

ВЛИЯНИЕ «ЗЕЛЕННОГО УДОБРЕНИЯ» НА ПРОДУКЦИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЫБОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА «ЯМАТ»

Н. И. ВИНЕЦКАЯ

ВВЕДЕНИЕ

В течение ряда лет ВНИРО совместно со своим Каспийским филиалом и Институтом микробиологии АН СССР проводит комплексные исследования в рыбхозах дельты Волги.

Цель работы — выяснить причины существующей продуктивности рыбхозов, установить закономерности в химическом режиме этих водоемов и путем экспериментальных исследований разработать методы повышения их первичной продуктивности (органического вещества планктона).

Нами было установлено, что заросшие водоемы характеризуются отрицательным балансом органического вещества водной толщи [5, 6]. Причиной является недостаточный доступ в водоемы солнечной энергии и малое содержание в воде солей фосфора и азота вследствие расхода биогенных элементов дна на рост тростника и рогоза. Было установлено, что дно водоема играет большую роль в обогащении воды биогенными элементами, потреблении кислорода и что культурные перепаханные рыбхозы более продуктивны, чем заросшие.

В результате проведенных исследований удалось установить, что выкашивание тростника и применение его в качестве удобрения дает возможность изменить гидрохимический режим и повысить первичную продукцию рыбхоза (фитопланктон). В дальнейшем в качестве зеленого удобрения применяли рогоз. Эти работы проводились в сильно заросшем жесткой растительностью рыбхозе «Ямат», расположенном в центральной части дельты Волги; общая площадь рыбхоза равнялась в среднем 632 га.

Нашей задачей являлось дальнейшее изучение влияния зеленых удобрений на гидрохимический режим и продукцию органического вещества водной толщи рыбхоза.

В рыбхозе «Ямат» одновременно с измерением интенсивности фотосинтеза подробно изучались гидрохимический режим и потребление кислорода дном. Кроме того, впервые исследовалась динамика распада погруженной водной растительности, применявшейся в качестве удобрения. Наблюдения велись в различных местах: 1) у рейки на чистом плёсе (центральная и наиболее глубокая часть рыбхоза), в дальнейшем заросшем нимфейником; 2) в старом ерике; 3) в зарослях рогоза и 4) в зонах применения удобрения: у кромки сложенного в кучу скошенного рогоза, а также в 3 и 15 м от нее.

Кроме того, эпизодические наблюдения проводились на р. Поперечной, из которой в рыбхоз поступала вода.

МЕТОДИКА

Продукция органического вещества определялась по методу Винберга с некоторыми видоизменениями, внесенными нами [5, 6]. Потребление кислорода дном измерялось в аппарате, сконструированном С. И. Кузнецовым и Г. С. Карзинкиным. Анализы воды проводились в соответствии со стандартными методами химических анализов пресных вод [16]. Анализы растительности выполнены по Н. Я. Демьянову и Н. Д. Прянишникову [9]. Опыты по измерению интенсивности фотосинтеза и дыхания проводились в поверхностных слоях воды, а у рейки и в старом ерике, где глубины были более 1 м, в поверхностном и придонном горизонтах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интенсивность фотосинтеза и дыхания

Вследствие позднего паводка и, следовательно, позднего залития рыбхоза в 1952 г. изменились сроки наблюдений в водоеме. Обычно работы начинались в середине или в конце мая, а в 1952 г. первые опыты были поставлены лишь в середине июня.

За период наблюдений было проведено пять серий опытов на фотосинтез и дыхание. Результаты опытов приведены в табл. 1. Первая серия опытов была проведена в середине июня. В это время интенсивность фотосинтеза на всех станциях была невысокая. Меньше всего продуцировалось кислорода в 3 м от кромки скошенного рогоза, где кислорода выделяется за сутки 0,62 мг, и в зарослях рогоза (0,94 мг за сутки). Наиболее интенсивно в это время идет фотосинтез в поверхностном слое старого ерика (за сутки выделяется 2,46 мг кислорода).

Вторая серия наблюдений, поставленная в конце июня, показывает значительное повышение фотосинтеза на всех участках: 13,02 мг кислорода у рейки, несколько ниже (10,54 мг) в старом ерике; на удобренных участках абсолютное количество образовавшегося органического вещества меньше. В зарослях рогоза интенсивность фотосинтеза повышается до 5,33, у кромки скошенного рогоза — до 8,15 и в 15 м от кромки — до 8,54 мг за сутки. Одновременное повышение интенсивности фотосинтеза на всех участках 29 июня вызвано общим повышением температуры воды в рыбхозе (см. рис. 1, 1а).

В середине июля была поставлена третья серия опытов. К этому времени интенсивность фотосинтеза еще более возрастает и достигает максимальных величин на всех станциях. Самое большое количество органического вещества образуется у кромки скошенного рогоза (18,10 мг кислорода) и у рейки (17,95 мг), несколько меньше органического вещества образуется в 15 м от кромки (14,12 мг кислорода) и в старом ерике (15,59 мг). В конце июля фотосинтез идет слабее во всех районах, но все же остается на довольно высоком уровне, превышающем интенсив-

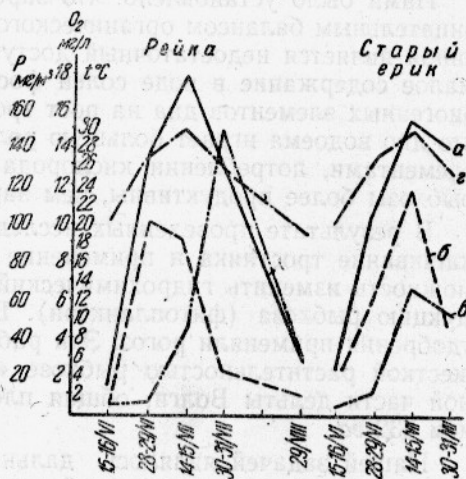


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза и дыхания в неудобренных зонах рыбхоза «Ямат» (1952 г.):

а — интенсивность фотосинтеза; б — интенсивность дыхания; в — фосфор минеральный; г — температура воды в °C.

ность этого процесса в первый период наблюдений. Ослабление процесса фотосинтеза в конце июля объясняется снижением температуры воды в рыбхозе (см. рис. 1). Благодаря большей обеспеченности биогенными элементами водной толщи рыбхоза даже в самый последний период существования водоема (29 августа) в районе рейки интенсивность фотосинтеза выше, чем 15 июня. Так, если в начале наблюдений фосфатов было 5 мг/м^3 , то 29 августа — 28 мг/м^3 . То же относится и к соединениям азота.

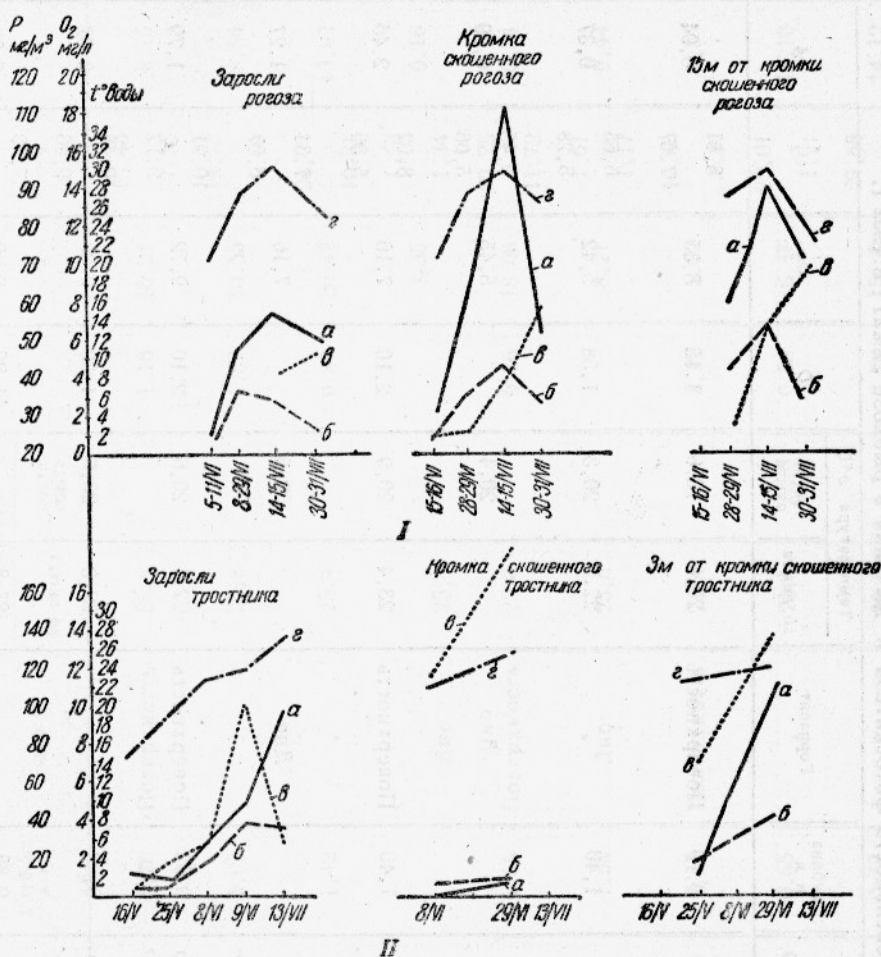


Рис. 1а. Интенсивность фотосинтеза и дыхания в удобренных зонах и зарослях тростника и рогоза:

I—в рыбхозе «Ямат» (1952 г.); II—в рыбхозе «Танатарка» (1951 г.):
а—интенсивность фотосинтеза; б—интенсивность дыхания; в—фосфор минеральный,
г—температура воды в $^{\circ}\text{C}$.

