

## ВОДНЫЙ РЕЖИМ НЕРЕСТОВО-ВЫРОСТНЫХ ХОЗЯЙСТВ В ДЕЛЬТЕ р. ВОЛГИ

Инж. Б. С. Русецкий

### Введение

Целью настоящей работы является качественная и количественная характеристика водного режима нерестового-выростных хозяйств (в дальнейшем именующихся «рыбхозы») в дельте р. Волги. До настоящего времени изучение водного режима рыбхозов и, в частности, разграничение водного баланса по элементам не проводилось. Специальной литературы по этому вопросу также не имеется.

Основными элементами расходной части водного баланса рыбхозов являются потери на пропитку грунтов при наполнении водоемов и «суммарные потери» после наполнения. Работа дает в первом приближении величины отдельных элементов водного баланса рыбхозов в дельте р. Волги и позволяет:

а) более правильно ориентироваться при выборе точек строительства рыбхозов;

б) более правильно обосновать водохозяйственные расчеты при проектировании;

в) рационально направить процесс выращивания молоди рыб, при учете изменений водного режима водоемов, аналогичных по своему морфологическому и геологическому строению и объектам наблюдений.

Качественная и количественная характеристика водного режима рыбхозов дается по водоемам А и Б, различным по морфометрическим признакам и растительному покрову, но близким по геологическому строению.

Водоем А располагается по одному из протоков р. Волги и получает из него питание по каналу протяжением в 1,1 км (рис. 1). Водоем расположен у ериков и питается непосредственно от одного из них (рис. 2).

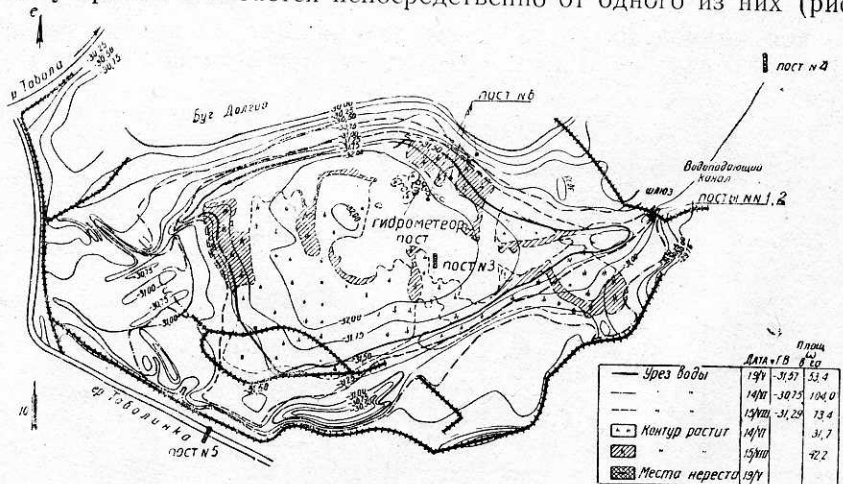


Рис. 1. План водоема А.

Оба водоема до начала заливания использовались под сельское хозяйство в течение нескольких лет.

Топографическое и морфометрическое описание составлено на основании планового материала с горизонталями через 0,25 м, полученного в результате съемки, проведенной Севкаспрымелиостроем.

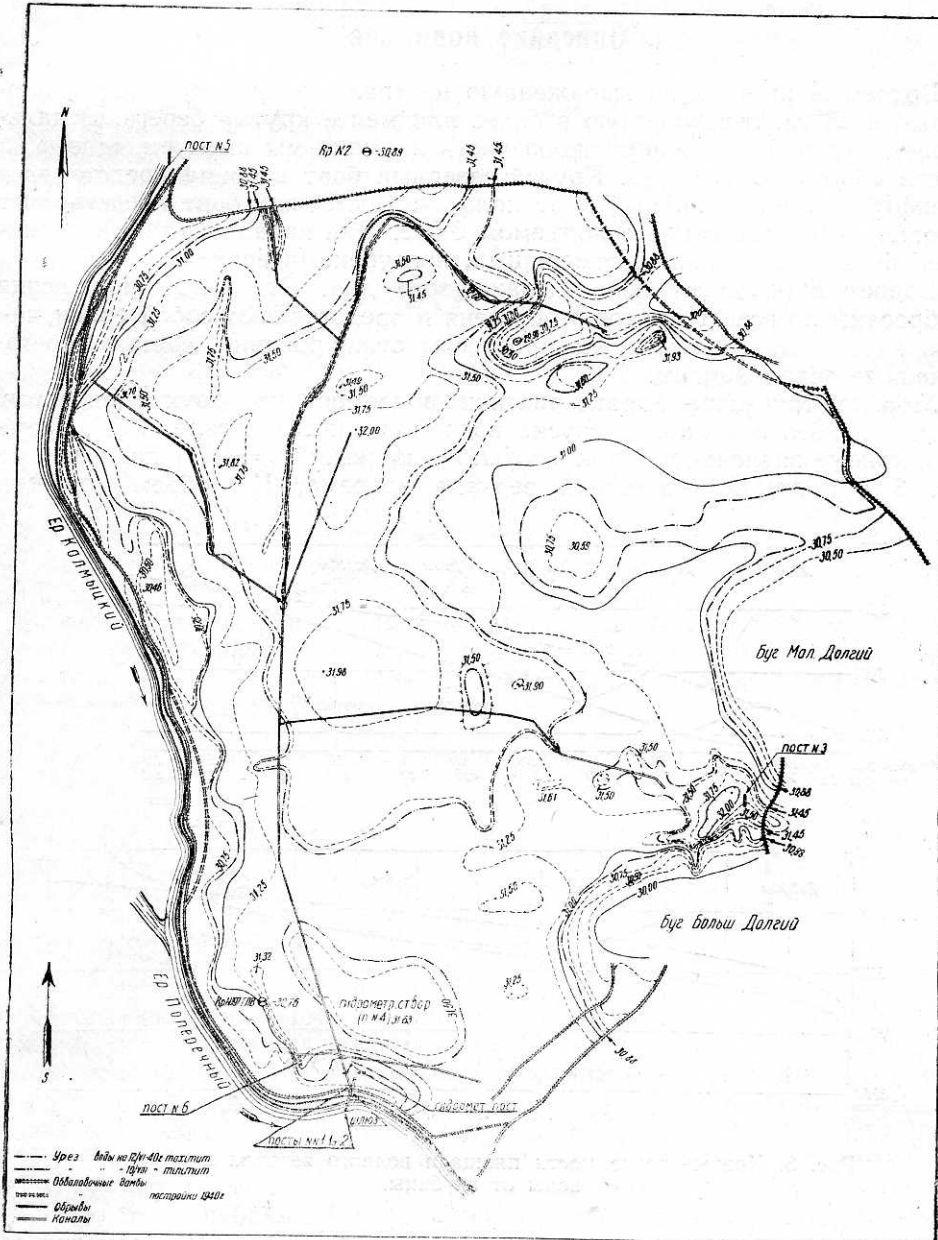


Рис. 2. План водоема Б.

Водоем А имеет самую низкую<sup>1</sup> отметку 32,15; водоем Б 32,48. Заливание обоих водоемов начинается при отметках горизонтов воды у Аст-

<sup>1</sup> Отметки отрицательные по нулю Волго-описной партия (2). Для получения современных абсолютных отметок необходимо введение поправки +7,21. При написании отметок в дальнейшем знак минус опущен.

рахани ниже — 31,26; по современной классификации такие водоемы относятся к ильменям.

Оба водоема образуются путем самотечного заливания обвалованных площадей и используются для нереста и последующего выращивания молоди полупроходных рыб [7, 8, 12].

### Описание водоемов

Водоем А имеет ясно выраженную центральную плоскую часть, площадь в 26 га, переходящую в более или менее крутые берега. В дальнейшем эту плоскую пониженную часть ильменя мы именуем «дном», а берега «бортами» водоема. Крутой северный борт водоема представляет шлейф бугра Бэра; южный борт пологий. Восточный борт представляет однообразное повышение с подъемом 0,002. Для западного борта характерен рельеф, изрезанный отмершими, неглубокими ериками.

Водоем Б не имеет ясно выраженного дна. Отдельные понижения разбросаны по всей территории ильменя и представляют собой ерики, частью замкнутые естественным процессом отшнурования, частью перегороденные обвалованием.

Морфометрические характеристики водоемов для двух горизонтов, максимального и к началу спуска водоемов даны в табл. 1 [3], кроме того, кривые зависимости  $\omega$  и  $V=f(H)$  и кривые  $W_h=f(H)$  показаны на рис. 3 [4]; где:  $W_h$  — площадь зеркала водоема,  $V$  — объем водоема,

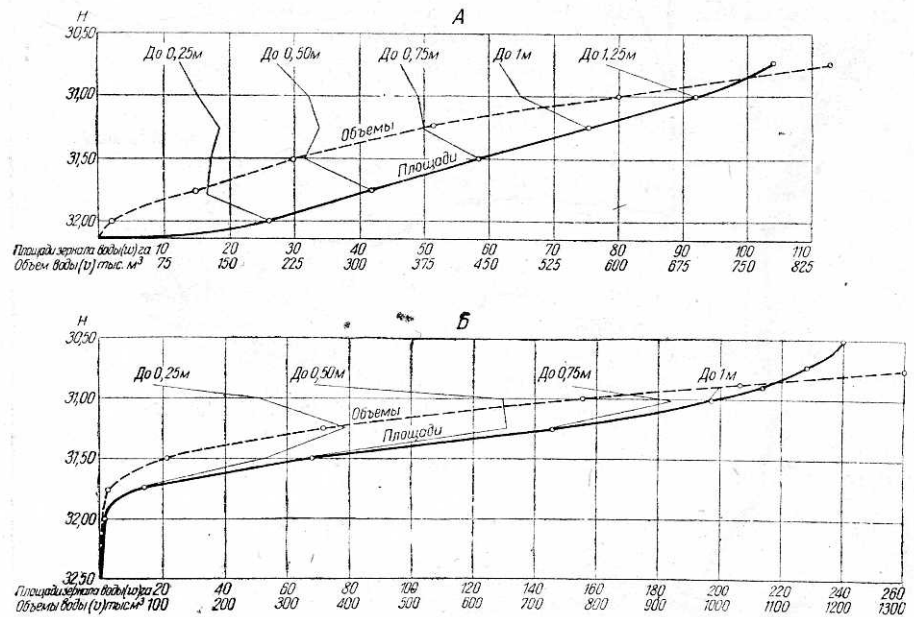


Рис. 3. Кривые зависимости площади водного зеркала и объема воды от глубины.

$W_h$  — площади водоема с определенными глубинами и  $H$  — отметка горизонта (или глубина) воды.

Приведенные материалы указывают на незначительность размеров и глубин водоемов, продолговатость формы, сравнительную неразвитость береговой линии. Максимальная глубина водоема А значительно меньше, чем у Б. Распространение больших глубин по водоему, характерное для водоема А, не имеет места во втором водоеме, что видно из сравнения отношений средней и максимальной глубины, соответственно равных 0,58 и 0,20.

