

639.311:631.8:581.526.325
УДК 639.311:631.8**СОСТАВ И ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА В ОСЕТРОВЫХ
ПРУДАХ ПРИ РАЗНЫХ СООТНОШЕНИЯХ
АЗОТНО-ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Г. Н. Тихонова

Важнейшим элементом интенсификации выращивания молоди осетровых на рыбоводных заводах является удобрение прудов азотно-фосфорными солями.

Из литературных данных известно, что удобрение, внесенное в пруд, вступает в сложную систему круговорота вещества в водоеме и поэтому оказывает свое действие на конечный продукт не сразу, а через ряд промежуточных звеньев (Гаевская, 1947; Винберг, 1956), в том числе через планктонные водоросли.

Для выяснения действия азотно-фосфорных удобрений в рыбоводных осетровых прудах необходим количественный учет этих водорослей, а также изучение видового состава водорослей, который не безразличен для их дальнейшей утилизации и для конечной эффективности удобрения (Винберг, Ляхнович, 1965).

Наряду с развитием фитопланктона учитывались такие физико-химические факторы внешней среды, как температура, содержание кислорода, активная реакция среды, наличие биогенных элементов (см. статью А. А. Астафуровой в этом сборнике).

В данной статье приводятся результаты трехлетних стационарных наблюдений за составом и динамикой развития фитопланктона в осетровых рыбоводных прудах дельты Волги, подвергшихся интенсификации. В течение трех лет собрано 180 проб фитопланктона на осетровых прудах Волжского, Александровского и Икрянинского осетровых рыбоводных заводов.

Сбор материала производился 1—2 раза в неделю. Чтобы проба фитопланктона была репрезентативной для всего пруда, испытываемую воду отбирали в нескольких (3—5) точках пруда батометром Рутнера (емкостью 1 л), сливали в ведро и после перемешивания наполняли 0,5-литровые бутылки для отстоя с последующим центрифугированием пробы.

Фиксировали пробы 4%-ным формалином. Их обработка сводилась к идентификации обнаруженных видов водорослей, счету количества клеток в определенном объеме и определению биомассы.

В табл. 1 приведены индивидуальные размеры некоторых форм водорослей, наиболее часто встречающихся в осетровых прудах дельты Волги. Организмы подсчитывали в камере Горяева. Численность организмов переводили в объемные, а затем в весовые единицы.

Биомассу определяли приравниванием клетки организма к какой-либо геометрической фигуре. Затем, пользуясь индивидуальным изме-

рением ее размеров и принимая удельный вес, равным единице, устанавливали вес (массу) клетки водорослей.

Таблица 1

Размерная характеристика некоторых форм водорослей (в микронах)
осетровых прудов дельты Волги

Наименование организмов	Число проведенных измерений	Геометрическая форма клетки	Длина			Ширина		
			минимальная	средняя	максимальная	минимальная	средняя	максимальная
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	40	Эллипсоид вращения	5,39	19,12	35,77	1,50	11,48	29,40
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	175	То же	5,39	16,44	26,95	2,45	7,69	16,80
<i>Scenedesmus bryugatus</i>	130	Цилиндр	5,0	13,13	25	2,5	5,81	11,51
<i>Pediastrum duplex</i>	26	»	4,32	10,77	19,36	4,32	8,39	19,20
<i>Chloroplanea terricola</i>	10	Шар	4,00	4,90	5,00	4,00	4,9	5,00
<i>Navicula tuscule</i>	155	Эллипсоид	15,00	25,04	45,00	4,90	8,19	15,00
<i>Strombomas</i>	11	»	17,50	37,32	80,00	15,00	20,84	25,00
<i>Anabaena spiroides</i>	11	»	5,00	12,11	19,44	1,36	7,22	15,00
<i>Lambertia Issajvii v. spinosa</i>	139	Два конуса	15,00	50,29	122,5	4,30	8,25	15,9
<i>Nitzschia navicularis</i>	12	Цилиндр	11,20	40,03	98,00	1,30	4,56	8,91
<i>Synedra ulna</i>	56	Два конуса	5,83	94,09	288,00	2,76	6,99	12,50
<i>Ankistrodesmus longissimus</i>	60	»	19,60	42,23	215,00	0,49	5,39	19,60
<i>Tetraëdron incus</i>	23	Шар	2,50	11,64	19,6	2,50	11,29	19,60
<i>Microcystis</i>	18	»	0,49	3,80	4,90	0,49	3,80	4,90
<i>Crucigenia rectangularis</i>	65	Цилиндр	3,90	8,25	20,00	2,45	5,48	12,00
<i>Oocystis seebmarina</i> (ценобии)	34	Эллипсоид вращения	3,90	13,39	47,04	2,45	8,02	15,53
<i>Coelastrum sphaericum</i>	49	Шар	4,9	20,38	36,65	4,9	20,38	36,65
<i>Trachelomonas intermedia</i>	33	»	8,64	21,63	30,00	8,64	21,63	21,63
<i>Asterionella ormosa</i>	32	Цилиндр	15,00	48,99	80,00	2,33	5,72	9,00
<i>Aebinoestrum Hantzschii</i>	23	»	7,35	21,47	40,00	2,40	5,44	14,70
<i>Oscillabioria</i> (ценобии)	38	»	4,9	87,46	375,00	2,45	4,30	5,50
<i>Kirchneriella irregularis</i>	17	»	3,12	12,34	20,00	1,48	9,47	20,00
<i>Apiococcus consociatus</i>	25	Шар	0,78	2,96	7,50	0,78	2,96	7,50
<i>Merismopedia minima</i>	41	»	—	0,49	—	—	—	—
<i>Melosira granulata</i>	18	Цилиндр	14,70	25,45	34,30	5,15	8,52	9,80
<i>Euglena</i>	10	Эллипсоид вращения	11,04	37,31	80,00	11,04	15,38	21,70
<i>Chlamidomas</i>	18	Эллипсоид	13,15	22,59	30,00	9,80	19,80	30,00
<i>Ulothrix</i>	9	Цилиндр	7,35	21,91	32,34	4,90	9,80	15,00