Для удобства характеристики мы разделим районы рыбхоза на две группы. К первой группе (естественная зона рыбхоза) относятся станции в районе рейки и старого ерика; ко второй (зона, где проводились экспериментальные работы с зеленым удобрением) — три станции: заросли рогоза, кромка скошенного рогоза и станция в 3 или 15 м от кромки (см. рис. 1 и 1а).

Районы первой группы характеризуются довольно высокой интенсивностью фотосинтеза, превышающей в отдельные периоды величину фотосинтеза на удобренных участках. Но так как в этих районах потребление кислорода толщей воды было более высоким, чем в удобренных, то выход органического вещества почти всегда был меньше. Так, в конце

Интенсивность фотосинтеза и дыхания в рыбхозе „Ямат“ в 1952 г.

Дата	Время (часы, минуты)	Станции	Глубина в м	Горизонт	Температура в °C		D	O ₂ '	O ₂ ''	A	B	A-B
					до опыта	после опыта						
15/VI	9-15	Заросли рогоза . . .	0,79	Поверхность	20,8	18,8	1,16	8,35	8,61	0,94	0,68	0,26
	10-15								7,67			
15/VI	11-00	Рейка	1,40	.	22,0	20,3	1,58	5,42	6,65	0,37	0,14	1,23
									5,28			
			—	Дно		20,4		5,45	5,45	0,39	0,39	0
									5,06			
15/VI	15-30	Старый ерик	1,40	Поверхность	23,4	20,9	2,10	7,16	8,02	2,46	1,60	0,86
									5,56			
				Дно		20,6		7,16	7,34	1,27	1,09	0,18
									6,07			
15/VI		Кромка скошенного рогоза	0,92	Поверхность	22,6	20,6	2,10	9,72	10,91	1,79	0,60	1,19
									9,12			
15/VI		3 м от кромки ско- шенного рогоза . . .	0,88	.	22,3	20,6	1,80	9,89	10,48	0,62	0,03	0,59
									9,86			
28/VI	11-30	Заросли рогоза . . .	0,88	.	27,2		1,20	5,69	7,70	5,33	3,32	2,01
									2,37			

Дата	Время (часы, минуты)	Станции	Глубина в м	Горизонт	Температура в °C		D	O ₂ '	O ₂ *	A	B	A-B
					до опыта	после опыта						
28/VI	13—50	Кромка скошенного рогоза	0,70	Поверхность	25,8		1,16	10,21	15,40	8,15	2,96	5,19
									7,25			
28/VI	12—50	15 м от кромки ско- шенного рогоза	0,68	.	25,8		1,32	10,55	14,73	8,54	4,36	4,18
									6,19			
29/VI	15—50	Рейка	1,42	.	25,4		0,88	20,42	24,03	13,82	10,21	3,61
	16—15								10,21			
29/VI	15—50	Рейка			30,2			3,35	1,50	0,16	2,01	1,85
	16—15			Дно	25,4				1,34			
29/VI	18—00	Старый ерик	1,65	Поверхность	25,0		0,86	18,08	22,26	10,54	6,36	4,18
	18—30								11,72			
29/VI	18—30	.	1,65	Дно	25,0			8,21	1,61	0,44	7,04	6,60
									1,17			
14/VII	11—20	Заросли рогоза	0,75	Поверхность	23,4		1,12	5,80	10,66	7,36	2,52	4,84
									3,30			
14/VII	14—00	Кромка скошенного рогоза	0,65	.	23,6	23,5	0,68	6,47	20,01	18,10	4,56	13,54
									1,91			
14/VII	15—15	15 м от кромки ско- шенного рогоза	0,72	.	30,0		0,74	15,59	22,65	14,12	7,06	7,06
									8,53			

Дата	Время (часы, минуты)	Станции	Глубина в м	Горизонт	Температура в °C		D	O ₂	O ₂	A	B	A-B
					до опыта	после опыта						
15/VII	13—00	Рейка	1,20	Поверхность	26,0	30,0	0,56	18,53	27,36 9,41	17,95	9,12	8,83
15/VII	13—00	.	1,20	Дно	21,9	21,5		15,15	9,48 6,97	2,51	8,18	-5,67
			1,50	Поверхность	30,5		0,48	18,24	21,62 6,03	15,59	12,21	3,83
15/VII	11—15	Старый ерик		Дно	30,5			6,57	6,18 2,94	3,24	3,63	-0,39
16/VII	18—00	Куча тростника	0,65	Поверхность	28,0			6,62	7,35 2,15	5,20	4,47	0,73
31/VII	9—00	Заросли скошенного рогоза	0,46	.	26,0	25,0	0,92	1,32	6,32 0,07	6,25	1,25	5,00
31/VII	10—00	Кромка скошенного рогоза	0,42	.	27,0	24,0	0,84	3,38	6,84 0,77	6,07	2,61	3,46
31/VII	10—30	15 м от кромки ско- шенного рогоза	0,42	.	26,5		0,84	3,53	11,25 1,12	10,13	2,41	7,72

Дата	Время (часы, минуты)	Станции	Глубина в м	Горизонт	Температура в °C		D	O_2'	O_2^*	A	B	$A-B$
					до опыта	после опыта						
31/VII	11—30	Рейка	0,94	Поверхность	27,0	25,0	0,76	2,35	13,18 0	13,18	2,35	10,83
				Дно	26,6	24,5		2,35	4,35 0	7,35	2,35	2,00
31/VII		Старый ерик	1,34	Поверхность	28,0	26,5	0,94	5,74	15,53 1,18	14,35	4,56	9,79
				.	28,0	26,5		2,06	0,74 0	0,74	2,06	-1,32
29/VIII	15—00	Рейка	0,35	Поверхность	20,5		0,70	1,87	3,70 0,95	2,75	0,92	1,83

Примечание. D — удвоенная прозрачность по Секки в см; O_2' — содержание кислорода в воде до опыта в мг/л;

O_2^* — содержание кислорода в светлых и темных склянках в мг/л; A — интенсивность фотосинтеза в мг/л кислорода за сутки;

B — интенсивность дыхания в мг/л кислорода за сутки; $A-B$ — продукция органического вещества в мг кислорода за сутки.

июня интенсивность фотосинтеза в районе рейки составляла 13,82 мг кислорода, в старом ерике — 10,54, у кромки скошенного рогоза — 8,15 и в 15 м от кромки — 8,54 мг. В то же время выход органического вещества, выраженный в кислороде, был равен у рейки 3,61 мг и в старом ерике — 4,18 мг, тогда как у кромки рогоза — 5,19 мг за сутки.

Данные по второй группе станций значительно отличаются от данных, полученных в 1951 г. в рыбхозе «Танатарка» [6] при работе на участках, заросших тростником (рис. 1,а). В зарослях рогоза интенсивность фотосинтеза довольно высокая в отличие от зарослей тростника, где фотосинтез всегда угнетается и где только в начальный период роста баланс органического вещества бывает положительным. У кромки скошенного рогоза, собранного в компостные кучи, интенсивность фотосинтеза значительно повышается в противоположность кромке компостированного тростника, где в начальный период не только у самой кромки, но и в 3 м от нее обнаруживается дефицит кислорода и наблюдается преобладание потребления над фотосинтезом. При удобрении тростником распад растений протекает бурно, резко увеличивается окисляемость, содержание кислорода снижается почти до нуля и вода значительно обогащается биогенными элементами. Такие явления наблюдаются и в 3 м от кромки и даже дальше — в 5 м. При применении в качестве удобрения скошенного рогоза распад растений протекает медленнее, поэтому дефицита кислорода не наблюдается, окисляемость воды увеличивается в меньшей степени, концентрация биогенных элементов не так резко возрастает и процесс фотосинтеза идет интенсивнее, чем в зонах компостированного тростника.

