

556.551.4 + 6318

УДК 639.311:631.8

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И УДОБРЕНИЕ ОСЕТРОВЫХ ПРУДОВ**А. А. Астафурова**

Для разработки норм и методов удобрения прудов необходим анализ гидрохимического и гидробиологического режимов. Мы попытались проанализировать данные по химическому составу воды за ряд лет (1965—1969 гг.) в водоемах, использованных для выращивания молоди осетровых в период их повторной эксплуатации в течение одного сезона.

Гидрохимические показатели исследовались в связи с изучением ряда вопросов по удобрению прудов: определения наиболее эффективного комплекса органо-минеральных удобрений, выяснения оптимального соотношения содержания азота и фосфора в применяемых удобрениях, исследования доз азотно-фосфорных туков.

Характер использования прудов во втором цикле, когда водоемы заливаются сразу же после их эксплуатации в первом обороте, накладывает свой отпечаток на гидрохимический режим, развитие фито- и зоопланктона. Последствие биологической жизни водоема в первом цикле в свою очередь может повлиять на степень эффективности интенсификационных мероприятий, главным образом на внесение минеральных удобрений.

Материал собран на Волжском экспериментальном и Икрянинском осетровых рыбоводных заводах. Ежегодно исследовали от 5 до 9 прудов.

Виды и количество удобрений приведены в табл. 1.

Пробы на газовый режим (кислород, углекислоту), а также на активную реакцию (рН) воды брали 2—3 раза в неделю; окисляемость, содержание минерального фосфора, азота аммонийного, нитритного и нитратного, сероводорода проверяли 1—2 раза в неделю. Температуру воды в прудах измеряли ежедневно в 7, 13 и 19 ч.

Содержание растворенного в воде кислорода определяли по Винклеру, окисляемость нефильтованной воды — перманганатным способом, содержание азота — колориметрически (аммонийного — с реактивом Несслера, нитритного — с реактивом Грисса, нитратного — с дифениламино), фосфора — по методу Дениже, рН — с помощью речной шкалы и рН-метра ЛПУ-01, углекислоты — добавлением индикатора фенолфталеина и титрованием щелочью или соляной кислотой, сероводорода — добавлением йода и соляной кислоты и титрованием гипосульфитом.

Период выращивания во втором цикле приходится на самые жаркие летние месяцы: июль—август. Среднепятидневная температура в отдельные годы колебалась от 23 до 27°C, а в 1966 г. она изменялась в пределах 23,6—29,8°C.

Дозы и сроки внесения удобрений

Вид удобрений	Нормы внесения удобрений, кг/га					
	принятая разовая	первое внесение	второе внесение	третье внесение	четвертое внесение	всего за цикл в один пруд
1965 г.						
Суперфосфат	100	100	100	100	100	400
Аммиачная селитра	100	100	100	100	—	300
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	100	—	300
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра, навоз	100	100	100	100	—	300
Суперфосфат, аммиачная селитра, навоз	100	100	100	100	—	300
Контроль	—	4 т до заливки	—	—	—	4 т
1966 г.						
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	—	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	150	150	—	—	—	150
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	150	150	150	—	—	300
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	50	—	—	150
Суперфосфат, аммиачная селитра	200	200	100	—	—	300
Контроль	—	—	—	—	—	—
1967 г.						
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	—	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	—	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	—	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	150	150	—	—	—	150
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	—	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	150	150	—	—	—	150
Суперфосфат, аммиачная селитра	50	50	50	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	200	200	200	—	—	400
Контроль	—	—	—	—	—	—
1968 г.						
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	—	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	200	200	—	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	100	—	—	200
Суперфосфат, аммиачная селитра	150	150	—	—	—	150
Суперфосфат, аммиачная селитра	50	50	—	—	—	50
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	100	—	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	50	50	—	—	—	50
Суперфосфат, аммиачная селитра	75	75	—	—	—	75
Контроль	—	—	—	—	—	—
1969 г.						
Суперфосфат, аммиачная селитра	50	50	50	—	—	100
Суперфосфат, аммиачная селитра	75	75	40	—	—	115
Суперфосфат, аммиачная селитра	50	50	—	—	—	50
Суперфосфат, аммиачная селитра	75	75	—	—	—	75
Суперфосфат, аммиачная селитра	50	25	50	—	—	75
Суперфосфат, аммиачная селитра	75	37	69	—	—	106
Суперфосфат, аммиачная селитра	75	37	75	—	—	112
Суперфосфат, аммиачная селитра	112	56	106	—	—	162
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	50	100	—	—	150
Суперфосфат, аммиачная селитра	150	75	130	—	—	205
Суперфосфат, аммиачная селитра	100	50	—	—	—	50
Суперфосфат, аммиачная селитра	150	75	—	—	—	75
Контроль	—	—	—	—	—	—