Фитопланктон осетровых прудов представлен обычными, широко распространенными формами. Обнаружены следующие виды водорослей:

Protococcales

Scenedesmus acuminatus
Scenedesmus quadricauda
Scenedesmus bryugatus
Scenedesmus obliquus
Scenedesmus denticulatus
Actinoestrem Hantzschii
Ankistrodesmus angustus
Pediastrum duplex
Crucigenia rectangularis
Tetrastrum
Lambertia Issajvii v. spinosa
Kirchneriella irregularis
Oocystis submarina
Chlorella
Coelastrum sphaericum

Coelastrum microporum
Chlorococcum
Tetraedron incus
Schroëderia
Apiococcus
Pleurococcus
Dictyococcus mucosus
Tetraedron longispinum
Tetrachlorella alternans
Chloroplanea terricola
Treubaria crassispina
Dictyosphaerium pulxeria
Micracitium

Diatomea

Melosira granulata
Synedra

Pinnularia viridis
Navicula peregrina
Asterionella formosa
Nitzschia tenuirostris
Nitzschia acicularis
Fragilaria virescens
Tabellaria fenestrata
Cylindrotheca gracilis
Caloneis amp
Stauroneis

Cyanophytta

Anabaena spiroides
Aphanizomenon flos-aquae
Oscillatoria
Merismopedia
Microcystis aluginosa
Nostoc

Euglenophyta

Trachelomonas lossipida
Euglena
Strombomonas

Desmidiatis

Closterium sp.

Volvocales

Chlamidomonas sp. sp.
Yonium
Pandorina morum
Eudorina elegans
Volvox aureus

Chrysophyta

Dinobryon

Отмечено, что фитопланктон осетровых прудов по количеству видов небогат.

За 3 года наблюдений обнаружено всего 56 видов и форм водорослей, принадлежащих к шести основным группам пресноводного планктона, из которых три группы являются основными, представляющими качественное разнообразие альгофлоры: протококковые — 50%, диатомовые — 21,4%, синезеленые — 10,7%. Остальные группы не играли заметной роли в планктоне. На их долю приходится в общем 17,9%.

Приведенная схема соотношения группировок фитопланктона в рыбоводных прудах соответствует распределению планктонных водорослей в самых разнообразных прудах (Хмелева, 1958; Сретенская, 1961; Просяник, 1969).

Интенсивного развития в отдельные годы достигают только некоторые виды водорослей. Существенное значение в формировании основного комплекса фитопланктона имеют 7—8 видов, что составляет 12—13% от общего количества.

Наибольшим видовым разнообразием отличается группа протококковых водорослей. Массового развития достигают широко распространенные в водоемах виды родов *Scenedesmus*, *Lambertia*, *Kirchneriella*, *Crucigenia*, *Pediastrum*, *Oocystis*, *Coelastrum*.