Несмотря на близкие температуры воды в рыбхозах «Ямат» и «Танатарка», абсолютные величины интенсивности фотосинтеза и окисляемости воды в рыбхозе «Ямат» значительно ниже, чем в рыбхозе «Танатарка», где также применялось зеленое удобрение. Если в рыбхозе «Танатарка» интенсивность фотосинтеза достигла 36,35 мг/л кислорода, то в Ямате выше 18,1 мг/л она не поднималась. Окисляемость воды у кромки кучи тростника в рыбхозе «Танатарка» доходила до 44 мг/л кислорода, а в рыбхозе «Ямат» максимальная окисляемость не превышала 20 мг/л кислорода.

Интенсивность дыхания, как и интенсивность фотосинтеза, повысилась в конце июня и середине июля, причем наибольшего значения она достигла не во всех зонах одновременно. В зарослях рогоза больше всего расходуется кислорода в конце июня. На удобренных участках у кромки и в 15 м от нее самая высокая интенсивность дыхания совпадает с максимумом фотосинтеза, причем на расстоянии 15 м от кромки она выше, чем возле нее.

За весь вегетационный период в естественных зонах рыбхоза было синтезировано значительно меньше органического вещества, чем в районе применения зеленого удобрения. Особенно резкое различие обнаружено между выходом органического вещества в зарослях рогоза (в 1 м³ воды синтезировано 304 850 мг кислорода), у кромки выкошенного рогоза (523 580 мг кислорода в 1 м³ воды) и в 15 м от нее (631 920 мг кислорода в 1 м³ воды). В районе рейки количество образовавшегося органического вещества несколько больше (412 700 мг кислорода в 1 м³ воды), чем в зарослях рогоза в старом ерике (примерно такое же, как в зарослях).

Потребление кислорода дном

Чтобы получить более точные данные об окончательной продукции органического вещества, в 1952 г. нами было подробно изучено потребление кислорода дном водоема для каждой его зоны во все периоды наблюдений.

На окислительные процессы дна водоема меньше всего расходовалось кислорода у рейки; на этой станции потребление кислорода увеличивается лишь к концу августа. Наибольшее потребление кислорода наблюдалось в удобренной зоне, у кромки скошенного рогоза, причем к концу наблюдений оно значительно снизилось. В 15 м от кромки потребление кислорода также очень велико, максимум приходится на середину июля. В зарослях рогоза в июне потребление кислорода дном было довольно высоким, но значительно ниже, чем на удобренных участках; резкое уменьшение (до нуля) отмечено к середине июля, а в конце этого месяца оно вновь незначительно повысилось. В старом ерике процесс потребления кислорода носит противоположный характер: расход кислорода на окислительные процессы дна резко возрастает в середине июля в связи с отложением на дне органического вещества животного происхождения.

При вычислении потребления кислорода дном нами учитывалось количество кислорода, поглощенного столбом воды при данной глубине водоема. В табл. 2 приведены сравнительные данные потребления кислорода 1 м² дна и столбом воды над 1 м² площади дна для каждой даты наблюдений по станциям.

Таблица 2

Динамика потребления кислорода (в мг) дном и водной толщей

Наименование станций	Потребление кислорода				
	15-16/VI	28-29/VI	14-15/VII	30-31/VII	29/VIII
	0,0	0,97	0,0	0,0	278,4
Рейка	370,0	16020,0	10350,0	2210,0	320,0
	212,0	457,0	1209,5	0,0	—
Старый ерик	1880,0	11030,0	9560,0	5110,0	—
	644,0	491,2	0,0	20,5	—
Заросли рогоза	540,0	2920,0	1890,0	580,0	—
	1567,4	961,4	296,0	225,6	—
Кромка скошенного рогоза	550,0	2070,0	2960,0	1100,0	—
	—	1278,0	2468,0	328,2	—
15 м от кромки рогоза	—	680,0	5080,0	1010,0	—

Примечание. В числителе приведено потребление кислорода грунтом, в знаменателе — водой.

Из табл. 2 видно, что в районе рейки и старого ерика потребление кислорода водной массой всегда превышало потребление его дном. В зарослях и у кромки скошенного и собранного в кучи рогоза в начале наблюдения потребление кислорода дном превышает потребление его водной массой. В дальнейшем в этих районах потребление кислорода водной толщей увеличивается и в течение всего оставшегося вегетационного периода превышает потребление его дном.

Динамика потребления кислорода в зоне, окружающей компостные кучи рогоза, несколько отличается от динамики потребления его в остальных зонах рыбхоза. Так, на расстоянии 15 м от кромки рогоза в конце июня расход кислорода на окислительные процессы дна был выше, чем в водной толще, а с середины июня наблюдалась обратная зависимость.

О балансе органического вещества

Для сравнительной характеристики исследуемых участков рыбхоза необходимо было иметь баланс органического вещества 1 м^3 воды для каждой станции по месяцам. Полученные нами данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Общее количество выделенного и поглощенного кислорода 1 м^3 воды на каждой станции по месяцам в мг

Наименование станций	Июнь			Июль			Август		
	ΣA	ΣB	$\Sigma A - \Sigma B$	ΣA	ΣB	$\Sigma A - \Sigma B$	ΣA	ΣB	$\Sigma A - \Sigma B$
Заросли рогоза	94050	60000	34050	210800	58280	152520	—	—	—
Кромка скошенного рогоза	149100	53400	95700	374480	110980	263500	—	—	—
3 м от кромки скошенного рогоза	18600	900	17700	—	—	—	—	—	—
15 м от кромки скошенного рогоза	256200	130800	125400	375720	146630	229090	—	—	—
Рейка	118200	95700	22500	294500	170500	124000	85250	85250	56730
Старый ерик	110400	120600	10200	262880	174220	88600	—	—	—
Куча тростника	—	—	—	161200	138570	22630	—	—	—

Примечание. ΣA — количество кислорода, образовавшегося в 1 м^3 воды донного района в сумме за месяц, в мг; ΣB — количество кислорода, поглощенного 1 м^3 воды в сумме за месяц по станциям, в мг; $\Sigma A - \Sigma B$ — общая продукция для каждой станции в сумме за месяц в мг кислорода.

Все изучаемые районы рыбхоза «Ямат» характеризуются положительным балансом водной толщи, т. е. преобладанием процесса синтеза органического вещества над разложением его в водной толще (рис. 2).

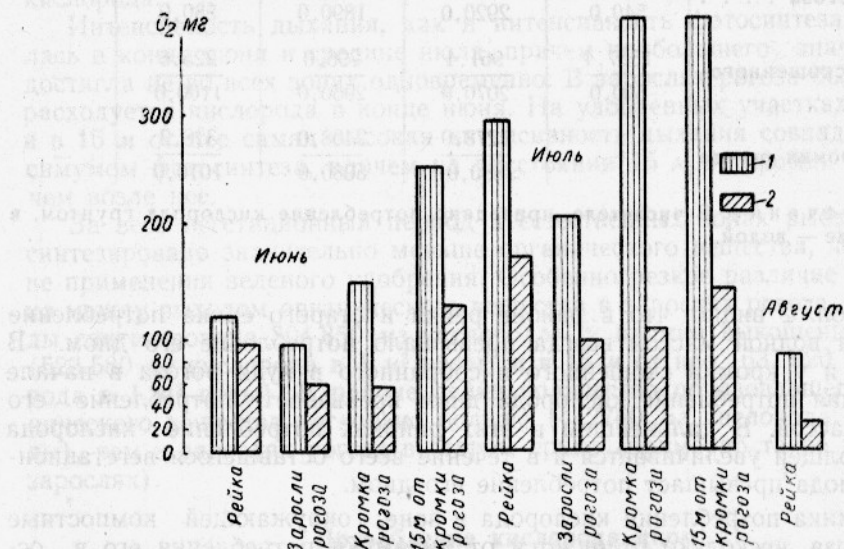


Рис. 2. Количество образовавшегося и разложившегося органического вещества в 1 м^3 воды в рыбхозе «Ямат» в 1952 г. (в мг кислорода):

1—образовавшееся органическое вещество; 2—разложившееся органическое вещество.

Количество выделенного и поглощенного кислорода в мг за месяц в пересчете на 1 м² поверхности водоема
(с учетом потребления кислорода дном водоема)

Наименование станций	Июнь				Июль				Август			
	ΣA	ΣB	ΣD	$\Sigma A - \Sigma (B+D)$	ΣA	ΣB	ΣD	$\Sigma A - \Sigma (B+D)$	ΣA	ΣB	ΣD	$\Sigma A - \Sigma (B+D)$
Заросли рогоза	81450	51900	17040	12510	130200	38285	318	91597	—	—	—	—
Кромка скошенного рогоза .	110250	39300	37932	33018	221805	62930	8085	150790	—	—	—	—
3 м от кромки скошенного рогоза	16500	900	30219	14614	—	—	—	—	—	—	—	—
15 м от кромки скошенного рогоза	174300	20400	38340	115560	223510	94395	43341	85774	—	—	—	—
Рейка	203250	155850	14,4	47386	348130	184680	0	163450	40610	99,0	8360	22330
Старый ерик	180300	193650	10035	23385	380835	277385	18747	134703	—	—	—	—
Куча тростника	—	—	—	—	104780	89900	0	14880	—	—	—	—

Примечание. ΣD — потребление кислорода дном за месяц на 1 м² дна в мг. Остальные обозначения те же, что и в табл. 3.