Таблица 1

Характеристика	В о д о е м ы			
	А (1939 г.)		Б (1940 г.)	
	с отметками горизонтов			
	30,75	31,29	30,88	31,45
Общая длина береговой линии (в км) . . . . .	6,28	4,0	9,3	8,72
Наибольшая глубина (в м) . . . . .	1,40	0,86	2,40	1,03
Средняя глубина (в м) . . . . .	0,81	0,49	0,48	0,19
Развитие береговой линии . . . . .	1,74	1,31	1,79	2,7
Площадь водного зеркала (в га) . . . . .	104	73,4	214,6	81,9
Объем водоема (в тыс. м <sup>3</sup> ) . . . . .	842	361,5	1035	158

### Гидрогеологическая характеристика

Материалом для составления гидрогеологических характеристик ильменей послужили данные, полученные в результате обследования (шурфования), проведенного в 1939 г. на водоеме А Е. Ф. Белевич и О. Н. Вишняковой и в 1940 г. на водоеме Б И. У. Ереминым, в обоих случаях с участием автора. Кроме того, использованы материалы Главрыбвода в части коэффициентов фильтрации, определенных способом Болдырева [6, 9], и проведены наблюдения за ходом горизонтов грунтовых вод (рис. 4, 5) по наблюдательным шурфам (водоем А — шурфы 4, 9, 14, 16, 18, 20) и колодцам (водоем Б — колодцы с 1 по 9).

Литологические характеристики с литологическими профилями и картами (М : 1/5000) приводятся для водоема А по Л. В. Семенову, для водоема Б по И. У. Еремину. При характеристиках этими авторами принята следующая классификация<sup>1</sup> грунтов:

Содержание (в %) частиц размером 0,01 мм

Глина тяжелая . . . . .	60
„ легкая . . . . .	от 50 до 60
Суглинок тяжелый . . . . .	„ 40 „ 50
„ легкий . . . . .	„ 30 „ 40
Супесь тяжелая . . . . .	„ 20 „ 30
„ легкая . . . . .	„ 10 „ 20
Песок глинистый . . . . .	„ 5 „ 10
Песок . . . . .	5

Геологическое обследование ильменя и материалы по физическим свойствам грунтов позволяют выделить три основных литологических зоны водоема А, в пределах которых преобладают те или иные грунтовые разности (рис. 4).

**Зона I.** К ней относится центральная часть ильменя и район шурфов 14, 16, 18 западного склона. В центральной части развиты преимущественно грунты тяжелого механического состава — суглинки и глины. В верхних слоях наблюдается присутствие пласта тяжелой супеси. Глины и суглинки на этом участке, иловаты, в верхних горизонтах трещиноваты, обычно структурны и сильно засолены. Супеси также засолены карбонатами и сульфатами, которые цементируют породу в плотную массу (в сухом состоянии). Для описанных грунтов характерна темно-серая и коричнево-серая окраска.

Шурфами 14, 16, 18 вскрыта сплошная толща суглинков, переслаивающихся в верхних горизонтах супесями и песками.

<sup>1</sup> Механические анализы произведены комбинированным методом проф. Сабанина-Робинзона.

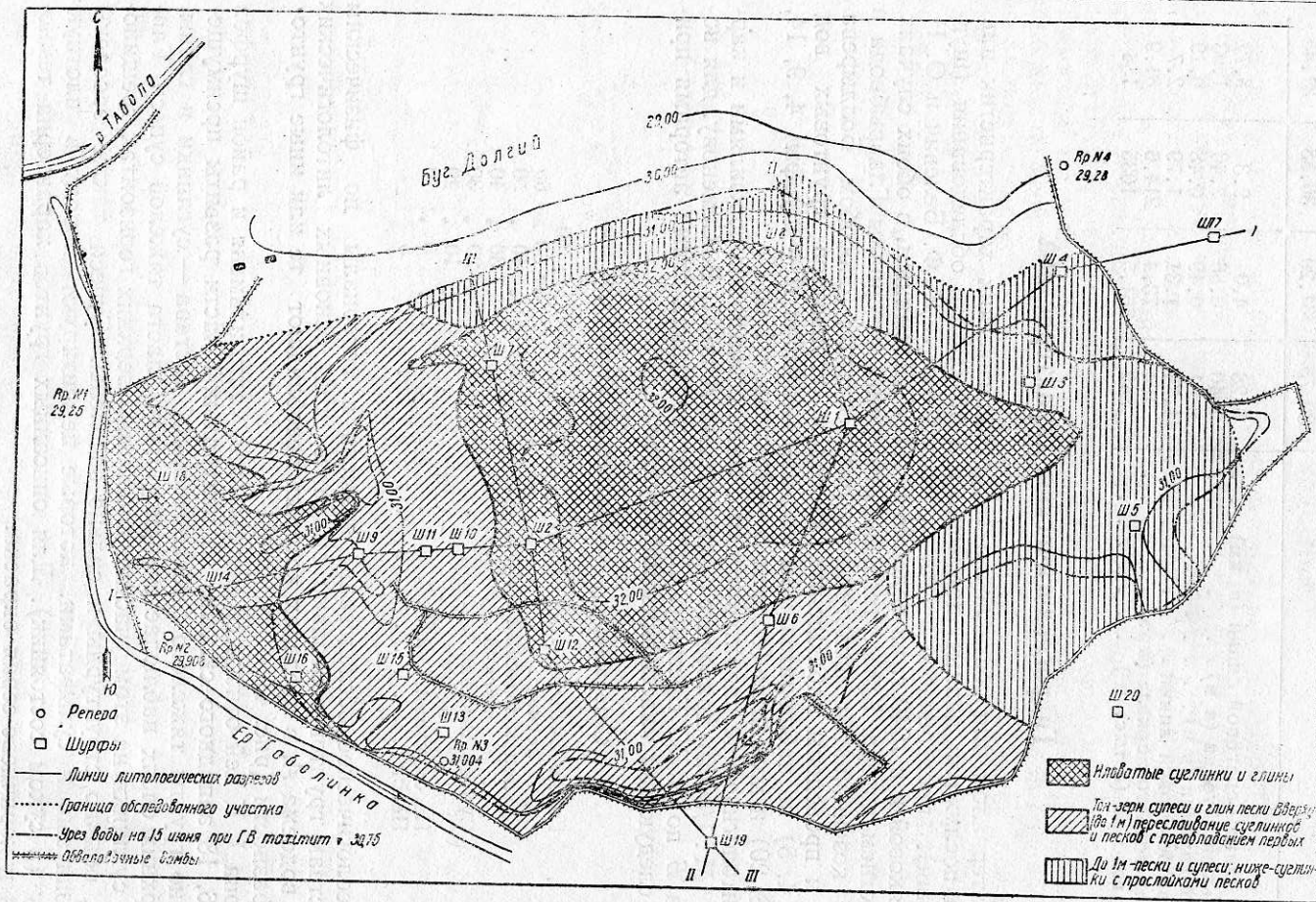


Рис. 4. Схематическая литологическая карта водоема А.

**Зона II.** К ней относятся северо-восточные склоны ильмена, расположенные на прибугровых шлейфах. Для этих склонов типично переслаивание песчаных и суглинистых пород. В верхней части разреза наблюдается преобладание глинистых песков и супесей. Ниже развиты преимущественно суглинки и легкие глины с прослойками супесей и песков.

**Зона III.** К ней относятся южный и западный склоны ильмена, примыкающие непосредственно к центральной части. Здесь, в связи с близостью прирусловых гряд, располагающихся вдоль ериков, верхние горизонты представлены пестрой серией переслаивающихся супесей, песков, суглинков и глин, причем обычно преобладают суглинки.

Нижние горизонты сложены из более однородной толщи песков и супесей, содержащих небольшие прослойки и линзы суглинков.

Ильмень *Б* также подразделяется на три зоны (рис. 4). К первой зоне отнесена центральная часть ильмена, представленная исключительно иловатыми суглинками и глинами. Лишь отдельными включениями и тонкими прослойками встречаются глинистые пески и супеси.

К этой же зоне отнесены отдельные части западной прибрежной полосы участка и межгрядного понижения на востоке, сложенные преимущественно суглинками.

В центральной части этой зоны содержание в глинах иловатых частиц доходит до 53%, глинистых до 30%. К окраинам глины опесчанены. С глубиной увеличивается содержание фракций песка и песчаной пыли, доходя до 40%.

Вторая зона, окружающая первую с запада, юга и востока, сложена супесчано-суглинистыми отложениями. В западной части ее поверхностный суглинистый горизонт первой зоны замещается тяжелой супесью. Ниже лежат те же, что и в первой зоне, серые и коричневато-серые глины. К югу глины, выклиниваясь, замещаются тяжелыми суглинками той же окраски. Глины подстилаются желтовато-серыми супесями, местами с примесью суглинков. На юге и востоке зоны типично ильменные глины и суглинки сложно переслаиваются с коричневато-желтыми, засоленными сульфатами и сильно вскипающими с соляной кислотой, делювиальными суглинками и супесями.

Третья зона, занимающая восточную часть ильмена, составлена шлейфами бугров Бэра и сложена исключительно делювиальными коричнево-желтыми супесями. Лишь в понижениях между шлейфами к супесям частично примешиваются ильменно-полойные суглинки и глины (рис. 5).

Характеристики средней мощности преобладающих грунтовых разностей по литологическим зонам каждого из ильменей и глубина залегания в метрах грунтовых вод (по стоянию последних к началу заливания водоемов 1—15 мая) даются в табл. 2.

Таблица 2

Водоемы	А			Б		
	Грунты	Грунты	Грунты	Грунты	Грунты	Грунты
зоны	Г	II	III	Г	II	III
грунтовые разности						
Глинистые . . . . .	—	—	—	1,3	0,65	—
Суглинистые . . . . .	2,0	2,2	1,0	1,6	1,10	0,3
Супесчаные . . . . .	0,4	1,0	2,0	0,4	0,95	2,9
Глубина залегания грунтовых вод от поверхности (в м) . . . . .	2,4	3,2	3,0	3,3	2,7	3,2

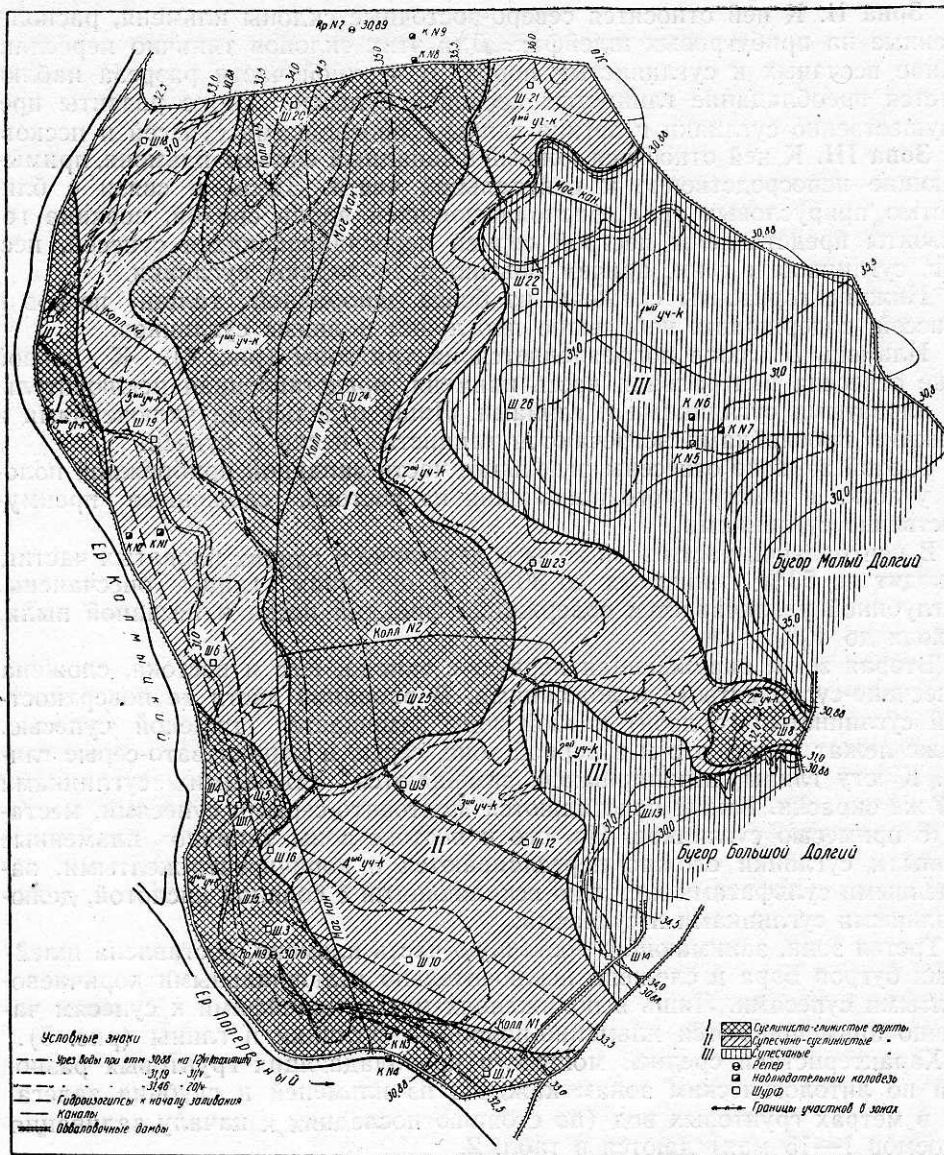


Рис. 5. Схематическая литологическая карта водоема Б.