Диатомовые водоросли являются второй по обилию видов группой. Значительного развития в отдельные периоды достигают истинно планктонные виды диатомовых — роды *Melosira*, *Asterionella*, *Navicula*.

Синезеленые водоросли представлены шестью видами и только два—три вида родов *Aphanizomenon*, *Oscillatoria*, *Microcystis* спорадически достигают порой широкого распространения.

Из группы эвгленовых зафиксировано четыре вида. Они не достигают заметного развития.

Роль водорослей группы десмидиевых, вольвоксовых, зигнемовых незначительна — 17,9%.

В сезон 1968 г. работы проводились на водоемах экспериментального Волжского (ВЭОРЗ) и производственного Александровского (АОРЗ) осетровых рыбоводных заводов.

На ВЭОРЗ опыт поставлен в пяти прудах площадью 1—3,5 га каждый. Испытывали две дозы азотных и фосфорных удобрений при соотношении азота и фосфора 6:1 и 8:1. Один пруд был контрольным.

На АОРЗ проверяли три различных дозировки аммиачной селитры и суперфосфата при соотношении N:P = 6:1. Опыт проводили в двукратной повторности. Всего использовано восемь прудов, в которых выращивалась молодь осетра. На Александровском заводе работы проводили на новых, впервые вступающих в эксплуатацию прудах.

Фитопланктон исследуемых водоемов однообразен, но водоемы различались между собой по видовому составу, количеству водорослей и продолжительности их развития.

При сравнении данных по процентному соотношению отдельных видов водорослей в общей биомассе выявлено, что в фитопланктоне опытных прудов с неодинаковыми дозами удобрений отмечены различия как в качественном, так и в количественном составе водорослей (табл. 2).

Таблица 2

Процентное соотношение отдельных групп фитопланктона в прудах Волжского и Александровского заводов в 1968 г.

Номер пруда	Количество внесенных удобрений, кг/га	Процентное соотношение			Общая средняя биомасса, мг/м ³
		протококковые	диатомовые	синезеленые	
Волжский завод					
16 (контрольный)	—	84,89	14,84	0,27	111,0
15	100 аммиачной селитры, 50 суперфосфата	93,53	5,15	1,32	330,7
17	100 аммиачной селитры	77,49	19,01	3,5	97,3
14	150 аммиачной селитры, 100 суперфосфата	45,82	53,89	0,29	144,9
24	75 аммиачной селитры, 50 суперфосфата	55,23	9,58	35,19	599,6
Александровский завод					
49	—	98,46	1,03	0,22	632,3
54	—	92,57	7,41	—	1506,6
51	150 аммиачной селитры	97,8	2,18	0,02	478,2
55	100 суперфосфата	99,79	0,21	—	3871,3
53	37,5 аммиачной селитры	99,61	0,39	—	1925,7
55	25 суперфосфата	99,14	0,79	0,07	1777,6
52	75 аммиачной селитры	6,5	93,5	—	376,2
56	50 суперфосфата	97,74	2,26	—	1613,7

В водоемах, эксплуатировавшихся ряд лет (ВЭОРЗ) и удобрявшихся повышенными дозами аммиачной селитры (100 кг/га) и одинаковым количеством суперфосфата (50 кг/га) в течение всего вегетационного периода, развивались преимущественно протококковые. Максимум их численности и биомассы за счет усиленного развития *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Lambertia* приходится на начало и конец июня.

С уменьшением доз аммиачной селитры до 75 кг/га создавались благоприятные условия для развития протококковых и синезеленых.

В водоеме, удобрявшемся самой высокой дозой аммиачной селитры (150 кг/га) и суперфосфата (100 кг/га), степень развития и протококковых и диатомовых была довольно высокой и близкой.

Наибольшее количественное развитие фитопланктон получил в пруде № 24 при внесении минеральных удобрений с дозой аммиачной селитры 75 кг/га и суперфосфата 50 кг/га.

Средняя величина биомассы водорослей в данном случае по сравнению с контролем была выше более чем в 5 раз. В этом водоеме в течение всего периода выращивания водоросли развивались относительно равномерно. По мере потребления биогенных элементов их биомасса заметно снижалась.

Контрольный пруд характеризуется незначительной средней величиной биомассы водорослей. На зеленый планктон приходится 84,89%. Ведущими формами здесь являлись *Scenedesmus biyugatus*, *Kirchne-*

tiella irregularis, Crucigenia rectangularis (из протококковых). За весь вегетационный период наблюдалось два максимума развития протококковых — в начале и в конце июня, следствием чего явилось снижение (до следов) биогенных элементов.