Наибольший положительный баланс органического вещества наблюдался на станциях опытных участков у кромки рогоза и в 15 м от нее.

В отношении воспроизводства органического вещества участки с тростниковым удобрением (рис. 3) оказались в первый период менее продуктивными по сравнению с участками, удобренными рогозом в 1952 г., что объясняется неблагоприятным кислородным режимом, создающимся в зоне внесения тростникового удобрения (см. рис. 2 и 3).

Чтобы можно было учесть потребление кислорода дном в балансе органического вещества, мы подсчитали общее количество кислорода,

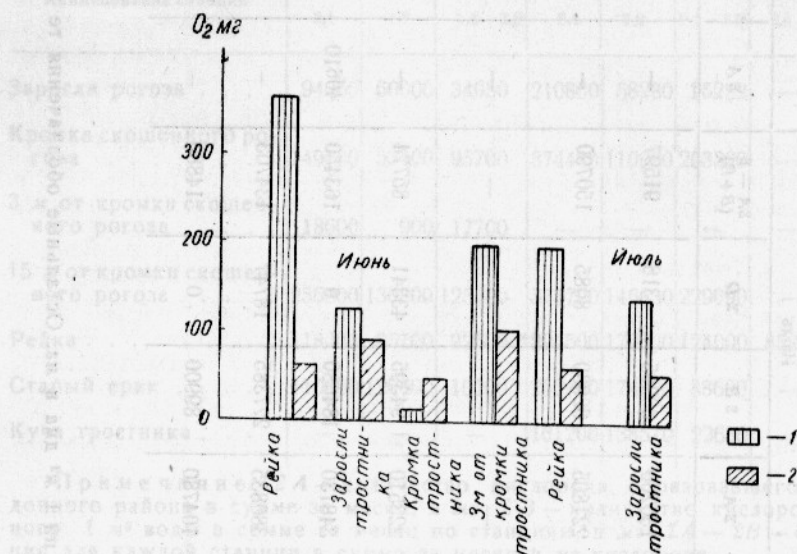


Рис. 3. Количество образовавшегося и разложившегося органического вещества в 1 м³ воды в рыбхозе «Танатарка» в 1951 г. (в мг кислорода):

1—образовавшееся органическое вещество; 2—разложившееся органическое вещество.

выделенного при фотосинтезе и поглощенного слоем воды над 1 м² площади дна водоема, и вычислили продукцию этого слоя с учетом потребления кислорода на окислительные процессы в донной области (табл. 4).

При расчетах принимался во внимание столб воды под 1 м² поверхности водоема, с учетом глубины каждой станции.

Из табл. 4 видно, что расход кислорода на окислительные процессы в донной области играет большую роль в общем балансе органического вещества. Например, в июне в старом ерике и в 3 м от кромки рогоза благодаря повышенному потреблению кислорода создавался отрицательный баланс кислорода в водной толще. Сильно снизилась продукция органического вещества и у кромки скошенного рогоза.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЫБХОЗА «ЯМАТ»

Содержание биогенных элементов в водной толще связано с жизнедеятельностью фитопланктона. Влияние среды на процесс фотосинтеза исключительно велико. При проведении экспериментальных работ по удобрению рыбхозов ставилась цель поднять в известной мере их продуктивность путем повышения содержания в воде биогенных элементов,

Содержание кислорода и углекислоты в воде и ее рН

В середине июня почти во всех зонах рыбхоза содержание кислорода невелико. К концу июня содержание кислорода увеличивается, затем незначительно уменьшается к середине июля и более резко уменьшается к концу месяца (табл. 5). Увеличение концентрации кислорода происходит в период наибольшей интенсивности фотосинтеза, причем максимальное содержание кислорода бывает в начале увеличения фотосинтеза в водоеме. Дальнейшее усиление фотосинтетической деятельности планктона сопровождается небольшим снижением содержания кислорода в водоеме, вызванным усилением потребления кислорода на распад отмирающего планктона.

Динамика содержания кислорода в зарослях рогоза имеет иной характер: в начале наблюдений содержание кислорода максимальное, к началу июля оно снижается и держится на одном уровне до 15 июля, а затем, к концу июля, резко падает до 1,32 мг/л. При общем уменьшении содержания кислорода к 30 июля оно остается довольно высоким в поверхностном слое старого ерика (5,74 мг/л); особенно снижается оно в зарослях рогоза и у рейки (1,32—2,35 мг/л).

Таблица 5
рН, содержание кислорода и углекислоты (в мг/л) на различных участках рыбхоза „Ямат“

Наименование станций	15—16/VI				28—29/VI			
	кислород	рН	углекислота		кислород	рН	углекислота	
			свободная	связанная			свободная	связанная
Заросли рогоза .	8,35	6,89	1,28	69,08	5,69	8,29	23,37	93,88
Кромка рогоза .	9,72	8,08	8,54	92,84	10,21	7,59	9,92	88,8
3 м от кромки .	9,89	8,08	9,44	88,88	—	—	—	—
15 м от кромки .	—	—	—	—	10,55	7,35	11,1	85,8
Рейка	5,42	7,15	6,40	70,40	20,42	10,00	0	3,52
Старый ерик . .	7,16	7,25	—	—	18,08	9,20	4,10	105,6
Куча тростника .	—	—	—	—	15,17	8,80	—	—

Продолжение

Наименование станций	14—15/VII				30—31/VII				29/VIII			
	кислород	рН	углекислота		кислород	рН	углекислота		кислород	рН	углекислота	
			свободная	связанная			свободная	связанная			свободная	связанная
Заросли рогоза .	5,82	6,78	24,75	120,56	1,32	6,78	28,96	120,56	—	—	—	—
Кромка рогоза .	6,47	7,99	18,86	113,08	3,38	6,80	30,05	121,88	—	—	—	—
3 м от кромки . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15 м от кромки . .	15,59	8,69	2,36	114,40	3,53	6,79	—	—	—	—	—	—
Рейка	18,53	9,09	7,85	69,09	2,35	6,78	27,79	110,88	1,87	6,89	21,51	—
Старый ерик	18,24	8,69	7,85	128,48	5,74	6,92	27,03	144,76	—	—	—	—
Куча тростника . .	6,62	8,50	7,46	106,92	—	—	—	—	—	—	—	—

На участках, где было внесено зеленое удобрение (у кромки скошенного рогоза и в 3 м от нее), содержание кислорода в середине июня было значительно выше, чем на удобренных участках. Оно еще более увеличилось к концу июня, когда почти для всех зон были характерны повышенные концентрации кислорода. Однако в период кислородного максимума в рыбхозе в районе рейки и старого ерика содержание кислорода почти в два раза было больше, чем в зоне удобрений. Меньшее содержание кислорода у кромки рогоза и в окружающей зоне в этот период объясняется повышенным потреблением кислорода на окисление разлагающегося зеленого удобрения.

У кромки скошенного рогоза, у рейки и у старого ерика максимальное содержание кислорода наблюдалось примерно в одни и те же сроки. В 15 м от кромки наибольшее содержание кислорода отмечено несколько позднее (14—15 июля), причем высокое насыщение кислородом наблюдается здесь в течение длительного времени.

При применении в качестве удобрения скошенного тростника дефицит кислорода обнаруживается у кромки скошенной растительности уже через 8 дней после компостирования; он ясно выражен и через 21 день. На расстоянии 3 м от кучи через 3 недели кислородный режим изменяется в благоприятную сторону. Применение скошенного рогоза на удобрение вызывает меньший (в три раза) дефицит кислорода через 14 дней после выкашивания (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Содержание кислорода на участках с различным удобрением
(по данным А. А. Егоровой)

Срок наблюдения	Содержание кислорода			
	у кромки кучи		в 3 м от кромки	
	в мг/л	в %	в мг/л	в %
Участки, удобренные тростником				
Через 8 дней после выкашивания тростника	1,17	13	2,34	26
Через 21 день после наступления дефицита кислорода	1,94	23	6,65	76
Участки, удобренные рогозом				
Через 14 дней после компостирования (30 июня)	3,20	—	—	—
Через 6 дней после наступления дефицита кислорода	4,48	—	—	—

Меньший дефицит кислорода на участках, удобренных рогозом, по сравнению с участками, удобренными тростником, объясняется различием в скорости распада этих растений. Если тростник разлагается в первые 8 дней на 6,8%, то в рогозе за этот период никаких изменений не происходит. Через 14 дней рогоз разлагается на 12,4%, а тростник — на 38,65%.

В табл. 5 показано содержание растворенного кислорода, уголекислоты и активная реакция воды — рН на всех станциях рыбхоза по датам. рН повторяет колебания уголекислоты и кислорода, которые отражают происходящие в воде процессы синтеза и распада органического вещества, при этом рН колеблется от 6,78 до 10.