Средние значения основных физических характеристик, составленных по данным лабораторных анализов, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Пористость $P$		Объемный вес по абс. сухому грунту $\delta$		Естественная влажность		Коэф. фильтрации $K$ „по монолитам“ в м/сутки	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Глинистые	—	0,54	—	1,25	—	0,24	0,015	0,02
Суглинистые	0,5	0,48	1,40	1,37	0,25	1,19	0,03	0,03
Супесчаные	0,41	0,42	1,58	1,47	0,07	0,12	0,07	0,05

Материалы Главрыбвода дают следующие коэффициенты фильтрации  $K$  (по Болдыреву)<sup>1</sup>.

Таблица 4

Наименование грунтов	Глубина залегания (в м)	$K$ (м/сутки)	Район взятия образца
Суглинок с пятнами легко-го суглинка . . . . .	1,85—2,5	0,7	Островная равнина, между рекой и бугром, в 150 м от последнего Прирусловая грива одного из протоков Центральная зона ильменя А Восточная окраина ильменя А
Тонко-зернистые пески . . . . .	0,5—1,85	12,0	
Супесь тяжелая . . . . .	до 1,0	1,73	
Песок глинистый . . . . .	до 1,5	2,6	

### Характеристика растительного покрова ильменей

**Ильмень А.** Во время наполнения ильменя водой травостой представлялся следующими растительными группировками: тростниковой, тростниково-злаково-разнотравной и злаково-разнотравной.

Тростниковая группировка (по М. П. Гудкову) занимает центральную часть ильменя, где она достигает большого развития по площади и густоте. Тростниково-злаково-разнотравная располагается на повышенных, но достаточно влажных участках ильменя. Периферийная северная часть на шлейфе бэровского бугра занята злаково-разнотравной группировкой. К концу эксплуатации травостой разнообразится развитием новых группировок: осоко-тростниковой, камышевой и осоко-рогозовой.

Общая площадь надводной растительности к середине августа определена в 52 га, из них 42,2 га — зарослей тростника (*Phragmites communis*).

**Ильмень Б.** Ильмень Б до заливания использовался под выпас скота и под посевы сельскохозяйственных культур. В силу этого естественный луговой покров сохранился лишь на прибугровых участках и в центральной части ильменя в виде отдельных пятен. К началу заливания ильменя площадь его была почти свободна от растительности. К концу эксплуатации травостой представлен различными разнотравными и злаково-разнотравными группировками, в которых наибольшего развития достигает в первом ярусе просняка (*Panicum crus Galli* L).

Характеристика продуктивности (воздушно-сухой массы) отдельных ассоциаций по каждому водоему на конец эксплуатационного периода дается в табл. 5.

Таблица 5

Название ассоциации	Тонн га	Название ассоциации	Тонн га
<b>Водоем А</b>		<b>Водоем Б</b>	
Тростниковая . . . . .	9,5	Злаково-разнотравная . . . . .	3,5
Тростниково-злаково-разнотравная . . . . .	5,9	Камышевая . . . . .	2,7
Осоко-тростниковая . . . . .	7,4	Крупно-разнотравная . . . . .	4,4
Разнотравно-осоковая . . . . .	6,0	Разнотравная . . . . .	2,9
Камышевая . . . . .	5,3	Проснякостреловидная . . . . .	0,3
Осоко-рогозовая . . . . .	6,5	Злаковая . . . . .	3,7

<sup>1</sup> При определении  $K$  фильтрации продолжительность наблюдений ограничивалась 6—10 часами.



## Метеорологические факторы

Метеорологические факторы, определяющие отдельные элементы водного баланса, характеризуются рис. 6, табл. 6 (по водоему А) и табл. 7. (по водоему Б).

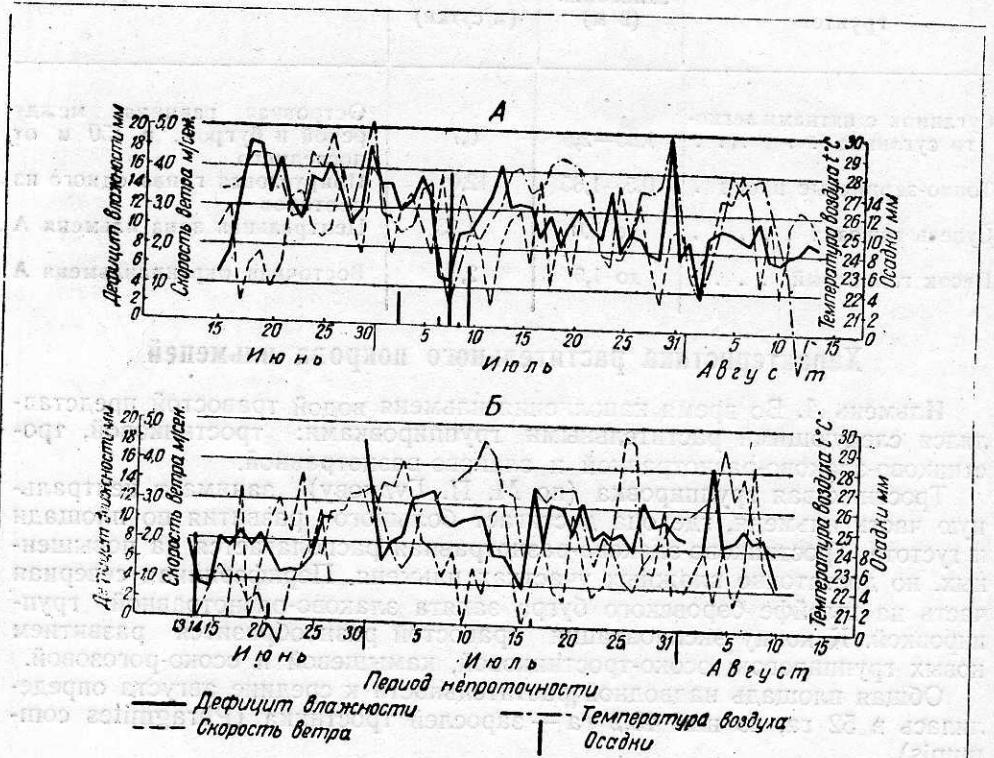


Рис. 6. Ход климатических факторов в период непродуктивности водоемов А и Б.

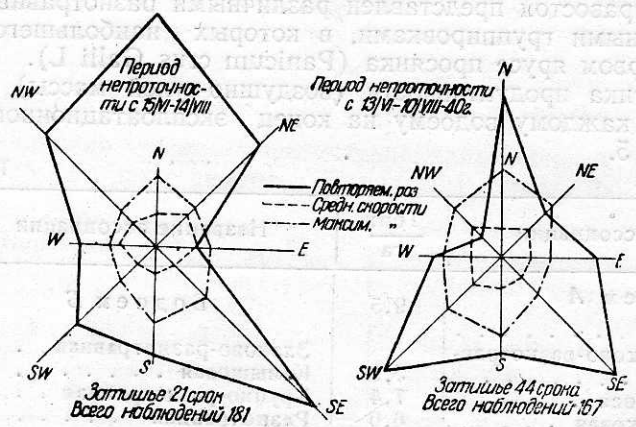


Рис. 7. Роза ветров на водоемах А и Б.

Таблица 6

Время наблюдений	Температура воздуха	Температура воды у поверхности	Барометрическое давление мм	Скорость ветра на высоте 2,5 м м/сек	Дефицит влажности воздуха мм
1	2	3	4	5	6
<b>Среднесуточные величины</b>					
1939 г.					
Июнь					
15—20	28,1	27,9	767,3	1,56	14,10
21—30	27,7	28,2	764,7	2,77	13,97
Июль					
1—10	24,1	25,5	767,3	2,80	10,82
11—20	27,2	28,2	768,0	2,20	11,77
21—31	26,2	27,2	766,9	2,22	10,38
Август					
1—10	25,9	27,2	769,7	2,38	8,72
11—14 включ.	19,9	23,4	771,0	2,91	8,55
За период 60 дней	25,9	27,1	767,6	2,50	11,00

Средние величины для отдельных сроков (часов)

7 часов	22,5	25,5	—	2,18	5,5
13 часов	28,5	27,7	—	2,91	16,3
19 часов	27,4	28,1	—	2,11	11,9

Таблица 7

Время наблюдений	Температура воздуха	Температура воды на глубине 0,5 м	Барометрическое давление мм	Скорость ветра на высоте 2,5 м	Дефицит влажности воздуха мм
1	2	3	4	5	6

Среднесуточные величины

1940 г.					
Май					
4—10	13,5	10,9	не наблюдалось	6,1	0,6
11—20	16,1	11,7		5,4	4,1
21—31	18,6	14,8		3,6	5,6
Июнь					
1—12	20,8	17,7		4,6	6,9
За период 39 суток	17,8	14,4		4,7	4,9

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6
Средние величины для отдельных сроков (часов) за время с 4 мая по 12 июня					
7 час.	16,3	13,0	—	4,0	3,2
13 "	19,7	14,8	—	5,2	6,2
19 "	18,2	14,9	—	4,7	5,0
Среднесуточные величины					
Июнь					
12—20	21,6	20,7	770,0	3,06	7,05
21—30	24,0	25,2	769,0	2,56	8,14
Июль					
1—10	25,9	27,3	765,7	2,37	10,54
11—20	27,2	28,3	768,6	1,41	8,97
21—31	25,2	26,6	768,5	2,31	9,92
Август					
1—10	27,8	27,3	768,1	1,60	9,06
За период 60 сут.	24,6	25,6	768,3	2,16	9,00
Средние величины для отдельных сроков (часов) за время 12 июня по 10 августа					
7 час.	22,6	24,6	—	1,98	4,59
13 "	28,0	26,6	—	2,85	13,56
19 "	26,0	26,7	—	1,56	8,6

### Характеристика гидросооружений

Обвалование водоемов А и Б доведено до отметок, которые обеспечивают их от затопления водой весеннего паводка при 25—50%<sup>1</sup> обеспеченности пика. Отметка гребня обвалования водоема А равна — 29,40, водоема Б — 29,55. Ширина дамб поверху колеблется от 1 до 1,5 м. Коэффициент откосов близок к 2.