Во вновь заливаемых (как в удобренных, так и в неудобренных прудах АОРЗ) ведущая роль принадлежала протококковым водорослям. Исключение составлял пруд № 52, где диатомовые получили в процентном соотношении наибольшее развитие.

Наблюдения за динамикой фитопланктона показали, что в опытных, впервые заливаемых прудах *Pediastrum duplex* является постоянной и часто преобладающей формой, вызывающей после внесения повторных доз минеральных удобрений массовые вспышки, приходящиеся на период наибольшей концентрации азота в воде прудов.

В количественном отношении наибольшего развития фитопланктон в этих водоемах достиг при удобрении 150 кг/га аммиачной селитры и 100 кг/га суперфосфата.

В сезон 1969 г. в производственных условиях проводились работы по уточнению оптимальных дозировок минеральных удобрений, полученных в предшествующем году. Испытывались дозы: аммиачная селитра 75—150 кг/га, суперфосфат 50—100 кг/га.

Среднесезонные показатели, характеризующие развитие фитопланктона в исследуемых водоемах, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Процентное соотношение основных групп фитопланктона в опытных осетровых прудах в 1969 г.

Номер пруда	Разовая доза удобрений, кг/га		Процентное соотношение				Средняя биомасса, мг/м ³	
	аммиачная селитра	суперфосфат	зеленые	диатомовые	сине-зеленые	эвгленовые	по прудам	по вариантам
Первый цикл								
4	—	—	83,36	16,46	—	—	56,5	521,7
20	—	—	58,6	32,39	3,96	5,75	987,0	—
6	75	50	99,94	0,06	—	—	5215,7	3486,8
19	—	—	26,47	11,77	23,14	38,62	1757,9	—
7	112	75	90,14	9,86	—	—	584,1	8452,1
18	—	—	42,1	49,38	0,004	8,5	16320,2	—
5	150	100	95,66	4,34	0,005	—	1963,9	12321,2
8	—	—	99,99	0,04	—	—	22678,5	—
Второй цикл								
6	Контроль		94,15	4,89	—	0,96	617,3	822,8
12	—	—	88,69	3,82	0,58	6,88	1028,4	—
5	75	50	70,79	7,46	0,37	21,37	701,3	685,4
7	—	—	40,81	1,19	31,85	16,39	669,6	—
14	112	75	28,5	25,1	46,44	—	2554,9	2682,1
16	—	—	58,4	6,31	—	35,3	2809,4	—
13	150	100	97,76	0,72	—	1,5	639,6	4118,8
15	—	—	98,63	0,05	—	1,22	7598,1	—

Примечание. Пруды № 4, 20, 19, 18, 8, 12, 7, 16, 15 контрольные.

Развитие фитопланктона в контрольных водоемах сильно задержано, о чем свидетельствуют очень низкие значения биомассы. Особых различий в характере и интенсивности развития водорослей в этих прудах не зафиксировано.

Отмечено лишь, что водоемы, эксплуатировавшиеся в первом цикле (№ 4, № 20), отличаются качественной бедностью видов. Средняя вели-

чина биомассы незначительная и только в середине июня за счет развития диатомовой водоросли *Navicula* значение ее несколько возросло.

Неудобрявшиеся пруды, занятые под выращивание севрюги (второй цикл), отличались большой величиной биомассы водорослей. В них доминировали протококковые водоросли, иногда с примесью *Navicula* или *Trachelomonas*. Лишь в конце июля наблюдалась кратковременная вспышка *Scenedesmus biyugatus* (пруд № 12), благодаря которой биомасса достигла максимального значения. В остальных случаях биомасса фитопланктона характеризуется минимальной величиной.

Теперь уместно перейти к выяснению влияния удобрений на интенсивность развития фитопланктона в опытных водоемах.

Из данных табл. 3 видно, что общая среднесезонная биомасса водорослей заметно колебалась в отдельных прудах каждого варианта. Тем не менее в удобрявшихся прудах с повышением дозы азотно-фосфорных удобрений довольно четко отмечена общая тенденция увеличения среднего значения величины биомассы.

По качественному составу преобладающих форм фитопланктона отдельные варианты опыта существенно один от другого не отличались. Внесение минеральных удобрений, как и в предыдущие годы, стимулировало преимущественно интенсивное развитие протококковых водорослей.

Следует коротко остановиться на рассмотрении влияния азотно-фосфорных удобрений на развитие фитопланктона прудов по различным вариантам опыта.

