-620	510-740

Вероятно, идёт вторичное вымывание солевых компонентов из грунтов ложа, о чём свидетельствуют повышенные концентрации солей в воде прудов в сравнении с закачиваемой водой, то есть идёт постоянное засоление поверхности ложа пруда. Многолетняя эксплуатация почв ложа прудов Азово-Донского района без мелиоративных мероприятий приводит к снижению её водопрочности, изменению структурности, при которой частицы почвы распыляются, а после их высыхания возникает эффект цементирования дна прудов с последующим растрескиванием, что ощутимо ухудшает условия жизни бентосного сообщества основного корма для молоди осетровых массой 0,5-2,5 г. От года к году идёт также хроническое снижение ионов кальция в почвах и воде, очень важного элемента для оптимального формирования жизнестойкой молоди, это особенно опасно, когда его концентрация в заливаемой воде в несколько раз ниже нормы для оптимального морфогенеза и роста молоди осетровых рыб.

Имеющиеся данные по постепенному ухудшению экологии прудов показывают, что многие параметры среды с увеличением их возраста перестают соответствовать набору требований для комфортной жизни молоди осетровых рыб. Значимость кальция в жизнедеятельности гидробионтов убедительно показана в имеющихся литературных источниках (Романенко и др., 1982). Оптимальное содержание ионов кальция в воде способствует уменьшению проницаемости биологических мембран водных организмов, препятствует проникновению ядов внутрь клеток, снижает токсичное действие внешних факторов среды и увеличивает сопротивляемость гидробионтов к негативным ситуациям,

складывающимся в прудах. Экспериментально установлено, что молодь рыб наиболее чувствительна к содержанию кальция в воде в первые два месяца жизни, то есть в период их выращивания в искусственных условиях. Достаточное количество кальция в воде, для осетровых рыб 80-100 мг/л, значительно повышает их жизнестойкость при выращивании в пресной воде. Характерной особенностью донской закачиваемой воды является низкое содержание в ней ионов кальция (40-60 мг/л), концентрация которых в дальнейшем, в процессе вегетации временных водоёмов, уменьшается на 20-30 %. Эксперименты по внесению кальция наряду с минеральными удобрениями показали эффективность этого мероприятия при искусственном разведении осетровых рыб. Однако из-за отсутствия регулярного финансирования кратность и дозы внесения кальция в осетровые пруды различных ОРЗ Дона остались недоработанными. Исследования в этом направлении завершены лишь для бассейнового цеха, и результаты успешно применяются при оптимизации воды отстойников-накопителей, питающих выростные бассейны.

Приведённые выше материалы свидетельствуют об актуальности работ по управлению средой при эксплуатации осетровых выростных прудов Нижнего Дона и других регионов ЮФО с целью повышения их рыбопродуктивности, выращивания жизнестойкой молоди стандартной массы в более короткие сроки. Это подтверждается темпом роста молоди осетровых в разновозрастных прудах (табл. 5).

Таблица 5

Масса молоди осетра в различных по срокам эксплуатации прудах, мг

Длительность эксплуатации выростных прудов, годы	Возраст молоди, сутки					
	25	30	35	40	45	50
1	534	970	1780	2700	3610	4052
7	376	519	955	1353	1584	1996

Возникновение в многолетних прудах придонных заморных зон, неустойчивого гидрохимического режима (рН, окисляемость) оказывает отрицательное влияние не только на состояние молоди, но и кормовых организмов, биомасса которых снижается в несколько раз, при этом кормовые формы заменяются малопродуктивными, комплексное воздействие указанных негативных факторов обуславливает снижение в 1,8 раза интенсивности питания и в 1,3 раза - эффективности использования пищи на рост (табл. 6) молоди осетровых рыб.

Эффективность использования пищи на рост молоди осетра в прудах разных сроков эксплуатации (1 и 7 лет)

Длительность эксплуатации выростных прудов, годы	Возраст молоди, сутки	Прирост		Траты на обмен	Рацион, мг	Удельная скорость роста	K ₁	K ₂
		мг	%					
1	20-45	134,8	10,6	13,4	420,8	4,6	34,5	43,1
2	20-45	55,4	8,1	15,0	219,9	3,5	26,8	33,6

Таким образом, одним из путей повышения эффективности осетроводства является управление основными гидрохимическими показателями в период выращивания молоди в прудах на основе своевременного контроля и оптимизации концентраций кислорода, органических веществ, рН и кальция, а также соотношения биогенов. Для оздоровления ложа прудов целесообразно проводить мероприятия по обогащению почв кальцием (замещению ионов натрия), повышению их плодородия начиная с первого года их эксплуатации. В ближайшее время для всех регионов Южного Федерального Округа необходимо разработать схему поэтапного вывода прудов на летование с применением обязательных агрономелиоративных мероприятий, а также стабилизации в них гидрохимического режима на основе интенсификационных мероприятий всех трофических уровней экосистемы.

V 639.3.053

Оценка влияния отдельных гидрохимических факторов на результаты искусственного выращивания осетровых рыб на Кубанских ОРЗ

Л.Т. Горбачёва, Е.В. Горбенко, Л.А. Буртасовская, В.П. Чихачёва, Н.М. Казакова, М.Г. Панченко

Искусственное воспроизводство азовских осетровых рыб базируется на 9 осетровых рыбоводных заводах (ОРЗ). Пять из них расположены в Азово-Кубанском районе и работают в основном на комбинированном методе выращивания молоди в отличие от трёх ОРЗ Дона, использующих бассейновый способ с применением искусственных гранулированных кормов в основном импортного изготовления. Поэтому для Кубанского региона особенно актуальными являются исследования по выявлению узких мест в экологии временных водоёмов и методов её оптимизации.