Высокие температуры несомненно отрицательно влияли на условия жизни молодежи в прудах как непосредственно, так и косвенно, приводя к бурным вспышкам в развитии фитопланктона и, как следствие, к большому пересыщению воды кислородом днем и резкому снижению его ночью, сильным сдвигам рН в щелочную сторону. Отмирание водорослей при высоких температурах иногда вызывало дефицит кислорода, затрачиваемого на минерализацию органического вещества водорослей. Повышение содержания аммиачного и нитритного азота выше оптимальных значений.

Минеральные удобрения, стимулируя развитие фитопланктона в прудах, оказывают существенное влияние на содержание растворенного в воде кислорода. Однако в условиях дельты Волги на содержание кислорода, кроме того, влияет наличие листоногих раков, которые, взмучивая донные отложения, сильно понижают прозрачность воды в прудах, что, с одной стороны, создает неблагоприятные условия для развития водорослей и, следовательно, сокращает фотосинтетическое выделение кислорода, с другой стороны, растворенный в воде кислород затрачивается на окисление органических веществ поднятых иловых отложений. Таким образом, при развитии листоногих общее содержание растворенного в воде кислорода резко падает, иногда до критических величин. Внесение минеральных удобрений при этом оказывается бесполезным.

Хотя во втором цикле количество листоногих намного меньше по сравнению с первым, однако при проведении недостаточно полных мер борьбы при подготовке прудов (некачественное хлорирование, хлорирование неполного объема залитого пруда и т. д.) их довольно много выклеивается и во втором цикле.

Минеральные удобрения и листоногие раки вызывали значительные колебания растворенного в воде кислорода — от 50 до 230% насыщения (табл. 2).

Таблица 2

Колебания количества растворенного в воде кислорода в опытных прудах во втором цикле в 1965—1969 гг. (в % насыщения)

Пруды	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.
Удобряемые	73—159	60—180	50—230	58,2—221,8	73,2—156,2
Контрольные	73—110	70—100	92—99	83,2—110,1	83,5—97,5

После внесения туков содержание кислорода в большинстве случаев увеличивается. Иногда сильное развитие фитопланктона приводило к пересыщению воды кислородом до 150—230%, что связано или с большими дозами аммиачной селитры (200 кг/га) и суперфосфата (100 кг/га) или с последствием биологической жизни водоема в первом цикле (накопление органических веществ, растительного детрита, минеральных солей, цист водорослей и т. д.).

В наших опытах при больших пересыщениях воды растворенным кислородом (170—230%) в условиях высоких температур второго цикла неоднократно наблюдались отрицательные результаты выращивания, что согласуется с наблюдениями А. И. Батенко (1966), И. А. Садова (1948).

Иногда, в периоды сильного развития зоопланктона, а также при появлении листоногих содержание кислорода в прудах снижалось до 60—50% насыщения.

Меньшее и вместе с тем стабильное содержание кислорода в большинстве случаев оказывалось в контрольных водоемах (70—110% насы-

щения), где слабо был развит фитопланктон. Наименьшие колебания содержания кислорода отмечались в случае применения небольших доз удобрений.

Фотосинтетическая деятельность фитопланктона, стимулируемая внесением минеральных удобрений, сокращая содержание углекислоты в воде, приводит к увеличению показателя активной реакции.