В I варианте пруды № 6 и 19 первого и № 5 и 7 второго циклов, в которые вносили минимальную дозу удобрения (75 кг/га аммиачной селитры и 50 кг/га суперфосфата), сильно отличались один от другого по уровню развития фитопланктона.

Так, в прудах, эксплуатировавшихся в первом цикле выращивания (осетр), средняя величина биомассы водорослей превышала биомассу в водоемах второго цикла (севрюга) более чем в 5 раз (среднее по вариантам).

Вместе с тем заметно отличались один от другого по характеру и интенсивности развития фитопланктона пруды этого варианта при выращивании осетра в первом цикле.

В водоеме № 6 практически весь сезон основу фитопланктона составляли несколько видов протококковых (*Lambertia*, *Issajivii* v. *spinosa*, *Scenedesmus biyugatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus acuminatus*). Из четырех исследованных прудов I варианта в этом водоеме получена максимальная среднесезонная биомасса водорослей.

Внесение первой дозы удобрения в середине июня повлекло за собой образование пика за счет усиленного развития *Lambertia* (24,8 г/м³).

Фитопланктон пруда № 19 состоял из немногочисленных представителей разных групп. В начале сезона доминировали протококковые (несколько видов *Scenedesmus*, *Pediastrum duplex*), но ввиду небольших размеров клеток создаваемая ими биомасса не превышала 1 г/м³.

В середине июля появились эвгленовые, диатомовые, синезеленые, которые вместе с протококковыми дали биомассу около 5 г/м³.

Несколько иная картина наблюдалась в водоемах, эксплуатировавшихся во втором цикле (севрюга). Эти пруды (№ 5 и 7) по величине средней биомассы фитопланктона оказались почти идентичными. Ее колебания в обоих прудах имели сходный характер, но тем не менее отмечались и индивидуальные особенности, связанные с разной степенью развития водорослей.

В пруду № 5 с 28 июля в течение почти всего сезона доминировали протококковые водоросли с примесью вольвоксовых (*Eudorina*, *Pandorina*). Развитие фитопланктона в этом водоеме носило исключительно

ровный характер, хотя общая среднесезонная биомасса с начала доминирования протококковых и вольвоксовых и до конца сезона не превышала 1 г/м^3 .

Пруд № 7 по величине средней биомассы водорослей не отличается от пруда № 5, намечены лишь различия в процентном соотношении основных групп фитопланктона. Так, на долю протококковых пришлось лишь 40,8%, хотя по численности эти водоросли занимали господствующее положение. В этом водоеме на величину биомассы некоторое влияние оказали синезеленые водоросли. Увеличение численности этих водорослей вызвано развитием в середине августа малоценной в пищевом отношении крупной *Oscillatoria* (3330 тыс. экз./л или $0,85 \text{ г/м}^3$), вытеснившей количественно протококковых.

Во II варианте в пруды № 7 и 18 первого и 14, 16 второго циклов в качестве удобрения вносили аммиачной селитры 112 кг/га, суперфосфата 75 кг/га.

Пруды, занятые под выращивание осетровых в первом и втором циклах, резко различались между собой по степени развития и процентному соотношению основных групп фитопланктона.

Средняя биомасса водорослей в первом случае (пруд № 7) значительно выше, чем во втором (пруд № 18). Вместе с тем в каждом из прудов этого варианта отмечены различия в динамике биомассы фитопланктона.

Например, фитопланктон пруда № 7 в основном состоит из протококковых водорослей и лишь небольшой процент составляли диатомовые. Внесенная в начале июня новая доза аммиачной селитры и суперфосфата стимулировала развитие протококковых (несколько видов *Scenedesmus*, *Lambertia*).

Пруд № 18 характеризовался максимальной для II варианта прудов средней биомассой фитопланктона, которая превысила контрольную более чем в 30 раз, причем в процентном соотношении значения протококковых и диатомовых очень близки.

Доза удобрения, внесенная в конце июня, образовала пик, вызванный бурным развитием протококковых (*Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus acuminatus*) и диатомовых (*Navicula*). Благодаря этому общая биомасса фитопланктона в этот период достигла максимальной величины — $23,74 \text{ г/м}^3$. В начале июля наблюдался спад в развитии водорослей и величина биомассы понизилась до $19,24 \text{ г/м}^3$, но все еще оставалась довольно высокой. В этом водоеме на протяжении всего цикла выращивания водоросль *Navicula* в биомассе фитопланктона играла значительную роль.

В III варианте особый интерес представляют водоемы, удобрявшиеся максимальной дозой аммиачной селитры — 150 кг/га и суперфосфата — 100 кг/га.