Водопроводящая сеть (рис. 1 и 2), состоящая из магистрального канала и коллекторов, соединяя пониженные точки рельефа с источником питания, служит, одновременно при спуске рыбной продукции водоемов и водосбросной сетью. Развитие водопроводящей сети, выраженное частным от деления протяженности сети на площадь водоема, оказалось равным:

на водоеме А — 10,9 м на га  
на водоеме Б — 21,0 » » »

Однако, при таком развитии часть понижений оказывается не соединенной с водопроводящей сетью. В результате наблюдается, что распределение воды, а с нею и производителей рыб, при наполнении идет неравномерно, создавая отдельные места скопления производителей и неполное использование последними водных площадей (водоем Б), а при спуске воды — производители остаются в отдельных понижениях. Ширина по дну всей водопроводящей сети на значительном протяжении равна 0,5 м, на головных же участках магистральных каналов на протяжении около 200 м — 1,0—1,5 м. Откосы близки к двойным. Уклоны дна каналов обратные — от ильмена к реке.

В теле дамб обвалования оставляют одно или два отверстия, где устраиваются деревянные двухпролетные шлюзы, шириной пролета 1,15 м.

Во избежание захода сорной рыбы из реки в пролетах шлюза устанавливаются от одного до четырех рядов рам с проволочной сеткой, имеющей ячейку от 6,2 мм со стороны реки и до 1,2 мм со стороны водоема.

Наблюдавшиеся в 1940 г. на водоеме *Б* расходы воды через шлюз указывают, что наличие трех рядов сеток уменьшает пропускную способность шлюза в пять-шесть раз, против расчетной для свободного отверстия.

Ручная периодическая очистка сеток, практикуемая в рыбхозах, достигает цели на короткий промежуток времени (20—30 мин.) после чего сетки вновь засоряются.

Постановка таких неподвижных сеток и отсутствие рационального метода их очистки влекут за собой неполное использование паводка. Уменьшение количества сеток и увеличение ячеек могут в значительной мере устранить это отрицательное явление.

В процессе эксплуатации водоема *А*, когда напор у шлюза со стороны водоема достиг 1,2 м, из-под пола шлюза появилась сильная течь, отразившаяся на балансе водоема.

## I. Методика

В водном режиме нерестово-выростных хозяйств нами различаются три периода.

1. Период наполнения (до закрытия шлюза).
2. Период «замкнутого» водоема<sup>1</sup> (от закрытия шлюза до начала спуска продукции, вместе с водой).
3. Период спуска.

Учет основных элементов водного баланса проводился по первым двум периодам в отдельности. Третий период в настоящей статье не рассматривается.

Продолжительность каждого периода определяется следующими данными.

По водоему *А*: начало наполнения — 29/IV; конец — 14/VI; начало спуска 15/VIII-39 г.

По водоему *Б*: соответственно — 4/V; 12/VI; 10/VIII-40 г.

При изучении водного режима проведены наблюдения за горизонтами воды: а) в протоках и реках, смежных с водоемами на водомерных постах № 4 и 5 по водоему *А* и № 4 по водоему *Б*; б) в каналах, питающих водоемы в период наполнения, на водомерных постах № 1 по водоему *А* и № 4 по водоему *Б*; в) в водоемах на водомерных постах № 6 по водоему *А*, № 6 по водоему *Б*. Посты № 6 свайные, остальные речные. Горизонты воды над сваями замерялись стеклянной бюреткой с делениями в 1 мм.

Нули всех постов определены двойной нивелировкой. Наблюдения по речным постам, исключая пост № 4, производились раз в сутки—13 час., по свайным — три раза — в 7, 13 и 19 часов местного времени. Расположение водпостов показано на рис. 1 и 2.

Материалы наблюдений использованы для характеристики хода горизонтов, а последние, совместно с кривыми зависимости  $\omega$  и  $V=f(H)$  — для характеристики изменений площадей зеркала воды и объемов по времени (рис. 8 и 9). Эти же материалы послужили основанием для всех расчетов, связанных с горизонтами, площадями и объемами водоемов.

Помимо этого были проведены наблюдения за горизонтами грунтовых вод в открытых шурфах и колодцах.

Из элементов водного баланса учитывались: 1) поверхностный приток (через шлюз), 2) осадки, 3) поверхностный сток (с водосбора).

<sup>1</sup> Во второй период водоем нами назван «замкнутым», что соответствовало бы по классификации озер проф. Близняк Е. В. (1) «бесприточно-бессточному» озеру.

4) грунтовый приток, 5) испарение с водной поверхности и с поверхности почвы, 6) потери в сооружениях на инфильтрацию и фильтрацию, 7) потери воды на пропитку ложа, 8) отдача воды в грунт после насыщения его. Учет всех элементов произведен в мм слоя воды и в кубических метрах.

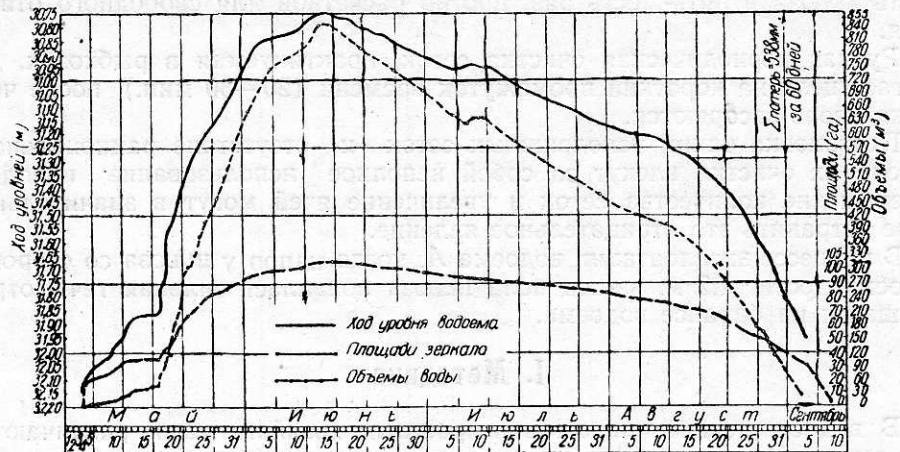


Рис. 8. Кривые хода горизонтов, площади водного зеркала и объемов за время эксплуатации водоема А.

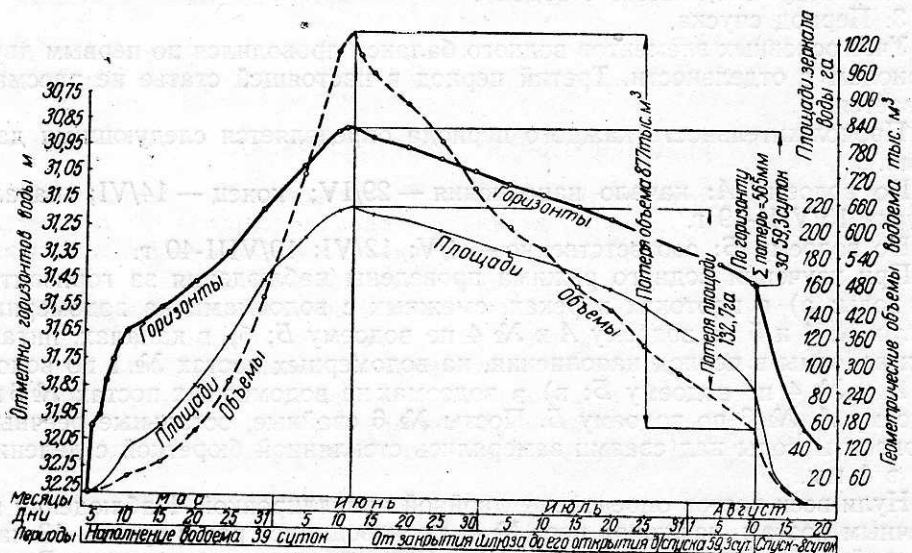


Рис. 9. Кривые хода горизонтов, площади водного зеркала и объемов за время эксплуатации водоема Б.

Пересчеты слоя в объем или обратно производились по площади зеркала воды, определяемой как среднеарифметическое из площадей в начале и в конце декады. Ниже изложены методы учета отдельных элементов водного баланса.

### Поверхностный приток

Для учета поверхностного притока ( $S$ ) через шлюз, при наполнении водоема Б в 1940 г., произведено 9 замеров расхода воды, на постоянном створе поста № 4 трехточечным методом [17]. В начале наполнения, при

малых глубинах, скорости определялись батометром Глушкова, с увеличением глубины — вертушкой Г. Г. И. № 5 (оба прибора тарированы в ноябре 1939 г.). Наблюдения за горизонтами в первые 8 дней напол-

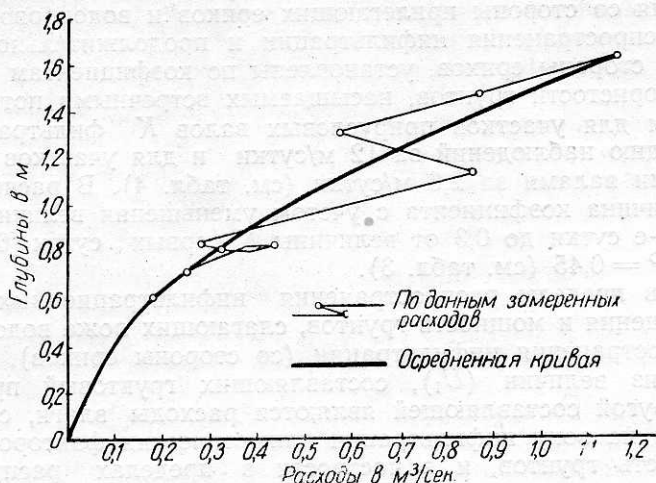


Рис. 10. Кривая расхода воды по каналу водоема Б при наполнении.

нения велось через 2 часа круглосуточно, в последующие дни — один раз в сутки. По данным замеренных расходов и наблюдаемых горизонтов построена кривая расхода (рис. 10) и по ней определен приток.

### Осадки

Учет осадков ( $O$ ) производился дождемером над водоемом А в 1939 г. и на берегу водоема Б в 1940 г.

При учете объема осадков, выпавших над водоемами, ежесуточные показания дождемера умножали на величину площади зеркала воды; при учете объема осадков, выпавших над незалитыми участками, ежесуточные показания дождемера умножали на площадь этих участков. Кратковременные или отдельно выпавшие дожди не учитывали.

### Поверхностный сток

Отдельно выпадающие незначительные по интенсивности и продолжительности дожди, при большой сухости почв дельты р. Волги стока не дают. Поверхностный сток ( $Q$ ) не имел места за весь период эксплуатации водоема Б. Учет поверхностного стока оказался необходимым для водоема А, за время дождей с 3 по 10 июля. Количественная оценка произведена по эмпирической формуле общего вида:

$$q_{max} = 16,67 i F \eta \beta \text{ м}^3/\text{сек.}, \quad (1)$$

в которую введены наблюдавшиеся величины интенсивности отдельных дождей —  $i$ , величина площади водосбора  $F=0,5 \text{ км}^2$ ; коэффициент ливневого стока —  $\eta=0,1$ , при среднем уклоне водосбора 0,02; коэффициент, характеризующий неравномерность распределения ливня по площади —  $\beta=0,68$  (по Долгову) при  $F=0,5 \text{ км}^2$ . Коэффициент 16,67 — коэффициент размерности.

Полученную по формуле величину максимального расхода делили на 2 с тем, чтобы, (ориентировочно) получить средний расход, и умножали, для получения объемного выражения стока, на продолжительность отдельных дождей.

## Грунтовый приток

За период наполнения водоема *Б* на грунтовые воды воздействовала инфильтрация со стороны прилегающих ериков и водопрводящей сети. Границы распространения инфильтрации и продолжительность ее воздействия, со стороны ериков, установлены по коэффициентам фильтрации и средней пористости грунтов, насыщаемых встречными потоками.

При этом для участков прирусловых валов *К* фильтрации принят по первому дню наблюдений за 12 м/сутки и для участков смежных с прирусловыми валами за 2,6 м/сутки (см. табл. 4). В расчеты введена средняя величина коэффициента с учетом уменьшения величины инфильтрации на 7-е сутки до 0,3 от величины *К* первых суток [6] и средняя пористость  $P = 0,45$  (см. табл. 3).