В удобряемых водоемах свободная углекислота присутствовала редко, чаще определялись монокарбонаты. В зависимости от степени развития фитопланктона, что, как указывалось выше, связано с количеством вносимых удобрений и последствием биологической жизни водоема в первом цикле, рН удобряемых прудов повышался иногда до 10 (табл. 3).

Таблица 3

Колебания углекислоты (в мг/л CO_2) и рН воды в опытных прудах во втором цикле в 1965—1969 гг. ($\frac{\text{удобряемые}}{\text{контрольные}}$)

Показатели	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.
Свободная углекислота	4—19,36		2,27—6,57	3,5—13,2	1,4—29,3
	—		3,03—10,14	2,1—13,2	3,9—8,26
Монокарбонаты	3—23,7		1,76—63,4	4,6—45,7	3,5—22,8
	4—10,0		1,76—13,2	1,7—7,0	2,6—7,0
Бикарбонаты			6,1—171,5	27,3—101,2	33,6—149,4
			87,9—154,0	65,5—88,0	82,6—123,1
рН	7,8—9,1	8,05—9,1	8,4—9,1	8,14—10,2	7,9—9,7
	7,7—8,9	8,15—8,9	8,19—8,6	7,9—8,9	8,03—8,9

В наших опытах неоднократно наблюдалось отрицательное влияние высоких значений рН на рост и выживаемость молоди осетровых, что также отмечалось и в литературе (Строганов, 1968). При проведении наших работ сдвиг рН в щелочную сторону наблюдался одновременно с высокими пересыщениями воды кислородом в течение нескольких суток, что усугубляло положение. Например, в 1968 г. (ВЭОРЗ) после внесения 7 августа в пруд № 17 200 кг/га аммиачной селитры и 100 кг/га суперфосфата до конца цикла выращивания (27 августа) насыщение воды кислородом не падало ниже 100% (максимум 190%), рН увеличился до 10—10,2.

В 1969 г. при применении одних и тех же доз удобрений в первом и втором циклах устойчивых повышений значений рН в течение нескольких суток в первом цикле не наблюдалось, в то время как во втором цикле при дозе 75 кг/га суперфосфата и 112 кг/га аммиачной селитры почти на протяжении полумесяца выращивания активная реакция была повышена (9,2—9,7). В этом водоеме результаты выращивания оказались ниже нормативных (выживаемость 48,8%, рыбопродуктивность 60,8 кг/га).

На основании данных по газовому режиму и активной реакции воды можно заключить, что методика и количество вносимых удобрений в первом и втором циклах должны быть дифференцированными, поскольку даже однократное удобрение прудов повышенными дозами во втором цикле приводит к значительным пересыщениям воды кислородом и сильным сдвигам рН в щелочную сторону.

Окисляемость во втором цикле почти не отличалась от этого показателя в первом цикле. В удобряемых прудах ВЭОРЗ она изменялась

в пределах 5—26,7 мг/л O_2 , в водоемах Икрянинского рыбоводного завода от 4,4 до 18,2 мг/л O_2 .

По сравнению с удобряемыми в контрольных прудах наблюдалась значительно меньшая окисляемость.

Сероводород, определяемый в опытных прудах Икрянинского рыбоводного завода, обнаружили только в трех случаях за цикл (в разных прудах, в том числе в контрольном), в пробах, взятых у водоспусков, в количестве 0,2—0,3 мг/л. При этом наблюдали высокую обеспеченность воды кислородом. Единичные случаи появления небольших количеств сероводорода не оказали отрицательного влияния на результаты выращивания.

Содержание в прудах биогенных элементов — фосфора и азота — зависит в первую очередь от внесения минеральных удобрений, степени использования их водорослями и поглощения грунтом. Поэтому в первые дни после внесения удобрений их количество повышается, затем через некоторое время падает до первоначальных величин. Кроме того, на содержание азота, особенно в период высоких температур во втором цикле, большое влияние оказывают биологические процессы превращения органических веществ в минеральные.

Внесение в качестве удобрений одного суперфосфата (100 кг/га) повышало содержание минерального фосфора (P) в отдельных случаях до 0,4 мг/л, в основном же при двухразовом определении в неделю его удавалось обнаружить лишь в виде следов или в пределах 0,1—0,2 мг/л.