В данном случае наиболее ярко сказалось действие азотно-фосфорных удобрений на интенсивность развития фитопланктона исследуемых прудов.

Вместе с тем во всех прудах этого варианта, эксплуатировавшихся как в первом, так и во втором цикле выращивания в равной степени достигнуто максимальное развитие такой важной кормовой группы, как протококковые водоросли.

Средняя биомасса этих водоемов значительно выше, чем в I и II вариантах, и контрольный показатель превышался в 5—25 раз (среднее по циклам).

Однако имеются некоторые различия в общей среднесезонной биомассе между водоемами, занятыми в первом и во втором циклах, и в отдельности по прудам.

Так, в пруду № 5 (первый цикл) в массовом количестве развивалась только *Lambertia*. Она в конце июня дала два пика. Остальные

формы (*Scenedesmus biyugatus*, *Pediastrum duplex*, *Navicula*) были немногочисленными и в промежутках между пиками составляли небольшую величину биомассы.

Фитопланктон пруда № 8 носил в целом протококковый характер. В результате внесения удобрения доминировала протококковая *Lambertia*, давшая два максимума — в конце июня и начале июля. Среднесезонная величина биомассы водорослей в этом водоеме в отличие от всех вариантов характеризуется максимальной величиной.

Для обоих прудов второго цикла характерно то, что в одни и те же сроки (конец июля) широко распространенная в наших водоемах протококковая *Lambertia* дает в каждом из них два различных по величине пика (2,16 и 29,42 г/м³).

Таким образом, внесение минеральных удобрений позволяет значительно повысить среднесезонную биомассу фитопланктона.

Вместе с тем довольно четко отмечена общая тенденция увеличения среднего значения биомассы водорослей с повышением дозы азотно-фосфорных удобрений.

С точки зрения получения максимальной биомассы фитопланктона наилучшая из испытанных нами доз минеральных удобрений состояла из 150 кг/га аммиачной селитры и 100 кг/га суперфосфата. Внесение азотно-фосфорных удобрений в таком варианте стимулировало развитие очень ценных в пищевом отношении протококковых водорослей. Из них особенно большое значение имела *Lambertia v. spinosa* и несколько видов *Scenedesmus*, которые, интенсивно развиваясь некоторый промежуток времени, препятствуют развитию других форм.

В 1970 г. опыт был поставлен с применением сложного удобрения (аммофоса), содержащего совместно фосфор и азот, в шести прудах в первом цикле, где выращивалась молодь осетра (в двукратной повторности). Два водоема удобряли только аммофосом (I вариант), два других — аммофосом с дополнительным внесением аммиачной селитры (II вариант), так как в аммофосе фосфора значительно больше, чем азота. Один водоем, являвшийся контролем, удобряли суперфосфатом и аммиачной селитрой (III вариант).

Количественные показатели фитопланктона в отдельных водоемах оказались неодинаковыми (табл. 4). Общая биомасса водорослей колебалась в пределах 0,81—8,06 мг/л.

Таблица 4

Процентное соотношение основных групп фитопланктона в прудах Икрянинского завода в 1970 г.

Вариант	Номер пруда	Удобрение	Общая средняя биомасса, мг/л	Биомасса основных групп, %				
				протококковые	диатомовые	синезеленые	эвгленовые	зигнемовые
III	4	Суперфосфат+аммиачная селитра (контроль)	0,815	67,19	30,54	—	2,27	—
I	5	Аммофос	3,412	96,49	3,51	—	—	—
	7	»	5,423	9,92	—	90,07	—	—
II	8	Аммофос+аммиачная селитра	8,063	99,76	—	0,23	—	—
		То же	1,087	96,88	2,19	—	—	0,93

Сразу же после заливки во всех водоемах (исключая пруд № 7) появлялись протококковые водоросли, вегетировавшие до конца сезона выращивания. К ним в отдельные короткие периоды добавлялись диатомовые, реже зигнемовые, эвгленовые, синезеленые.

В развитии водорослей наблюдались кратковременные перерывы, зависевшие в некоторых водоемах от наличия азота и фосфора в воде.

Чтобы показать различный эффект от внесения минеральных удобрений в разных его формах, следует очень коротко остановиться на особенностях развития фитопланктона раздельно по водоемам.

В отношении наиболее стабильного и равномерного развития водорослей представляют интерес водоемы № 8, 9, удобрявшиеся аммиачной селитрой и аммофосом. В этих прудах на протяжении всего вегетационного периода в равной степени достигнуто максимальное развитие такой важной кормовой группы, как протококковые водоросли.