Содержание свободной уголекислоты во всех зонах рыбхоза сильно колеблется (от 1,28 до 30,05 мг/л), причем колебания зависят от интенсивности фотосинтеза и содержания в воде кислорода. На станции у рейки при возрастающей интенсивности фотосинтеза 29 июня содержа-

ние углекислоты падает до нуля по всему слою, и, очевидно, дальнейшее течение процесса обусловлено наличием связанной углекислоты.

Почти всегда максимуму кислорода и повышению рН соответствует минимальная концентрация углекислоты. Значительны колебания углекислоты и по вертикали (табл. 7); они особенно ярко выражены на станции в старом ерике.

Таблица 7

Распределение кислорода и углекислоты (в мг/л) по вертикали

Наименование станций	29/VI			15/VII			31/VII		
	кис-лород	углекислота		кис-лород	углекислота		кис-лород	углекислота	
		свобод-ная	связан-ная		свобод-ная	связан-ная		свобод-ная	связан-ная
Рейка									
поверхность	20,42	0	3,52	18,53	7,85	69,08	2,35	27,79	110,88
дно	—	0	66,88	15,15	6,29	97,24	2,35	27,80	110,88
Старый ерик									
поверхность	18,08	4,10	105,60	18,24	7,85	128,48	5,74	27,03	144,76
дно	8,21	16,81	113,08	6,57	44,00	127,60	2,06	36,81	150,04

При затухании процесса фотосинтеза и уменьшении содержания кислорода в водоеме к концу июля на всех станциях наблюдается повышение концентрации углекислоты до 27—30 мг/л. Одновременно снижается рН до 6,78—6,92 (см. табл. 5).

Соединения фосфора

В водной толще рыбхоза мы определяли фосфор двух видов: минеральный и органический (табл. 8). Содержание минерального фосфора во всех зонах рыбхоза в середине июня невелико (5—6 мг/м³); несколько больше минерального фосфора было у кромки рогоза (8 мг/м³) и

Таблица 8

Содержание фосфора (в мг/м³) в рыбхозе „Ямат“

Наименование станций	Горизонт	15—16/VI		28—29/VI		14—15/VII		30—31/VII		29/VIII	
		минераль-ный	органиче-ский	минераль-ный	органиче-ский	минераль-ный	органиче-ский	минераль-ный	органиче-ский	минераль-ный	органиче-ский
Заросли рогоза .	Поверх-ность	6	88	—	280	40	141	51,5	208	—	—
Кромка рогоза .	„	8	146	11	141	37	141	79	186	—	—
3 м от кромки ро-гоза	„	14	58	—	—	114	104	—	—	—	—
15 м от кромки рогоза	„	—	—	13,5	182	68	156	94,5	166	—	—
Рейка	„	6	59	6	180	47	144	151,5	106	28	—
Старый ерик . .	Дно	—	—	8	—	—	—	—	—	—	—
	Поверх-ность	5	132	12	160	69	117	54	217	—	—
	Дно	—	—	22,5	150	—	—	—	—	—	—
Куча скошенного тростника . . .	Поверх-ность	—	—	36	—	29	162	—	—	—	—
Заросли тростни-ка	„	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—

в 3 м от нее (14 мг/м^3). В середине июля количество фосфатов заметно увеличивается во всех районах. Так, по первой группе станций содержание фосфора увеличивается до $47\text{--}69 \text{ мг/м}^3$, по второй — до 114 мг/м^3 .

В 3 и 15 м от кромки рогоза фосфатов было больше, чем у кромки. К концу июля количество их еще более увеличивается: до 152 мг/м^3 у рейки и до 95 мг/м^3 в 15 м от кромки рогоза. На экспериментальных участках наблюдается непрерывное увеличение содержания фосфатов. В районах рейки и старого ерика происходит уменьшение концентрации фосфора к концу наблюдений. Для первой группы станций ясно выражена зависимость интенсивности фотосинтеза от содержания в воде фосфатов: с 15 июня по 31 июля у рейки и по 15 июля — в старом ерике.

Противоположный ход кривых фотосинтеза и фосфатов для первой группы станций показывает, что в начальный период фосфаты ограничивают развитие планктона.

В зарослях рогоза обратная зависимость между интенсивностью фотосинтеза и содержанием в воде фосфатов наблюдается все время. На удобренных участках концентрация фосфора непрерывно нарастает благодаря постоянному пополнению его из кучи компостированного рогоза. Сравнительно небольшое содержание фосфатов в начальный период на этих участках, повидимому, связано с очень большой продукцией органического вещества.

При применении тростника для удобрения («Танатарка», 1951 г.) концентрация фосфатов была гораздо выше. Это объясняется, с одной стороны, более быстрым распадом тростника, с другой, — небольшим потреблением его на этих участках, так как фотосинтез в районе кромки тростника менее интенсивен вследствие значительной окисляемости воды.

Приведем для иллюстрации несколько цифр, характеризующих обогащение фосфатами воды рыбхоза при распаде тростника и рогоза.

Наименование станций	Содержание фосфора в воде в мг/м^3		
	через 8 дней после выкашивания	через 30 дней после выкашивания	
Кромка скошенного тростника	116	182	
3 м от кромки скошенного тростника	71	143	
	через 14 дней после выкаши- вания	через 30 дней после выкаши- вания	через 45 дней после выкаши- вания
Кромка скошенного рогоза . .	36	37	79
3 м от кромки скошенного ро- гоза	—	114	—

Удобрение тростником имеет значение для обогащения биогенными элементами всего водоема, а удобрение скошенным рогозом, кроме того, имеет местное значение, поскольку фотосинтез на этих участках проходит очень интенсивно. 14 июля мы определили состояние, на которое распространяются фосфаты от компостной кучи рогоза. Оказалось, что больше всего фосфатов было в 3 м от кромки (табл. 9).

Влияние зоны удобрений на водную толщу

Таблица 9

Наименование станций	Фосфор в мг/м^3	Кислород в мг/л	pH	Углекис- лота в мг/л
Заросли рогоза	40	5,82	6,78	24 75
Кромка скошенного рогоза	37	6,47	7,99	18,86
3 м от кромки скошенного рогоза	114	11,77	7,99	—
5 м от кромки скошенного рогоза	73,5	13,69	8,00	—
10 м от кромки скошенного рогоза	86	14,71	8,08	—
15 м от кромки скошенного рогоза	67,5	15,59	8,69	2,36

Содержание азота (в мг/м³) в рыбхозе «Ямат»

Наименование станций	Горизонт	15-16/VI				23-29/VI				14-15/VII				30-31/VII				29/VIII			
		NO ₃	NH ₃	Нальб.	N орг.	NO ₃	NH ₃	Нальб.	N орг.	NO ₃	NH ₃	Нальб.	N орг.	NO ₃	NH ₃	Нальб.	N орг.	NO ₃	NH ₃	Нальб.	N орг.
Заросли рогаза . . .	Поверх-	40	115	155	636	70	55	200	1176	52	100	—	1510	119	5660	324	1320	—	—	—	—
Кромка скошенного рогаза . . .	То же	100	60	176	1092	—	70	—	868	45	154	250	2240	60	150	304	1430	—	—	—	—
3 м от кромки скошенного рогаза . . .	•	35	111	178	636	—	—	—	—	35	—	—	2180	—	—	—	—	—	—	—	—
15 м от кромки скошенного рогаза . . .	•	—	—	—	—	51	55	250	840	35	70	250	2240	—	179	222	1260	—	—	—	—
Рейка . . .	Дно	40	85	200	756	55	100	222	2240	50	116	392	2570	105	184	372	2070	520	288	—	1336
Рейка . . .	Поверх-	—	—	—	—	111	82	200	1470	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Старый ерик . . .	Дно	465	68	204	868	35	89	154	2464	90	85	340	2440	75	417	372	2130	—	—	—	—
Куча скошенного тростника . . .	Дно	—	—	—	—	—	108	211	2184	108	70	296	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Это явление можно объяснить тем, что процесс фотосинтеза проходил интенсивнее у кромки удобрительной кучи и поэтому расход фосфора был больше, чем в 3 м от нее.

Вначале у рейки и старого ерика накапливается органический фосфор в воде. Затем содержание его снижается, а количество фосфатов продолжает увеличиваться. На удобренных участках (вторая группа станций) происходит одновременно нарастание минерального и органического фосфора.

В 1951 г. в рыбхозе «Танатарка» было также отмечено постоянное нарастание фосфатов от начала до конца наблюдений.

Соединения азота

Наряду с постановкой опытов во всех зонах рыбхоза «Ямат» мы определяли азот нитратов, нитритов, аммиака, альбуминоидный и органический (общий) (табл. 10). В течение всего периода наблюдений нитриты в рыбхозе или вовсе не были обнаружены, или были обнаружены только их следы.