Установив пределы распространения инфильтрационных вод, недостаток насыщения и мощность грунтов, слагающих ложе водоема, в пределах распространения инфильтрации (со стороны ериков), мы определили одну из величин ( $U_1$ ), составляющих грунтовый приток ( $U = U_1 + U_2$ ). Другой составляющей являются расходы влаги, связанные с воздействием на зону инфильтрации климатических факторов.

Поверхность грунтов, и в частности в пределах распространения инфильтрации извне, подвержена воздействию испарения, транспирации растительного покрова и осадков. Первые два фактора в сумме превосходят последний и тем поддерживают недостаток насыщения грунтов в поверхностных слоях. Инфильтрационные воды возмещают этот недостаток, определяя вторую составляющую величину грунтового притока ( $U_2$ ). Метод количественного учета расхода на испарение с поверхности почвы излагается в следующем разделе. Осадки учтены методом, изложенным в разделе 2, транспирация же, для периода наполнения не учитывалась [5], ввиду ее незначительности.

## Испарение с поверхности воды и почвы

Для получения величины испарения нами были поставлены наблюдения за:

- а) дефицитом влажности по психрометру Августа (в психрометрической будке стандартных размеров и образца);
- б) скоростью ветра, по ручному анемометру Фусса, на высоте 2—2,5 м от поверхности воды;
- в) барометрическим давлением, по анероиду.

Наблюдения велись три раза в сутки: 7, 13 и 19 час. местного времени. Расположение метеорологических постов показано на рис. 1 и 2.

Материалы метеорологических наблюдений были обработаны для получения компонентов, входящих в формулу Мейера-Тихомирова:  $E = d(0,5 + 0,1 W)^1$ , по которой определялось испарение с водной поверхности ( $E_1$ ).

С этой целью по данным психрометра Августа и психрометрическим таблицам (14) определялся дефицит влажности для каждого срока наблюдений. Поправки за счет атмосферного давления в величину дефицита влажности не вводились, ввиду их незначительности (в пределах от 0,9 до 0,2 мм). По дефициту влажности отдельных наблюдений вычислена среднесуточная величина дефицита влажности. Скорость ветра за сутки определялась как среднее арифметическое срочных наблюдений, причем вычисленная величина приведена к высоте  $h = 9$  м

<sup>1</sup> Где:  $E$  — испарение с водной поверхности в мм за сутки,  $d$  — дефицит влажности в мм за сутки;  $W$  — скорость ветра на высоте флюгера в м/сек. за сутки; 0,5 и 0,1 — коэффициенты.

(флюгера) по зависимости<sup>1</sup>  $W_h = W_1 h^a$ , предложенной Оболенским (1). Наконец, в формуле Мейера-Тихомирова введен редуцированный коэффициент, зависящий от дефицита влажности. Величина его получена по кривой  $R=f(d)$ . Кроме того, подсчет испарения по месяцам произведен по формуле Полякова  $tE = (18,6 + 3,73W) d^{0,654}$  (1). Разница в величинах испарения, подсчитанных по этим формулам, для периода наполнения водоема *Б* составляет около 2%.

Для получения объемного испарения за декаду, декадная сумма суточного слоя, вычисленного по формуле, умножалась на среднюю величину площадей зеркала водоема, получаемых по кривым, изображенным на рис. 8 и 9 для начала и конца декады.

Учет испарения с почвы ( $E_{II}$ ) незалитых участков производился по формуле Познышева  $E_s \frac{M^2}{10000} (1,1d + 0,023d^2)$  мм/сутки (14),

где:  $E$  — суточная интенсивность испарения с поверхности почвы, в мм,  $M$  — влажность почвы в % (весовая),  $d$  — дефицит влажности воздуха, в мм.

Дефицит влажности воздуха  $d$  взят по среднедекадным данным. Влажность почвы  $M$  определена для начала наполнения водоемов. В расчетах принята средневзвешенная (по площадям распространения) влажность поверхностных грунтов, определенная в среднем, для указанного времени, равной 20%. За все время наполнения, незалитые и неподверженные воздействию инфильтрационных вод участки могли лишь незначительно изменить влажность поверхностных грунтов и поэтому мы сочли возможным с некоторым приближением указанную выше среднюю величину влажности грунтов незалитых участков считать за это время постоянной.

На участках, расположенных в пределах воздействия инфильтрационных вод, влажность поверхностных грунтов для начала заполнения водоема равнялась в среднем 20%, а к концу второй декады мая — 100%, так как с 17 мая в незначительных понижениях уже наблюдался выход грунтовых вод на поверхность.

Для увлажнения участков, во второй декаде мая в расчеты введена  $M=85\%$ , а для последующего времени, до конца заливания,  $M=100\%$ . Площади увлажненных и неувлажненных участков для начала и конца декады определялись планиметрированием и в расчет вводилась средняя за декаду.

### Фильтрация в сооружениях

Учет потерь в дамбах на фильтрации ( $C$ ) для водоема *Б* ведется по методу акад. Павловского [13]. В дамбах различают потери: под основание дамб ( $C_{III}$ ), через тело дамб ( $C_{IV}$ ). Первые учитывают по формуле.

$$q_{ед} = q_r \cdot K \cdot H; \text{ вторые } q_{ед} = \frac{1}{1,10^9} \alpha_0 \frac{K}{m_1}^*,$$

(В нашем случае нижний бьеф у дамб не затопляется).

<sup>1</sup> Где:  $W_h$  — скорость ветра в м/сек, на высоте  $h$  (в м),  $W_1$  — скорость ветра в м/сек на высоте 1 м,  $\alpha$  — коэффициент, колеблющийся от 0,2 до 0,4 в зависимости от степени шероховатости почвы. Мы приняли  $\alpha=0,4$ .

\* Где  $q_{eq}$  — единичный расход в м<sup>3</sup>/сутки;  $q_r$  — «приведенный» расход, определяемый по графику [13],  $K$  — коэффициент фильтрации в м/сутки,  $H$  — напор на дамбах в м,  $\alpha_0$  — возвышение выходной точки кривой депрессии над дном нижнего бьефа, в м;  $m_1$  — коэффициент низового откоса;  $\frac{1}{1,10^9}$  — коэффициент размерности.



При учете потерь под основание дамб для периода наполнения коэффициент фильтрации  $K$ , равный 12 м/сутки, распространен на северо-восточный, восточный и южный участки дамб;  $K$ , равный 2,6 м/сутки, распространен на северный участок. Эти коэффициенты уменьшены на 70% для седьмого дня затопления [6] и уменьшенная величина коэффициентов принята для периода времени до 12 суток.

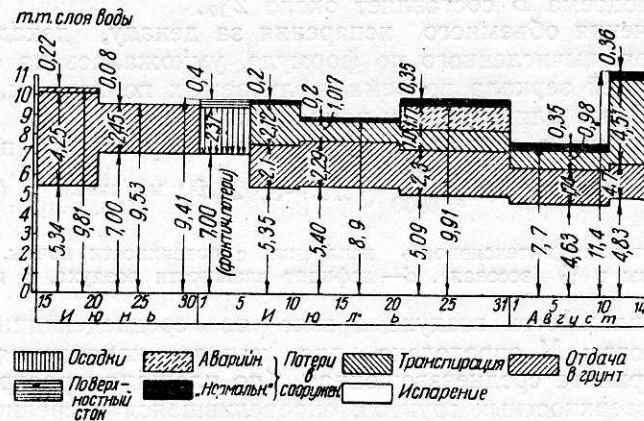


Рис. 11. Подекадный ход среднесуточных величин основных элементов потерь в водоеме А.

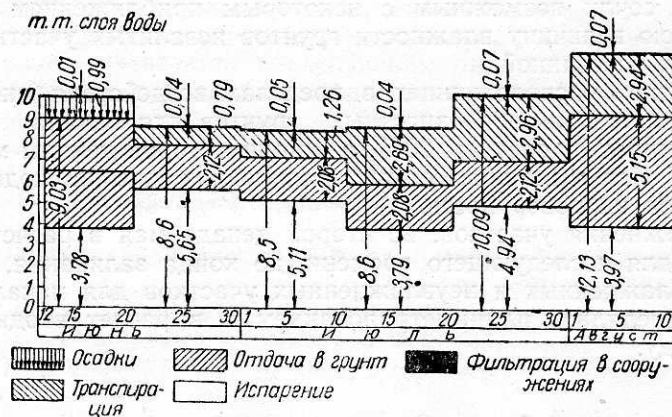


Рис. 12. Подекадный ход среднесуточных величин основных элементов потерь в водоеме Б.

$q_r$  — определялось по глубине проницаемого основания, приравниваемого глубине залегания грунтовых вод от поверхности к началу затопления.

При учете потерь через тело дамб учтены объемы, потребные на пропитку грунтов, слагающих дамбы, и затем расходы по  $K$  фильтрации, определенным на монолитах.

В связи с изменением напора, определявшегося для сечений в точках излома продольного профиля дамб,  $\alpha_0$  и единичные расходы вычислены на 21/V, 31/V и 12/VI.

Потери подсчитаны по средним значениям единичных расходов начала и конца декады и просуммированы. Потери на фильтрацию в дамбах за период «замкнутого» водоема, ввиду незначительности их, не учитывались.

Расходы на фильтрацию в шлюзе замерены на водоеме А при напоре на шандорах шлюза  $H=1$  м, на водоеме Б при  $H=0,69$  м.

Шандоры течи не давали. Замер расходов воды велся водосливом Чиполетти, установленным в 6—8 м от шлюза к реке. Трехкратные замеры воды, проходящей через водослив, дали для водоема *A* расход  $q=3$  л/сек, для водоема *B*— $q=1$  л/сек. Расходы воды за весь период «замкнутого» водоема приняты пропорциональными напору и по времени представлены кривыми на рис. 11 и 12. Объемы потерь ( $C_1$ ) учтены по кривым расхода, подекадно. Расход за декаду определялся как среднее из характерных расходов отдельных дней.

Потери на фильтрацию в шлюзе ( $C_{II}$ ) водоема *A* за время аварии, имевшей место в последней декаде июля, не замерены. Ориентировочный учет их произведен по разности наблюдавшихся «суммарных потерь» ( $r$ ) и учтенных потерь ( $\Sigma E_1, r_{II}, C_1 E_{III}$ ) за эту декаду.

### Грунтовый отток

Под потерями на грунтовой отток ( $r_{III}$ ) понимаются потери воды на фильтрацию через ложе, при полной насыщенности грунтов. Эти потери определяются по закону Дарси  $q=K \cdot F \cdot i$ ,

В этом случае применяются  $K$  фильтрации, определенные лабораторными опытами на монолитах, в отличие от расчетов при определении отдачи воды в грунт.

### Пропитка ложа водоема

Пропитка ложа водоема определялась: по разности приходных и расходных элементов водного баланса ( $r'_1$ ) и по недостатку насыщения грунтов [1, 17], слагающих ложе ( $r''_1$ )

В первом случае, проанализировав все основные элементы водного баланса водоема *B*, за период наполнения, исключая потери на пропитку ложа (инфильтрация), мы отнесли на инфильтрацию избыток прихода влаги в водоем над расходом. Транспирация за период наполнения водоемов не учитывалась ввиду ее незначительности [5].

Во втором случае, к началу наполнения, была зафиксирована поверхность грунтовых вод и определены физические свойства грунтов, слагающих ложе.

Вся площадь водоема в пределах максимального заливания 1940 г., разграниченная на литологические зоны, была подразделена, по глубине залегания грунтовых вод, на участки (см. рис. 5). Для каждого участка, по средней волюметрической, свободной пористости грунтов, определялись недостаток насыщения (объемом незамещенного воздуха пренебрегали) и по нему — общая потребность на пропитку.