Хотя по величине биомассы эти водоемы в среднем не отличаются от прудов, удобрявшихся только аммофосом, но здесь наблюдается стабильный и равномерный характер развития фитопланктона. В этом варианте отмечается наиболее ярко действие удобрений, устанавливается прямая связь между разовыми внесениями удобрений и интенсивностью развития водорослей.

Однако в развитии водорослей иногда (например, 8 июня) наблюдались кратковременные перерывы, которые не зависели от наличия азота и фосфора в воде. Очевидно, что при такой достаточно высокой в этот период концентрации азота в воде для утилизации его водорослями не доставало других биогенных элементов.

Надо отметить, что для обоих прудов этого варианта характерно стойкое доминирование в одни и те же сроки протококковой водоросли *Lambertia*, дававшей в каждом из прудов два разных по величине максимума (7,63 и 0,85 мг/л), что практически и определило величину биомассы в этих водоемах.

Такое соотношение доминирующих групп и преобладание какого-нибудь одного вида характерно для большинства осетровых водоемов (Мильштейн, Астафурова, Петинова, Тихонова, 1972). Это, видимо, происходит в силу создающегося однообразия экологических условий (Просьяник, 1969). Такой, уже установившийся в отдельных водоемах состав водорослей с определенным соотношением групп планктона свидетельствует о большой устойчивости в формировании определенных сообществ прудового фитопланктона осетровых прудов дельты Волги.

Водоемы № 5 и 7 получили удобрения в форме аммофоса. Эти водоемы резко отличаются один от другого по соотношению руководящих групп фитопланктона. Так, ведущими видами, в основном определившими величину биомассы пруда № 5, являются протококковые водоросли, лишь с небольшой примесью диатомовых. Вегетацию почти чистых культур составляла протококковая *Lambertia*, биомасса которой изменялась плавно и в конце июня достигла максимального развития — 2,158 мг/л. В этом варианте опыта на интенсивность развития протококковых водорослей, видимо, сказалось постепенное действие удобрений, внесенных в конце мая — начале июня. По мере развития протококковых водорослей снижалась концентрация фосфора и некоторых форм азота.

Совершенно иная картина наблюдалась в водоеме № 7. Набор ведущих видов, определивших биомассу фитопланктона этого пруда, был менее разнообразен и резко отличался по своему составу. В него вошли лишь протококковые и синезеленые.

Смена форм водорослей в пруду № 7 происходила следующим образом. В начале наблюдений — вторая половина мая, первая половина июня — в планктоне преобладали протококковые. Руководящими формами являлись *Lambertia*, *Scenedesmus quadricauda*. В незначительном количестве встречалась *Ariscoccus*. В дальнейшем биомасса протококковых резко снизилась, и они уже не играли существенной роли в планктоне. Во второй половине июня в планктоне появились в массовом количестве синезеленые водоросли, представленные *Arhanizomenon flos — aquae*.

Принято считать (Шаларь, Набережный, 1965), что синезеленые,

обладающие сильными конкурентными способностями, легко побеждают в борьбе за существование и, размножаясь в массе, при благоприятных условиях вытесняют из планктона другие водоросли.

В значительной мере такая картина наблюдалась и нами. В середине июня в исследуемых прудах начали развиваться синезеленые водоросли с небольшой лишь вегетацией протококковых. Затем за недельный промежуток между двумя пробами биомасса синезеленых водорослей значительно повысилась, притом протококковые практически вышли из его состава.

В пруду № 7 в большинстве случаев не наблюдалось четкой связи между изменением химизма воды и численностью фитопланктона. Однако при «цветении» можно подметить влияние этого явления на изменение среды в водоеме. Так, например, в конце июня, в период максимального развития *Aphanizomenon flos-aquae*, pH увеличивается с 7,8 до 8,8, окисляемость составляет 17,4 мг O_2 /л. В то же время количество биогенных элементов заметно снижается: фосфор — до 0,012—0,030, аммиак до 0,08, NO_2 — 0,005 и NO_3 — 0,011 мг/л.

Пруд № 4, в который вносили аммиачной селитры 75 кг/га и суперфосфата 50 кг/га, нами взят в качестве контрольного. По сравнению с данными 1969 г. состав фитопланктона в общих чертах не изменился и отличался протококково-диатовым, но характеризовался наименьшей величиной биомассы — 0,815 мг/л. Численность колебалась от 2,2 до 256 тыс. экз./л, а биомасса от 0,001 до 0,35 мг/л.