Концентрации NO₃ в рыбхозе, вероятно, несколько завышены вследствие особенностей методики определения нитратов.

Колебания концентраций NO₃ противоположны ходу кривых азота органического и альбуминоидного (рис. 4).

У кромки рогаза, в зарослях рогаза и у рейки количество NO₃ за период наблюдений возрастает. Аммиачный азот содержится в воде рыбхоза в небольших количествах. К концу наблюдений, когда интенсивность фотосинтеза снизилась, кон-

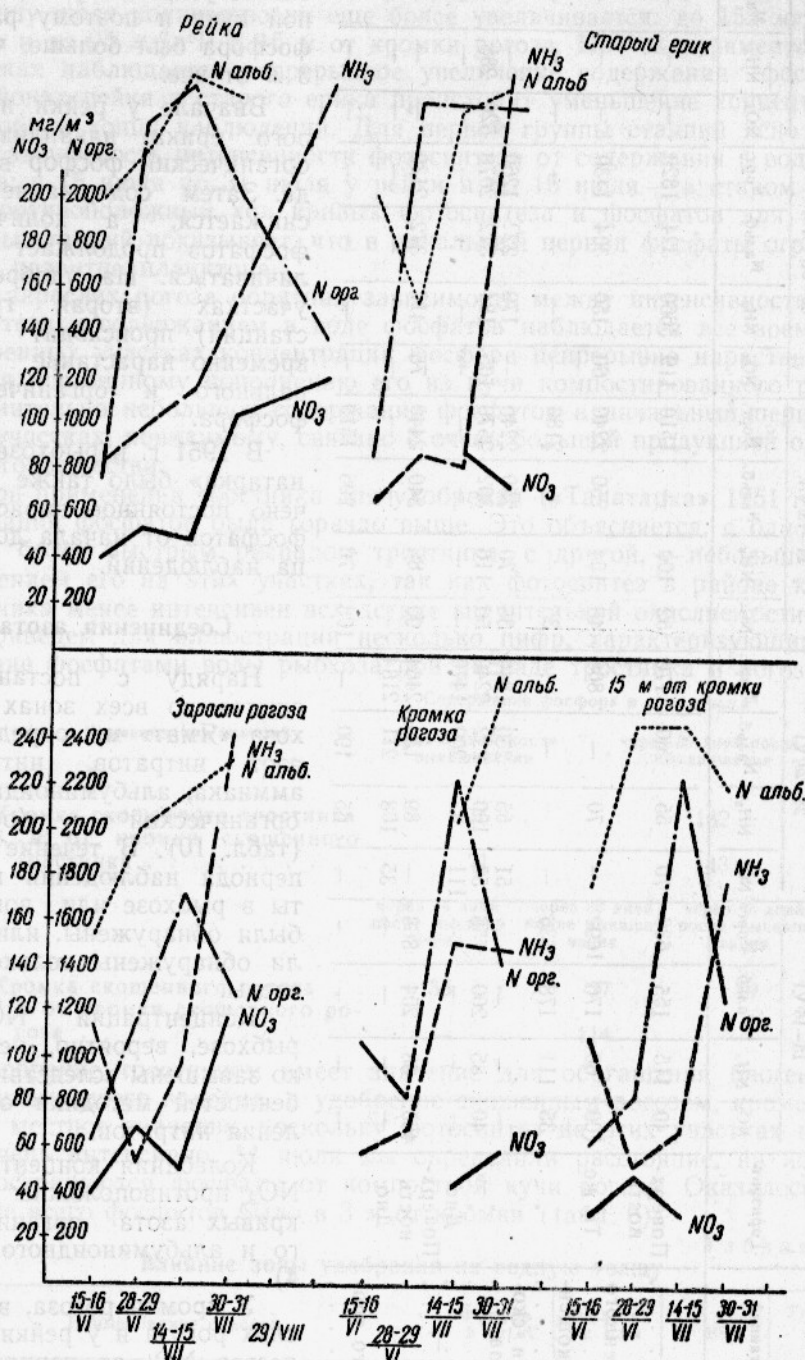


Рис. 4. Содержание азота в мг/м³ в рыбхозе «Ямат», 1952 г.

центрация NH_3 на всех станциях возросла. В зарослях рогаза содержание NH_3 достигло 5660 мг/м^3 , в старом ерике — 417 мг/м^3 . На удобренных участках увеличения количества аммиачного азота не наблюдалось. Ход изменения содержания NH_3 во времени является противоположным изменениям азота органического и альбуминоидного во всех зонах.

По сравнению с количеством альбуминоидного азота, обнаруженного в 1951 г. в рыбхозе «Танатарка», количество его в рыбхозе «Ямат» незначительно; накопление его происходит постепенно и в конце наблюдений достигает максимума — $222\text{—}372 \text{ мг/м}^3$. Альбуминоидного азота в течение всего периода наблюдений больше в районе рейки и старого ерика. Органический азот содержится в не очень больших количествах — от 636 до 2460 мг/м^3 . В начале наблюдений (15 июня) максимальное содержание органического азота у кромки скошенного рогаза было 1092 мг/м^3 . В дальнейшем количество азота в воде увеличивается на всех станциях; наибольшие количества его ($2460\text{—}2570 \text{ мг/м}^3$) содержатся в районе рейки и старого ерика. У кромки скошенного рогаза содержание органического азота к концу июня резко уменьшается (до 868 мг/м^3) и приближается к концентрации, обнаруживаемой на станции в 15 м от кромки. К середине июля азот начинает накапливаться на этих станциях, но к концу наблюдений содержание его снижается до $1430\text{—}1260 \text{ мг/м}^3$.

Железо

Как известно, железо играет большую роль в жизни животных и растительных организмов, но присутствие его в больших количествах может оказаться для них губительным. В растворенном состоянии железо бывает в виде закисных углекислых солей и в комплексе с органическими веществами.

В рыбхозе «Ямат» содержание железа в воде колебалось в пределах $0,125\text{—}0,735 \text{ мг/л}$ (табл. 11). В таком количестве железо не представляет опасности для населения водоема.

Таблица 11

Содержание железа (в мг/л) в рыбхозе «Ямат»

Наименование станций	15—16/VI				28—29/VI				14—15/VII				30—31/VII			
	желе- зо об- щее	кисло- род в мг/л	pH		желе- зо об- щее	кисло- род в мг/л	pH		желе- зо об- щее	кисло- род в мг/л	pH		желе- зо об- щее	кисло- род в мг/л	pH	
Заросли рогаза .	0,125	8,35	6,89		0,625	5,69	8,29		0,150	5,82	6,78		0,568	1,32	6,78	
Кромка скошен- ного рогаза .	0,370	9,72	8,08		0,100	10,21	7,59		0,666	6,47	7,99		0	3,38	6,80	
3 м от кромки скошенного ро- газа	0,400	9,89	8,08		—	—	—		—	—	—		—	—	—	
15 м от кромки скошенного ро- газа	—	—	—		0,543	10,55	9,55		0,500	15,59	8,69		0,735	3,53	6,79	
Рейка	0,370	5,42	7,15		0,450	20,42	10,00		0,325	18,53	9,09		0,265	2,35	6,78	
Старый ерик																
поверхность . .	0,150	7,16	7,25		0,480	18,08	9,20		0,500	18,24	8,69		0,465	5,74	6,92	
дно	—	—	—		0,633	15,17	8,80		0,595	6,62	8,50		0,200	—	—	

В середине июня концентрация железа невелика, в особенности в зарослях рогаза и старом ерике ($0,125\text{—}0,150 \text{ мг/л}$). В более значительных количествах железо обнаруживалось на удобренных участках: у

кромки кучи рогоза, в 3 м от нее, а также в районе рейки. К концу июня отмечено увеличение содержания железа во всех зонах рыбхоза, кроме района, расположенного у кромки скошенного рогоза, где, наоборот, количество железа в это время резко снижается.

Колебания содержания железа в течение всего периода наблюдений в районах первой группы станций отличны от колебаний его в районах второй группы. Так, повышение количества железа в воде на станциях первой группы шло одновременно с увеличением кислорода и pH, а в удобренной зоне и зарослях рогоза (вторая группа) отмечалась обратная зависимость. Объяснить это явление пока не представляется возможным. Общее содержание железа к концу наблюдений снижается во всех районах, кроме зарослей рогоза, где происходит резкое его увеличение (с 0,125 до 0,568 мг/л).

Окисляемость

Содержание органического вещества в рыбхозе мы определяли по методу Кубеля, что дает относительное представление об абсолютных его количествах, но для сравнительной характеристики этого вполне достаточно (табл. 12). Определения производились в натуральных и фильтрованных пробах. Разность, получаемая между этими пробами, позволяет судить о том, как велико количество взвешенных органических частиц аллохтонного и автохтонного происхождения.