Расчеты потребных объемов на пропитку для водоема *B* по декадам велись пропорционально площадям заливания. Полученные таким способом объемы сопоставляли в дальнейшем (табл. 10) с объемами, полученными по разности приходных и расходных элементов баланса.

Для водоема *A* расчеты за весь период в целом велись по зонам, без подразделения на участки; в остальном — аналогично расчетам для водоема *B*.

Следует заметить, что ограничиваясь при расчетах площадью в пределах уреза воды водоема при максимальном зеркале, мы не уменьшаем потребных объемов на пропитку ложа для периода наполнения, так как даже, при значительных коэффициентах фильтрации грунтов, порядка 8—10 м/сутки, фильтрационные воды из водоема только что успели бы проникнуть за его пределы. В местах же, где глубина залегания грунтовых вод превосходит 4 м, процесс пропитки ложа водоема не заканчивается в ближайшие сутки после закрытия шлюза и продолжается еще несколько суток.

### Отдача воды в грунт, в период «замкнутого» водоема

В этот период расход воды в грунт составляются из потерь ( $r_1$ ) на окончании пропитки ложа в пределах уреза воды, при максимальном горизонте, и потерь ( $r_{II}'$  и  $r_{II}''$ ) на насыщение грунтов за пределами уреза.

В первом случае инфильтрационные воды, проникая вглубь, смыкаются с грунтовыми в пределах водоема, чем и определяется окончание пропитки ложа. Определение этих потерь ( $r_1$ ) ведется после учета всех остальных, по разности между «суммарными потерями» и учтенными за первую (неполную) декаду. При этом предполагается, что процесс пропитки заканчивается для обоих водоемов к 21 июня (дата начала спада горизонтов грунтовых вод вокруг водоемов).

Во втором случае инфильтрация из водоема повышает грунтовые воды вокруг водоема (потери  $r_{II}^1$ ), в тех местах, где не было ранее инфильтрации извне (со стороны протоков), и, кроме того, пополняет недостаток насыщения грунтов, постоянно возникающий в силу воздействия испарения и транспирации (потери  $r_{II}'' = E_{II} + E_{III}$ ).

Исходя из этого, во втором случае определение потерь ( $r_{II}$ ) из водоема до 21 июня производится по формуле Дарси (1, 6, 10):

$$q = K \cdot F \cdot i,$$

где:  $q$  — расход воды в м<sup>3</sup>/сутки. Коэффициент фильтрации— $K$  для водоема  $A$  принят равным 8,6 м/сутки, для водоема  $B$ —12,0 м/сутки.

Фильтрующая площадь  $F$  определена по мощности слоя фильтрации и протяжению (по урезу воды) восточной границы водоема с участками, где грунты обладают недостатком насыщения. Уклон  $i$  определен по горизонтам грунтовых вод в колодцах и шурфах (см. рис. 4 и 5).

Часть потерь  $E_{II}$ , возникающих в силу воздействия испарения, определяется по интенсивности испарения с поверхности почвы участков, прилегающих к урезу воды. При этом площадь, с которой происходит расходование влаги за счет водоема, определялась по ширине «активной» зоны, а последняя устанавливалась по уклону поверхности грунтовых вод и мощности слоя грунта, отдающего влагу на испарение и транспирацию («активный» слой). Мощность «активного» слоя в расчетах принята в 0,8 м (10).

Интенсивность испарения с поверхности почвы вычисляется аналогично разделу «испарение». Влажность почвы, в данном случае, для участков, освобождающихся из-под воды, берется равной 100%. Влажность почвы остальных участков «активной» зоны принимается убывающей, от 100% (у уреза воды) до величины естественной влажности на начало затопления (в конце «активной» зоны).

Объем потерь ( $E_{II}$ ) определяется путем умножения величины интенсивности испарения, при различной влажности почвы и дефиците влажности воздуха, на площадь участков с соответствующей влажностью почв. Затем потери перечисляются в слой, отнесенный к площади водоема. Учета потерь, связанных с транспирацией растительного покрова «активной» зоны за время первой (неполной) декады, не производили, ввиду ее незначительности (5).

В течение остального времени, для периода «замкнутого» водоема, расход на транспирацию может быть значительным. При этом на балансе водоемов предполагается отражение не только транспирации надводной растительности ( $E_{II}^1$ ), но и транспирации с участков «активной» зоны ( $E_{III}^1$ ), которые в сумме дают  $E_{III}$ .

Отсутствие данных по динамике развития растительности и коэффициентам транспирации для наших условий заставляет ограничиться уче-

том этого элемента потерь по разности учтенных приходных и расходных элементов, без разграничения транспирации надводной растительности и растительности «активной» зоны.

### Суммарные потери

За потерями горизонтов воды на обоих водоемах наблюдали по водпосту № 6. В расчеты приняты декадные потери, по данным 7-часового срока наблюдений на последний день декады.

Для периода времени с осадками действительные «суммарные потери» больше наблюдаемых на величину осадков и поверхностного стока. Действительные «суммарные потери» также выражены среднесуточными величинами.

### Фильтрация в каналах водопроводящей сети

Для первой (неполной) декады мая, когда водопроводящая сеть водоема Б еще не была затоплена, имели место расходы воды на фильтрацию из каналов. Учет их произведен по формуле Костякова (10).

$$q = \frac{1.15 K}{\sqrt{Qv}} \cdot \frac{\alpha + 2\sqrt{1+m^2}}{\sqrt{\alpha+m}},$$

где:  $q$  — расход в % от расхода по каналу ( $Q$ ), на 1 км канала.  $K$  — коэффициент фильтрации в м<sup>3</sup>/сутки;  $V$  — скорость движения воды в каналах в м/сек;  $m$  — коэффициент откоса;  $\alpha = \frac{b}{h}$ ;  $v$  — ширина канала, по дну.

Здесь, как и в предыдущих расчетах, для  $K$  принимается полусумма значений  $K$  и  $0,3 K$ , соответствующие 1-му и 6-му дню фильтрации<sup>1</sup>.

Расходы на отдельных участках водопроводящей сети определены приближенно по общему расходу у шлюза, пропорционально длине каналов для 1-го дня работы их и пропорционально площадям заливания для 6-го дня. Затем, для отдельных сечений водопроводящей сети подсчитаны (частные) расходы и средние скорости и по ним потери. При малых расходах ( $Q$ ) расчеты давали около 100% потерь. В этих случаях принималось, что расход ( $Q$ ) идет полностью на фильтрацию. Частные расходы определялись на 4 и 10 мая. При подсчете объема фильтрации за время с 4 по 10 мая принят средний расход.

### Основные элементы водного баланса

Водоемы рыбхозов в дельте р. Волги, как отмечалось выше, образуются путем самотечного заливания обвалованных ильменей и полоев паводковыми весенними водами. Вода заходит в водоем через отверстие шлюза и водопроводящей сетью распределяется по водоему, после чего производится искусственное зарыбление водоема. По мере повышения горизонтов, вода выходит за бровку каналов водопроводящей сети и разливается по водоему, создавая водное зеркало. К этому времени происходит нерест и затем появление молоди рыб.

При подходе уреза воды к дамбам начинается фильтрация из водоема через тело и под основание дамб. На участках, где за период наполнения поверхностные и грунтовые воды сомкнулись, фильтрация замедляется, переходя к установившемуся движению грунтовых вод.

К моменту достижения паводковой волной максимума шлюз закрывается шандорами и создается «замкнутый» водоем.

На режим «замкнутого» водоема продолжают воздействовать перечисленные выше факторы. В связи с этим горизонты воды в водоеме

<sup>1</sup> Значение  $K$ , соответствующие первому дню фильтрации, взяты по Болдыреву.

начинают снижаться. Испарение в поверхности почвы на участках, покрытых растительностью и освобождающихся из-под воды, влияет косвенным путем на баланс водоема, создавая и поддерживая недостаток насыщения в грунтах этих участков. Одновременно урез воды отходит от дамб, вследствие чего прекращается фильтрация через тело и под основание дамб и начинается фильтрация под полом и за стенками шлюза.

В зонах, заселенных влаголюбивыми растениями, идет интенсивная транспирация надводной растительности, развивающейся вскоре после закрытия шлюза шандорами.

Почти одновременно с падением горизонтов воды в рыбхозе происходит более интенсивный спад паводковой волны. Образуется разность горизонтов между водоемом и протоком с положительным знаком. На этот период приходится спуск и учет производителей и молоди рыб.

Общее выражение водного баланса водоемов нерестово-выростных хозяйств (рыбхозов) в дельте р. Волги может быть представлено следующим равенством:  $V_0 + \Sigma$  приходных элементов =  $V_n + \Sigma$  расходных элементов за наблюдаемый период времени, где:  $V_0$  — объем воды в начале и  $V_n$  — в конце наблюдаемого периода.

Приходными элементами будут объемы:

- $S$  — воды, поступающей из протоков через шлюз;
- $O$  — осадков ( $O_1$ ), выпавших над водным зеркалом;
- $O_2$  — осадков в пределах незалитых, но подлежащих затоплению участков;
- $Q$  — воды, стекающей в водоем с прилегающих водосборов;
- $U$  — воды, поступающей в водоем через грунт (грунтовый приток).

Расходными элементами будут объемы воды:

- $R$  — вытекающей через шлюз, дамбы и т. д.;
- $E_1$  — на испарение с водной поверхности;
- $E_{II}$  — на испарение с поверхности почвы незалитых участков и участков освобождающихся из-под воды;
- $E_{III}$  — на транспирацию;
- $r_1$  — идущей на пропитку ложа в пределах уреза воды;
- $r_{II}$  — то же за пределами уреза воды;
- $r_{III}$  — грунтового оттока, при установившемся режиме грунтовых вод;
- $C$  — объем потерь в сооружениях;
- $C_1$  — на фильтрацию в шлюзе (при „нормальной“ фильтрации);
- $C_{II}$  — (при аварии на шлюзе);
- $C_{III}$  — на инфильтрацию и фильтрацию под основание дамб;
- $C_{IV}$  — через тело дамб.

### Водный баланс периода наполнения

Для периода наполнения, общее выражение водного баланса можно представить следующим образом:  $\Sigma$  приходных элементов =  $V_n - V_0 + \Sigma$  расходных элементов, где  $V_n - V_0$  есть приращение объема воды за наблюдаемый период.

Некоторые элементы прихода и расхода равны нулю или близки к нулю. Так поверхностного притока не было, проточность отсутствовала и грунтовой отток осуществлялся на небольшом протяжении. Следовательно,  $Q=0$ ,  $R=0$  и  $r_{III} \approx 0$ . Кроме того, перед наполнением водоемы не содержали воды, следовательно,  $V_0$  также равно нулю.

Учитывая элементы водного баланса этого периода мы ставили задачу, выяснить объемы воды  $r^I$ ; идущие на пропитку ложа водоема.

В результате наполнения по водоему А получены: площадь зеркала воды — 104 га, при объеме равном 842 тыс. м<sup>3</sup>; по водоему Б — площадь 214,6 га, при объеме, равном 1035 тыс. м<sup>3</sup>. Горизонт воды достиг в первом отметки — 30,755, во втором — 30,885.

Перечисленные элементы по времени для водоема *Б* представлены в табл. 9.

Таблица 9

Д а т ы	Отметка <sup>1</sup> горизонта воды во- доема	Площадь зеркала воды (га)	Объем (в тыс. м <sup>3</sup> )	Приращение		
				горизон- та (м)	площади зеркала (га)	объем <sup>2</sup> (в тыс. м <sup>3</sup> )
Май 4	0,0	0,0	0,0			
12 ч. 30 м.				0,83	19,0	20,0
10	31,65	19,0 <sup>2</sup>	20,0	0,19	61,0	120,0
20	31,46	80,0	140,0	0,27	79,0	300,0
31	31,19	159,2	440,0	0,305	55,4	595,0
Июнь 12	30,885	214,6	1035,0			

<sup>1</sup> Отметка самой низкой точки водоема 32,48.