При редком внесении удобрений во втором цикле (1—2 раза за цикл) количество фосфора оказывалось минимальным — следы или сотые доли миллиграмма на литр.

В динамике фосфора наряду с поглощением его водорослями большое значение имеет адсорбция его почвой. Одна часть фосфора фильтруется в нижележащие слои почвы (Батенко, 1966), а другая связывается в труднорастворимые соединения (Винберг, Ляхнович, 1965).

В круговороте азота в прудах основную роль играют микробиологические процессы, в результате которых органический азот превращается в минеральный. Поэтому иногда в прудах во втором цикле наблюдаются значительные количества минерального азота, не связанные с внесением удобрений (до 1—2,5 мг/л N_{NH_4} и 0,7—0,9 мг/л N_{NO_3}).

Наличие азота биологического происхождения отмечается и в первом цикле, однако в меньшей степени, нежели во втором цикле (последствие интенсификационных мероприятий первого цикла).

Внесение аммиачной селитры, как правило, повышало содержание азота, причем в прямой зависимости от величины ее дозы (табл. 4).

Таблица 4

Содержание разных форм азота в прудах во втором цикле, мг/л (удобряемые / контрольные)

Формы	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.
N_{NH_4}	0,03—1,14	0,035—1,11	0,06—2,5	0,042—1,11	0,019—0,974
	0,03—0,1	0,035—0,212	0,09—0,32	0,042—0,11	0,053—0,213
N_{NO_3}	нет—0,29	следы—0,21	следы—0,152	нет—0,051	нет—0,097
	нет—следы	следы—0,017	следы—0,018	нет—0,003	0,006—0,024
N_{NO_2}	—	—	—	—	нет—0,78 0,114—0,68

Анализ данных гидрохимического режима прудов с различной продолжительностью эксплуатации (на ВЭОРЗ пруды работают с 1962 г., на Икрянинском рыбоводном заводе — с 1963—1964 гг., на Александровском — с 1968 г.) показал, что при одних и тех же дозах удобрений (повышенных) газовый режим оказывается наиболее благоприятным в более новых водоемах. Это связано с последствием интенсивной эксплуатации в предшествующие годы, что было отмечено и для карповых прудов (Эрман, 1969).

Таким образом, на биологическую жизнь водоема во втором цикле, кроме последствия первого цикла, оказывает влияние интенсивная эксплуатация его в предшествующие годы. Поэтому количество удобрений, а также кратность их внесения во втором цикле значительно сокращаются по сравнению с первым циклом (см. табл. 1). Благоприятного гидрохимического режима, стабильного развития кормовой базы, быстрого роста молоди и высокой рыбопродуктивности (см. статью Л. П. Петиневой в этом сборнике) можно добиться одно- и двухразовым внесением 50 кг/га суперфосфата и 75—100 кг/га аммиачной селитры, учитывая при этом содержание остаточного азота и фосфора в воде.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Батенко А. И., Ушаков Н. П. Опыт применения минеральных удобрений в рыбоводных прудах. — В кн.: Рыбоводство и болезни рыб. М., 1969, с. 45—56.
- Батенко А. И. К вопросу о влиянии доз минеральных азотных и фосфорных удобрений на содержание азота и фосфора в прудах дерново-подзолистой зоны. — «Труды ВНИИПРХ», 1966, т. XIV, с. 137—145.
- Винберг Г. Г., Ляхнович В. П. Удобрение прудов. М., «Пищевая промышленность», 1965. 269 с.
- Садов И. А. Влияние перенасыщенной кислородом воды на развитие молоди — «Рыбное хозяйство», 1948, № 1, с. 43—44.
- Строганов Н. С. Аклиматизация и выращивание осетровых рыб в прудах. Изд-во Московского университета, 1938. 376 с.
- Эрман Л. А., Акимова Г. П. Фитопланктон нагульных прудов при разных методах азотно-фосфорного удобрения. — «Труды ВНИИПРХ», 1969, т. XVI, с. 7—27
-