Таблица 12
Окисляемость воды (в мг/л кислорода) в рыбхозе „Ямат“

Наименование станций	15—16/VI		23—29/VI		14—15/VII		30—31/VII		29/VIII	
	вода		вода		вода		вода		вода	
	филь- рован- ная	нату- раль- ная	филь- трован- ная	нату- раль- ная	филь- трован- ная	нату- раль- ная	филь- трован- ная	нату- раль- ная	филь- трован- ная	нату- раль- ная
Заросли рогоза .	6,09	6,09	6,39	14,88	9,33	9,33	11,84	12,22	—	—
Кромка скошен- ного рогоза .	5,58	12,53	14,88	14,88	8,98	14,98	19,11	19,11	—	—
3 м от кромки скошенного ро- гоза	8,38	8,38	—	—	7,45	13,72	—	—	—	—
5 м от кромки скошенного ро- гоза	—	—	—	—	6,29	11,76	—	—	—	—
10 м от кромки скошенного ро- гоза	—	—	—	—	6,29	11,37	—	—	—	—
15 м от кромки скошенного ро- гоза	—	—	15,64	16,33	4,70	14,12	9,16	11,45	—	—
Рейка поверхность .	3,67	5,67	12,60	18,33	6,74	11,99	12,22	14,52	23,55	25,05
дно			13,37	16,03						
Старый ерик поверхность .	10,67	10,67	13,74	18,70	14,12	14,12	16,05	16,80	—	—
дно			13,37	17,18						
Куча тростника .	—	—	14,62	22,50	17,63	30,40	—	—	—	—
Заросли тростни- ка	—	—	14,25	22,19	—	—	—	—	—	—

На рис. 5 показана окисляемость воды на двух станциях в рыбхозе «Ямат». В период наибольшей разности между фильтрованной и натуральной водой интенсивность фотосинтеза, а следовательно, и продукция фитопланктона являются максимальными. Окисляемость воды в рыбхозе «Ямат» намного меньше, чем в тех же зонах рыбхоза «Танатарка», где применялось тростниковое удобрение. Отсюда следует сделать вывод, что при разложении рогоза освобождается меньше органического вещества и процесс распада идет более медленно.

Зеленые удобрения

Вследствие неодинаковой интенсивности разложения тростника и рогоза степень их воздействия на окружающие участки водоема различна.

Мы сделали попытку выяснить причины различного действия рогоза и тростника на водоем. Для этого были проведены следующие опыты. Свежесрезанные снопики из тростника и рогоза взвесили и погрузили в водоем 1 июля. Всего было погружено три снопики рогоза и три снопики тростника. Через определенные промежутки времени (8, 14 и 30 июля) их вынимали, сушили, взвешивали и одновременно с натуральными пробами растительности подвергали химическому анализу.

Скорость распада тростника и рогоза учитывали по убыли воздушно-сухого и абсолютно сухого веса растительности (табл. 13 и 14).

В результате анализов можно сделать некоторые предварительные выводы.

Скорость распада тростника больше скорости распада рогоза, особенно в первоначальный период наблюдений. За 30 дней тростник разложился на 55,8%, а рогоз — на 18,3%, т. е. скорость разложения тростника в три раза больше, что может иметь немалое практическое значение. Обнаружены различия и в характере распада этих растений. В первые 8 дней тростник теряет 6,8% первоначального веса. Наибольшая скорость распада наблюдается после восьмидневного пребывания в воде; с 8 по 14 июля разлагается 31,8% вещества, а с 14 по 30 июля — 17,2%, т. е. интенсивность распада уменьшается.

Разложение рогоза происходит иначе: в первые 8 дней после начала опыта рогоз, очевидно, поглощает влагу, так как вес его увеличивается на 10%; в последующие 6 дней разлагается 12,4%, а с 14 по 30 июля 15,5% взятой навески растений. В последний период тростник и рогоз разлагаются почти с одинаковой скоростью. Химические анализы расти-

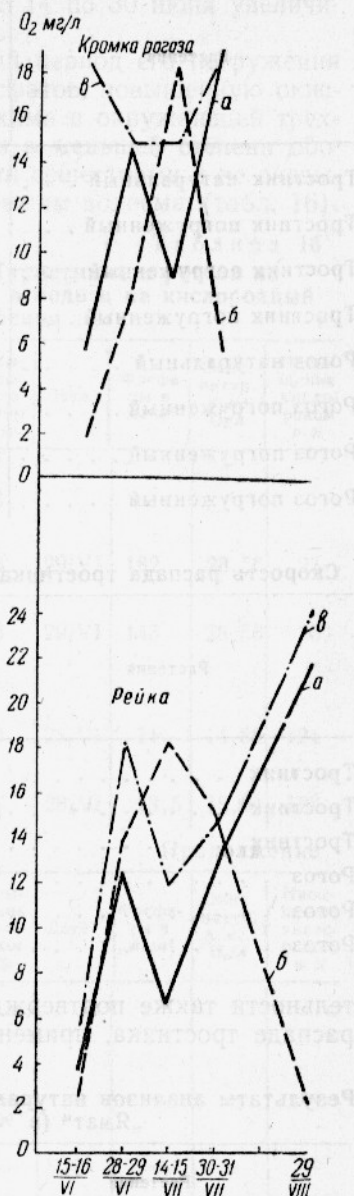


Рис. 5. Окисляемость и интенсивность фотосинтеза в рыбхозе «Ямат» в мг/л кислорода, 1952 г.:

а—фильтрованная вода; б—интенсивность фотосинтеза; в—натуральная вода.

Таблица 13

Изменение веса скошенных и погруженных в водоем тростника и рогоза

Растения	Дата	Сырой вес в г	Воздушно-сухой вес в г	Абсолютно сухой вес в г	Содержание воздушно-сухого вещества в 1000 г сырой массы		Содержание абсолютно сухого вещества в 1000 г сырой массы	
					в г	в %	в г	в %
Тростник натуральный . . .	1/VII	277,5	121,75	109,04	438,00	43,80	390,27	39,03
Тростник погруженный . . .	8/VII	300,0	122,50	110,46	408,30	40,83	368,16	36,82
Тростник погруженный . . .	14/VII	290,0	77,92	70,74	268,70	26,87	242,21	24,22
Тростник погруженный . . .	30/VII	280,0	54,19	48,77	193,50	19,35	175,19	17,52
Рогоз натуральный	1/VII	445,0	102,30	91,47	229,85	22,98	205,41	20,54
Рогоз погруженный	8/VII	415,0	104,96	93,66	253,00	25,30	225,75	22,58
Рогоз погруженный	14/VII	320,0	71,85	64,55	224,50	22,45	201,69	20,17
Рогоз погруженный	30/VII	480,0	90,11	81,19	187,70	18,77	168,95	16,89

Таблица 14

Скорость распада тростника и рогоза, скошенных и погруженных в водоем

Растения	За период с момента погружения до выемки		Промежуточные периоды между выемкой проб	
	длительность погружения	убыль в весе в %	длительность погружения	убыль в весе в %
Тростник	1-8/VII	-6,8	1-8/VII	-6,8
Тростник	1-14/VII	-38,65	8-14/VII	-31,8
Тростник	1-30/VII	-55,8	14-30/VII	-17,2
Рогоз	1-8/VII	+10,08	1-8/VII	+10,08
Рогоз	1-14/VII	-2,3	8-14/VII	-12,40
Рогоз	1-30/VII	-18,3	14-30/VII	-15,50

тельности также подтверждают сделанные выводы о более интенсивном распаде тростника, применяемого в качестве удобрения (табл. 15).

Таблица 15

Результаты анализов натуральной и погруженной растительности в рыбхозе „Ямат“ (в % от абсолютно сухого вещества)

Растения	Дата	Влага	Зола	Органические вещества	Азот общий
Тростник натуральный	1/VII	10,44	8,74	91,26	2,09
„ погруженный	8/VII	9,83	10,58	90,44	1,82
„ „	14/VII	9,86	11,14	88,86	1,70
„ „	30/VII	9,46	—	—	1,49
Рогоз натуральный	1/VII	10,59	7,67	92,33	1,66
„ погруженный	8/VII	10,77	6,63	93,37	1,62
„ „	14/VII	10,16	5,71	94,29	1,54
„ „	30/VII	9,99	5,17	94,83	1,34

Из табл. 15 видно, что в разложившемся тростнике количество общего азота с 1 по 8 июля значительно уменьшилось. В рогозе за эти дни почти никаких изменений не произошло; в дальнейшем содержание азота в нем уменьшается, и скорость распада с 14 по 30 июня увеличивается.

Интенсивное разложение тростника в первый период его погружения обуславливает очень высокие концентрации фосфатов, повышенную окисляемость и резкое ухудшение кислородного режима в окружающей трехметровой зоне. Медленно разлагающийся рогоз в меньшей степени обогащает толщу воды биогенными и органическими веществами и не оказывает отрицательного влияния на кислородный режим водоема (табл. 16).