<sup>2</sup> При заливании отдельно пониженные участки водоема, отграниченные от водопроводной сети повышениями рельефа, не были залиты, ввиду чего площадь, определенная, по кривой  $w = f(H)$  (рис. 3) = 32 га; действительно не залитая площадь = 19 га.

Расчеты, произведенные по водоему *Б*, приводят к следующим количественным выражениям (в тыс. м<sup>3</sup>) элементов водного баланса (табл. 10).

Сопоставив данные граф 12 и 17, полученные различными путями, убеждаемся, что расхождение величин объемов на пропитку ( $r_1'$  и  $r$ ) за весь период составляет 76,5 тыс. м<sup>3</sup>; величина расхождения не превышает 5% общего объема пропитки и находится в пределах точности наблюдений и расчетов. Подекадные же объемы близко сходятся между собой и лишь объемы за последнюю декаду расходятся на 76,5 тыс. м<sup>3</sup>. Это обстоятельство дает основание полагать, что расхождение следует отнести за счет приходной части баланса.

В итоге объем воды на пропитку ложа водоема *Б*, за период наполнения, установлен в  $r_1 = 1520,5$  тыс. м<sup>3</sup>.

Расчеты по недостатку насыщения грунтов ложа водоема *А* дают объем  $r_1''$ , равный 608 тыс. м<sup>3</sup>. Сопоставление граф 6 и 7 (табл. 10) с данными табл. 9 показывает, что в начале заливания наблюдается относительно незначительный прирост площадей и объемов. В первой декаде мая на каждый 1 м<sup>3</sup> объема затрачено 16 тыс. м<sup>3</sup> воды, вторая декада мая дает затрату только 5,5 тыс. м<sup>3</sup>, третья декада — 2,4 тыс. м<sup>3</sup> и, наконец, первая декада июня — меньше 2 тыс. м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема. Отношения общего прихода воды к созданным площадям по декадам дают такую же картину, исключая последнюю декаду наполнения.

Чем объяснить резкое различие потребности в воде при создании объема и площади зеркала в разное время наполнения?

Графы 16 и 15 табл. 10 (соответственно) содержат объемы фильтрационных вод из каналов водопроводящей сети и часть объемов грунтового притока (в 190 тыс. м<sup>3</sup>). Эти объемы являются «переходящими» по времени и в итоге дают нуль. Введение их в баланс помогает уяснить ход скрытых от наблюдений отдельных моментов в режиме водоемов и дают ответ на поставленный вопрос.

Действительно, поступающая через шлюз вода в первое время расходуется на фильтрацию в водопроводящей сети, особенно в местах, где еще не образовалось водное зеркало.

То же происходит и с водами грунтового притока — места их воздействия не совпадают с местами образования водных площадей. По мере заливания это противоречие сглаживается и мы наблюдаем значительный прирост объема на протяжении второй половины периода наполне-

Периоды времени	Продолжительность периода (в сутки)	Приходные элементы			Всего	Приращение объема	Расходные элементы		
		поверхностный приток	осадки	грунтовой приток			испарение с вод- ной поверхности	испарение с поч- вы не залитых площадей	потери в соору- жен. (дамбы)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Май 4—10	6	91	0	129	320	20	1	5	0
11—20	10	579	0	77	656	120	18	31	0
21—31	11	682	17	20	719	300	53	38	3
Июль 2—12	12	1042	18	8	1068	595	114	13	8
ВСЕГО	39	2494	35	234	2763	1035	186	87	11
В % к по- лезн. объему (гр. 7)	—	241	3,4	22,6	267,0	100,0	18,0	8,4	1,1
В % к об- щему прихо- ду (гр. 6)	—	90,2	1,3	8,5	100,0	37,5	6,7	3,1	0,4
В % к по- верхностному притоку (гр. 3)	—	100,0	1,4	9,6	111,0	41,5	7,5	3,5	0,4

Примечание. Данные графы 12 получены как разность приходных

Таблица 10

Итого (с 7 по 10 граф)	Пропитка ложа	Всего (11 + 12)	Пропитка ложа по не-достатку насыщения грунта	Переходящие объемы (поправка к гр. 14)		Всего (14 + 15 + 16)	Расхождение 12—17	
				грунтов, при-ток	пропитка ло-жа через во-допроводную сеть		в абсолютных величинах	В% к объему гр. 17
$V_n - V_0 + \Sigma_{\text{расх}} - r_1$	$r_1'$	$V_n - V_0 + \Sigma_{\text{расх}}$	$r_1''$	$I_1$	$r_k$	$r_1''$	$r_1' - r_1''$	$\frac{r_1' - r_1''}{r_1''} 100$
11	12	13	14	15	16	17	18	19
26	294	320	113,0	+ 125	+ 52	290,0	+ 4,0	1,4
169	487	656	463,0	+ 65	- 30	488,0	- 1,0	0,2
394	325	719	505,0	- 155	- 22	328,0	- 3,0	0,9
730	338	1068	449,5	- 35	-	414,5	- 76,5	18,5
1319	1444	2763	1520,5	0	0	1520,5	- 76,5	5,0
127,5	139,5	267,0	147,0					
47,7	52,3	100,0	55,0					
52,9	58,1	111,0	61,0					

и расходных элементов с учетом приращения объема (6—11).



ния. Правда, в отношении площади зеркала, в последнюю декаду наполнения, влияние морфометрии (обратное) оказывается более значительным, чем вышеуказанный фактор.

### Элементы периода «замкнутого» водоема

Для этого периода общее выражение водного баланса представляется в виде:

$$V_0 - V_n + \Sigma \text{ приходных элементов} = \Sigma \text{ расходных элементов.}$$

Разность  $V_0 - V_n$  выражает наблюдаемые суммарные потери. Вся же левая сторона равенства представляет собой действительные «суммарные потери».

Отсутствие проточности дает  $S=0$  и  $R=0$ , незначительность грунтового притока ( $U$ ), оттока  $r_{III}$  и потерь на фильтрацию в дамбах ( $C_{III}$  и  $C_{IV}$ ) позволяет не считаться с этими элементами и приравнять их также нулю.

Незначительность грунтового притока выясняется из рассмотрения хода горизонтов грунтовых и поверхностных вод (рис. 13 и 14).

В течение всего периода, за исключением первых 5—6 дней для водоема *Б*, горизонты воды в водоемах стояли выше горизонтов поверхностных вод протоков и грунтовых вод за пределами водоемов. Это обстоятельство указывает на отсутствие грунтового притока.

В течение первых 5—6 дней в водоеме *Б* наблюдается незначительное превышение (максимум 0,2 м) горизонтов поверхностных вод протоков

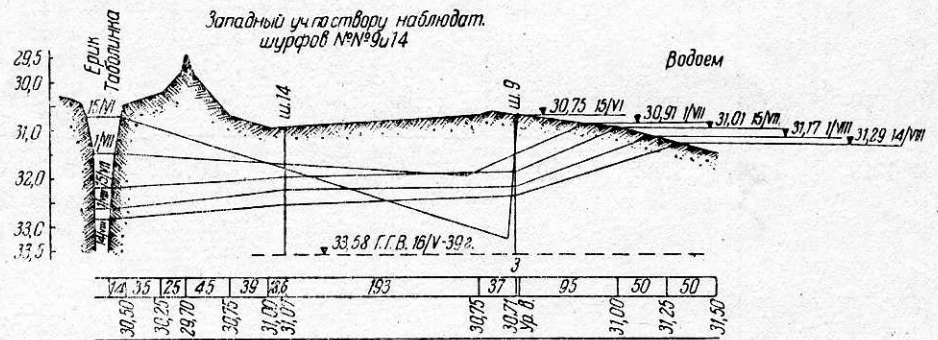


Рис. 13. Ход горизонтов грунтовых вод на участке водоема *А*.

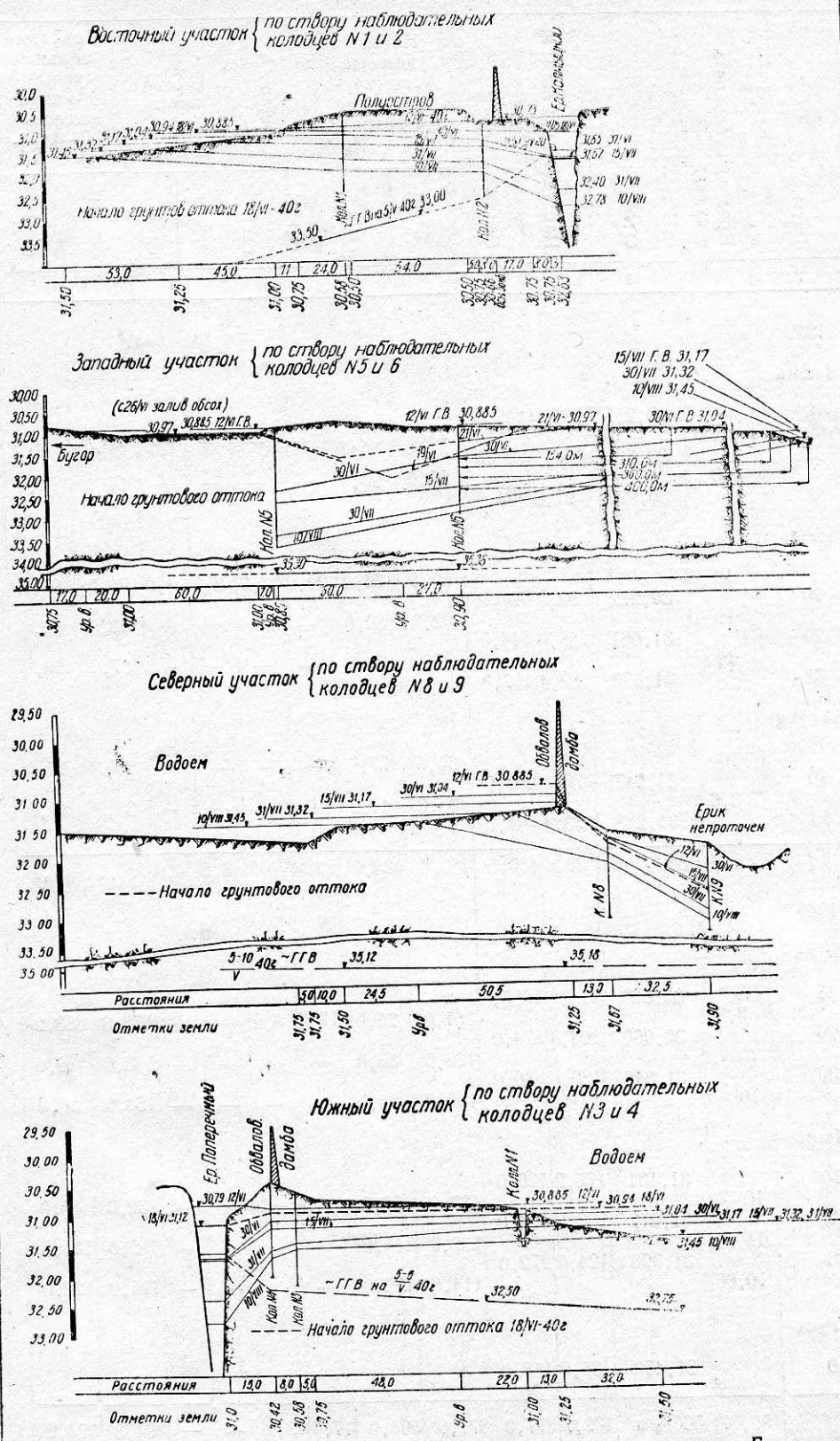
над горизонтами водоема. Краткость времени воздействия и незначительность градиента при наблюдаемых коэффициентах фильтрации грунтов в местах возможного притока ( $K''=0,02-0,03$  м/сутки) позволяют не считаться с величиной грунтового притока и полагать  $U \approx 0$ .