Группа протококковых водорослей составляла наибольший процент от общего количества фитопланктона (67,19%) и отличалась наибольшим разнообразием в начале сезона.

Ведущими из протококковых являлись *Kirchneriella*, несколько видов *Scenedesmus*, *Lambertia*. В начале сезона (26 мая) благодаря внесению первой дозы удобрения развивались протококковые водоросли с биомассой 0,31 мг/л, после чего началось довольно резкое снижение количества фитопланктона, а вторая доза удобрения, внесенная 4 июня, не дала положительного результата. Поглощение азота и фосфора, естественно, шло интенсивнее в период, когда биомасса водорослей была наибольшей.

Таким образом, практически по величине биомассы фитопланктона нет различия между водоемами, получившими сложные удобрения в форме аммофоса и аммиачной селитры + аммофос (пруды №№ 8, 9). Однако учитывая наиболее стабильное и равномерное развитие водорослей в прудах №№ 8, 9, можно сказать, что в этих водоемах получен наибольший эффект от удобрений.

В большинстве случаев максимальное количество планктонных водорослей совпадает с минимальным количеством в воде азота и минерального фосфора. Если сопоставить данные о фитопланктоне и гидрохимические показатели за ряд лет, то можно заключить, что зависимость развития планктонных водорослей от динамики биогенных элементов в удобренных прудах в различные годы почти одна и та же.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что в общем состав фитопланктона осетровых водоемов дельты Волги, удобряемых азотно-фосфорными удобрениями, не изобилует многочисленностью форм водорослей, видимо, в силу создавшегося однообразия экологических условий.

Основной комплекс наиболее часто встречающихся видов в прудах: *Lambertia Issajevii* v. *spinosa*, несколько видов *Scenedesmus*, *Pediastrum duplex*, *Navicula*, *Synedra*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria*.

Развитие водорослей характеризуется постоянным и стойким доминированием протококковых водорослей рода *Lambertia*, *Pediastrum duplex*.

Наряду с преобладанием одного вида для фитопланктона изученных прудов характерна также смена доминирующих форм, стремительное размножение и быстрое отмирание водорослей.

Минеральные удобрения воздействуют на отдельных представителей фитопланктона, увеличивая тем самым общую биомассу водорослей.

В водоемах, эксплуатирующихся на протяжении ряда лет, происходят изменения в процентном соотношении ведущих групп в сторону увеличения протококковых. С повышением доз аммиачной селитры до 150 кг/га и суперфосфата до 100 кг/га протококковые водоросли достигают наибольшего развития (99,9%).

В прудах, удобренных впервые, практически нет разницы в результатах при внесении самых высоких (150 кг/га аммиачной селитры и 100 кг/га суперфосфата) и наиболее низких (37,5 кг/га аммиачной селитры и 25 кг/га суперфосфата) доз азотно-фосфорных удобрений. Процент протококковых очень высок в обоих случаях.

Водоемы, получившие сложные минеральные удобрения (аммиачная селитра + аммофос), отличаются более интенсивным развитием протококковых (99,76%).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Винберг Г. Г. Минеральное удобрение рыбоводных прудов. Издательство Белорусского университета, 1956. с. 1—22.

Винберг Г. Г., Ляхнович В. П. Удобрение прудов. М., «Пищевая промышленность», 1965, 269 с.

Гаевская Н. С. Некоторые задачи гидробиологии в области рыбного хозяйства. — «Рыбное хозяйство», 1947, № 10, с. 12—16.

Определение оптимальных доз минеральных удобрений для осетровых прудов дельты Волги. — «Труды ЦНИОРХ», 1972, т. 4, с. 233—243. Авт.: Мильштейн В. В., Астафурова А. А., Петина Л. П., Тихонова Г. Н.

Просьяник Л. В. Влияние удобрений на состав фитопланктона в рыбоводных прудах. В кн.: Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии, 1969, т. VI.

Сретенская Н. И. Биомасса фитопланктона рыбоводных прудов Белорусского Полесья. В сб.: Первичная продукция морей и внутренних водоемов. Минск, 1961, с. 148—154.

Хмелева Н. Н. Влияние органо-минеральных удобрений на состав и динамику развития фитопланктона прудов Латвийской ССР. В кн.: Рыбное хозяйство на внутренних водоемах Латвийской ССР, 1958, т. VII, ч. III, с. 97—108.

Шаларь В. М. и Набережный А. И. Роль синезеленых водорослей в водоемах Молдавской ССР. В кн.: Экология и физиология синезеленых водорослей. М., 1965, с. 108.