Таблица 16

Влияние скорости распада компостированных тростника и рогоза на содержание фосфатов и органического вещества в воде и на кислородный режим в зоне влияния удобрения

Наименование рыбхозов и станций	Дата	Фосфаты в мг/м ³	Окис. натур. в мг О ₂ /л	Насыщение кислородом в %	Дата	Фосфаты в мг/м ³	Окис. натур. в мг О ₂ /л	Насыщение кислородом в %
„Танатарка“, 1951 г.								
Кромка скошенного тростника	8/VI	116	17,57	13	29/VI	182	28,56	23
3 м от кромки скошенного тростника	8/VI	71	16,69	26	29/VI	143	28,56	76
„Ямат“, 1952 г.								
Кромка скошенного рогоза	15/VI	8	18,58	110	28/VI	11	14,88	124
15 м от кромки скошенного рогоза	15/VI	—	—	—	28/VI	13,5	15,64	128

Продолжение

Наименование рыбхозов и станций	Дата	Фосфаты в мг/м ³	Окис. натур. в мг О ₂ /л	Насыщение кислородом в %	Дата	Фосфаты в мг/м ³	Окис. натур. в мг О ₂ /л	Насыщение кислородом в %
„Танатарка“, 1951 г.								
Кромка скошенного тростника	—	—	—	—	—	—	—	—
3 м от кромки скошенного тростника	—	—	—	—	—	—	—	—
„Ямат“, 1952 г.								
Кромка скошенного рогоза	14/VII	37	14,98	81	31/VII	79	19,11	42
15 м от кромки скошенного рогоза	14/VII	67,5	14,12	195	31/VII	94,5	11,45	43

Количество органического вещества в разлагающемся тростнике с течением времени уменьшается. В рогозе, как это видно из табл. 15, наоборот, происходит нарастание количества органического вещества. Можно предполагать, что увеличение содержания органического вещества при погружении в водоем срезанных частей рогоза происходит вследствие развития на нем организмов перифитона, чему способствует благопри-

ятный кислородный режим в зоне гниения этих растений. Дефицит кислорода, наблюдающийся при распаде тростника, препятствует обрастанию его гниющих стеблей и листьев.

Для окончательного выяснения вопроса распада тростника и рогоза необходимо поставить опыты в аквариальных условиях.

ВЫВОДЫ

1. В 1952 г. в нерестово-вырастном хозяйстве «Ямат» был применен новый вид зеленого удобрения — рогоз. Если в зарослях тростника баланс органического вещества почти всегда отрицательный, то в зарослях рогоза он, наоборот, положительный, что объясняется меньшим количеством продуктов распада, а следовательно, и пониженным расходом кислорода на окислительные процессы.

2. При применении рогоза и тростника в качестве удобрения обнаруживаются различия в характере распада этих растений и влиянии их на окружающую зону.

3. У кромки собранного в кучи скошенного рогоза интенсивность фотосинтеза значительно повышается, тогда как у кромки компостированного тростника и в 3 м от нее разложение органического вещества преобладает над его синтезом.

4. В зарослях рогоза при фотосинтезе возникает недостаток в фосфатах, на участках, удобренных рогозом, наблюдается непрерывное нарастание концентраций фосфатов и соединений азота благодаря постоянному пополнению из кучи компостированной растительности. Поэтому интенсивность фотосинтеза нарастает одновременно с увеличением содержания в воде соединений фосфора и азота.

5. При применении тростника в качестве удобрения в окружающей трехметровой зоне создаются концентрации соединений азота и фосфора более высокие, чем при компостировании рогоза. Это явление объясняется, с одной стороны, более быстрым и более полным распадом тростника и, с другой, небольшим потреблением фосфатов и азота на этих участках, так как фотосинтез в районе кромки тростника угнетается высокой концентрацией органического вещества в воде.

6. Окисляемость воды при удобрении тростниковыми кучами почти в два раза выше, чем при удобрении рогозом, так как при гниении тростника в воду переходит больше органического вещества.

7. Бурное разложение тростника в первый период компостирования приводит к значительному увеличению окисляемости воды и резкому ухудшению кислородного режима в окружающей трехметровой зоне. Дефицит кислорода возникает через 8 дней после компостирования. У кромки дефицит длится не менее 21 дня. На расстоянии 3 м от кромки через 21 день кислородный режим улучшается, и насыщение кислородом достигает 76% (6,65 мг/л).

8. Скорость распада тростника в три раза больше скорости распада рогоза, и характер распада несколько иной. Первые 8 дней тростник разлагается на 6,8%, а в рогозе почти никаких изменений не происходит. В последующие 6 дней тростник разлагается быстрее, а в остальные 16 дней и рогоз и тростник разлагаются почти с одинаковой скоростью.

9. Большое влияние на кислородный режим водоема оказывает грунт, так как на окислительные процессы в нем расходуется большое количество кислорода. Потребление кислорода дном различно в разных районах и зависит от характера грунта. Расход кислорода на окислительные процессы дна на удобренных участках гораздо выше, чем на неудобренных.

10. При неправильном способе внесения зеленого удобрения дефицит кислорода может привести к серьезным и трудно устранимым заморным явлениям на большой площади водоема. Поэтому растительность после

выкашивания необходимо собирать в компостные кучи, оставлять ее свободно плавать в водоеме нельзя, особенно при выкашивании тростника. Компостные кучи можно располагать на расстоянии 50 м и более одна от другой.

11. Так как вблизи куч компостированного тростника фотосинтез планктона угнетен из-за наличия в воде большого количества органического вещества вследствие непрерывного поступления из кучи продуктов распада, то удобрение тростником главным образом имеет значение для обогащения биогенными элементами других участков водоема. Удобрение скошенным рогозом, кроме того, имеет и местное значение, поскольку органическое вещество планктона на участках, удобренных этим растением, продуцируется очень интенсивно.

12. Исходя из особенностей тростника и рогоза как удобрений, надо учесть, что если желательно постепенно в течение длительного периода обогащать водоем питательными солями, то следует применять рогоз, если же необходимо в короткий срок обогатить водную толщу, то лучше применять тростник. Можно применять оба растения вместе. При этом надо исходить из следующих показателей: если принять, что урожайность с 1 га воздушно-сухой массы тростника равна 40 т, а рогоза — 25 т, то при разложении первого растения, скошенного с 1 га, освобождается 240 кг азота (0,60%), а при разложении второго, скошенного с 1 га, — 80 кг азота (0,32%).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Винберг Г. Г., Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. Сообщение I, «Труды Лимнологической станции в Косино», вып. 18, 1934.
2. Винберг Г. Г. и Иванова, Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. Сообщение II, «Труды Лимнологической станции в Косино», вып. 20, 1935.
3. Винберг Г. Г. и Яровицина Л. И., Суточные колебания растительного кислорода как метод изменения величины первичной продукции водоема, «Труды Лимнологической станции в Косино», вып. 22, 1939.
4. Винберг Г. Г., Биотический баланс Черного озера, «Бюллетень Московского общества испытателей природы», т. LIII, вып. 3, 1948.
5. Винецкая Н. И., Изучение баланса органического вещества в нерестово-вырастном хозяйстве «Азово-Долгий», «Труды ВНИРО», т. XXIV, Пищепромиздат, 1953.
6. Винецкая Н. И., Продукция и распад органического вещества в нерестово-вырастных хозяйствах «Горелый» и «Танатарка», «Труды ВНИРО», т. XXIV, Пищепромиздат, 1953.
7. Гусева К. А., Цветение Учинского водохранилища, «Труды Зоологического института АН СССР», т. VII, 1941.
8. Гусева К. А., Принцип периодичности в развитии фитопланктона Учинского водохранилища, «Бюллетень Московского общества испытателей природы», т. CCXI, вып. 6, 1947.
9. Демьянов Н. Я. и Прянишников Н. Д., Общие принципы анализа растительных веществ, Госхимиздат, 1934.
10. Карзинкин Г. С. и Кожин Н. И., Пути повышения рыбопродуктивности нерестово-вырастных хозяйств дельты р. Волги, «Труды ВНИРО», т. XXIV, Пищепромиздат, 1953.
11. Кузнецов С. И., Сравнительное изучение азотного, фосфорного и кислородного режима Глубокого и Белого озер, «Труды Лимнологической станции в Косино», вып. 17, 1934.
12. Кузнецов С. И., Биологический метод оценки богатства водоема биогенными элементами, «Микробиология», т. XIV, вып. 6, 1945.
13. Скопинцев Б. А., Органическое вещество в природных водах (водный гумус), «Труды ГОИН», вып. 17, 1950.
14. Стандартные методы химических и бактериологических исследований воды (под редакцией Этингера), 1941.
15. Францев А. В. и Лебедева С. К., Химизм воды Учинского водохранилища, «Труды Зоологического института АН СССР», т. VII, 1941.
16. Щербаков А. Г., Основные черты гидрохимического режима Иваньковского водохранилища, «Труды Зоологического института АН СССР», т. VII, 1941.