Аналогичный анализ факторов, определяющих грунтовый отток, приводит к тем же результатам, т. е.  $r_{III} \approx 0$ .

Потери на фильтрации в дамбах, ввиду незначительности напоров (максимум 1,2 м) и коэффициентов фильтрации (0,03—0,05 м/сутки), несмотря на протяженность дамб в 2 км, оказываются ничтожными и, следовательно,  $C_{III}$  и  $C_{IV}$  можно считать равными нулю.

Остальные элементы водного баланса в объемах (тыс. м<sup>3</sup>) и в слое воды (мм) представлены по каждому из водоемов в табл. 11.

Кроме того, для сравнительной характеристики элементов водного баланса обоих водоемов за весь период дается табл. 12.



Водосмы	Даты	Продолжительность в сутках	Отметки	Площадь зеркала (га)	Объемы	Наблюденные "суммарные потери" $V_0 - V_n$		Осадки $O_1$		Поверхностный сток $S$		Действительные "суммарные потери" $V_0 - V_n + \sum_{прих.}$	
						объем	слой	объем	слой	объем	слой	объем	слой
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
А	1939												
	Июнь												
	15	5,3	80,755	104,0	842,0	48,5	52,0	—	—	—	—	48,5	52,9
	20	10	30,807	101,9	793,5	99,0	95,0	—	—	—	—	99,0	95,0
	30		30,902	97,2	694,5								
	Июль												
	10	10	30,972	93,3	627,0	67,5	70,0	22,2	23,7	3,8	4,0	93,5	97,7
	20	10	31,061	88,6	544,5	82,5	89,0	—	—	—	—	82,5	89,0
	31	11	31,170	82,4	457,5	87,0	109,0	—	—	—	—	87,0	109,0
	Август												
10	10	31,247	76,8	397,0	60,5	77,0	—	—	—	—	60,5	77,0	
14	3,6	31,288	73,4	361,5	35,5	41,0	—	—	—	—	35,5	41,0	
Б	1940	59,9	533,0 мм	30,6	480,5	480,5	533,0	22,2	23,7	3,8	4,0	506,5	560,7
	Июнь												
	12	8,31	30,885	214,6	1035,0	161,0	75,0	17,3	8,2	—	—	178,3	83,2
	20	10	30,960	204,4	874,0	188,0	86,0	—	—	—	—	188,0	86,0
	30	10	31,046	189,6	686,0	150,0	85,0	—	—	—	—	150,0	85,0
	Июль												
	10	10	31,131	175,2	536,0	132,0	86,0	—	—	—	—	132,0	86,0
	20	11	31,217	155,2	404,0	132,0	111,0	—	—	—	—	132,0	111,0
	31	10,06	31,328	124,0	272,0	114,0	122,0	—	—	—	—	114,0	122,0
	Август												
10		31,450	81,9	158,0									
		59,37	565 мм	132,7	877,0	877,0	565,0	17,3	8,2	—	—	894,3	573,2

Таблица 11

Элементы суммарных потерь*														Расхождение				
испарение с водной поверхности $E_1$		транспирация $E_{III}$		потери в грунт				потери в сооруж.				всего $\Sigma_{расх.}$		в абсолютных единиц.		в % по объему		
				пропитка дожа $r_i$		отдача в периферийной зоне $r_{II}=E_{II}$		аварийные $C_{II}$		нормальные $C_{II}$								
объем	слой	объем	слой	объем	слой	объем	слой	объем	слой	объем	слой	объем	слой	объем	слой	объем	в % по объему	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
30,3	29,4	0,0	0,0	1,2	1,2	22,8	22,2	—	—	0,1	0,1	54,4	52,9	-5,9	-0,9			
69,5	69,8	0,0	0,0	—	—	24,5	24,5	—	—	0,8	0,8	94,8	95,0	+4,2	0,0			
51,0	53,5	20,0	21,2	—	—	20,0	21,0	—	—	1,8	1,9	92,8	97,6	+0,7	+0,1			
49,0	53,9	9,2	10,1	—	—	20,8	20,9	—	—	2,7	1,9	81,7	88,8	+0,8	+0,2			
47,0	56,0	9,4	11,0	—	—	21,7	25,3	11,0	12,9	3,3	3,5	92,4	108,7	-5,4	+0,3			
36,2	46,3	7,8	9,8	—	—	13,9	17,4	—	—	2,8	3,5	60,7	77,0	-0,2	0,0			
12,7	16,9	12,2	16,2	—	—	5,1	6,8	—	—	1,0	3,6	31,0	43,5	+4,5	-2,5			
295,7	325,6	58,6	68,3	1,2	1,2	130,0	140,0	11,0	12,9	12,5	15,3	509,0	563,3	-1,3	-2,8			
65,8	31,4	0,0	0,0	47,32	—	60,0	29,0	—	—	0,1	0,1	173,4	83,2	+4,9	0,0			
111,3	56,5	16,3	8,3	—	—	41,0	20,8	—	—	0,7	0,4	169,3	86,0	+18,7	0,0			
93,2	51,1	23,0	12,6	—	—	38,0	20,8	—	—	0,8	0,4	155,0	84,9	-5,0	+0,1			
62,5	37,9	43,8	26,5	—	—	35,0	21,2	—	—	0,7	0,4	142,0	86,0	-10,0	0,0			
75,9	54,4	43,0	30,8	—	—	35,0	25,0	—	—	1,0	0,7	154,9	110,9	-22,9	+0,1			
41,3	40,1	30,2	29,4	—	—	53,0	51,5	—	—	0,7	0,7	125,2	121,7	-11,2	+0,3			
450,0	271,4	156,3	107,6	47,5	22,7	262,0	168,4	—	—	4,0	2,7	919,8	572,8	-25,5	+0,5			

Таблица 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Элементы „суммарных потерь“					15	Расхожд.	
									10	отдача в грунт		потери в сооруже- н.			16	17
										11	12	13	14			
Название водоема и год наблюдений	Выражение и единица измерения элементов	Объем и горизонт (к моменту за- крытия шлюза)	Объем и горизонт (к началу спуска)	Наблюдаемые „суммарные потери“ $V_0 - V_n$	Осадки $O_r$	Поверхностный сток $S$	Действительные „суммарные потери“ (графы 5+6+7): $V_1 - V_n \pm \Sigma_{\text{прих.}}$	испарение с вод- ной поверхности $E_1$	транспирация надводной и примыкающей к водоему расти- тельности $E_{\text{п}}$	на проит- ку ложа водоема $r_1$	на перифе- рию водое- ма $r_{\text{п}} = E_{\text{п}}$	аварийные $C_{\text{п}}$	нормаль- ные $C_1$	Всего	в абсолютной величине	в %
А 1939 г.	Объем (в тыс. м <sup>3</sup> )	842,0	361,5	480,5	22,2	3,8	506,5	295,7	58,6	1,2	128,8	11,0	12,5	507,8	-1,3	+0,3
	% к начальному объему . . . . .	100,0	43,0	57,0	2,5	0,5	60,0	35,1	7,0	0,2	15,3	1,3	1,4	60,3	-	-0,3
	% к объему сум- марных потерь	-	-	95,0	4,3	0,7	100,0	58,3	11,6	0,2	25,4	2,1	2,5	100,1	-	-0,1
	Слой воды (в мм)	отметка -30,755	отметка -31,288	533,0	23,7	4,0	560,7	325,6	68,3	1,2	140,1	12,9	15,3	562,8	-2,1	-0,4
	% к слою сум- марных потерь	-	-	95,0	4,2	0,7	100,0	57,3	11,3	0,7	24,7	2,3	2,7	99,0	-	+1,0
Б 1940 г.	Объем (в тыс. м <sup>3</sup> )	1035,0	158,0	877,0	17,3	0,0	894,3	450,0	156,3	47,5	262,0	-	4,0	919,8	22,5	+2,5
	% к начальному объему . . . . .	100,0	15,4	84,6	1,7	-	86,3	43,4	15,1	4,6	25,3	-	0,4	88,8	-	-2,5
	% к объему сум- марных потерь	-	-	98,1	1,9	-	100,0	50,3	17,5	5,8	29,3	-	0,5	102,9	-	-2,9
	Слой воды (в мм)	отметка -30,855	отметка -31,450	565,0	8,2	0,0	573,2	271,2	107,6	21,7	168,4	-	2,7	572,6	+0,6	+0,1
	% к слою сум- марных потерь	-	-	98,7	1,3	-	100,0	47,3	18,0	3,9	29,4	-	0,5	99,9	-	+0,1

## Выводы

1. Основные элементы водного баланса нерестово-выростных хозяйств (рыбхозов) в дельте р. Волги определялись в соответствии с этапами эксплуатации водоемов по следующим периодам: период наполнения (от начала наполнения до закрытия шлюза) и период «замкнутого» водоема (от закрытия шлюза до начала спуска водоема).

2. За период наполнения наибольшие объемы составили по водоему *A* — 842 тыс. м<sup>3</sup>, по водоему *B* — 1035 тыс. м<sup>3</sup>, что по отношению к притоку через шлюз — 2494 тыс. м<sup>3</sup> составляет по водоему *B* 41,5%; испарение с водной поверхности по тому же водоему составило 186 тыс. м<sup>3</sup>, или 18% от наибольшего объема.

3. За период наполнения и период «замкнутого» водоема на пропитку ложа водоема *A* пошло 612 тыс. м<sup>3</sup>, водоема *B* — 1568 тыс. м<sup>3</sup>. Это составило по отношению к наибольшим объемам водоема *A* — 72,6%, водоема *B* — 151,6%.

4. Показатель потерь воды на пропитку ложа в % к объему не характерен при сравнительной оценке потерь по водоемам. Потери в этих целях необходимо относить к единице площади зеркала воды водоема, так как при этом исключается влияние морфометрии. В наших случаях потребность на пропитку ложа водоема *A* составила 5,9 тыс. м<sup>3</sup>/га, водоема *B* — 7,5 тыс. м<sup>3</sup>/га. Различие последних показателей объясняется несколько большей глубиной залегания грунтовых вод и несколько большим недостатком насыщения грунтов по водоему *B*.

5. Для водоемов, аналогичных нашим (одинаковое залегание грунтовых вод, одинаковый недостаток насыщения грунтов), эти показатели отношения потерь на пропитку ложа к единице площади могут быть применены при ориентировочных водохозяйственных расчетах для ильменей, заливаемых после длительного летования. Для ильменей, ежегодно или через год заливаемых, этот показатель будет меньше, за счет меньшей глубины залегания грунтовых вод от поверхности.

6. При расположении водоемов по соседству с действующими протоками потребность в воде на пропитку ложа несколько уменьшается за счет грунтового притока. В нашем случае, для водоема *B*, общий объем грунтового притока составил за период наполнения 234,0 тыс. м<sup>3</sup>. На пропитку ложа из этого объема пошло 190 тыс. м<sup>3</sup>, или 12% от потребного на пропитку ложа объема, что составляет 76 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км длины протока вдоль водоема.

7. За период «замкнутого» водоема наблюдаемые «суммарные потери» составляют по водоему *A* 480,5 тыс. м<sup>3</sup>, что соответствует 533 мм слоя воды, или в среднем 9 мм за сутки; по водоему *B* — 877 тыс. м<sup>3</sup>, или 565 мм слоя, или в среднем 9,5 мм за сутки. По отношению к наибольшему объему наблюдаемые потери составили в первом случае 57%, во втором 84,6%.

8. «Суммарные потери» отразились на площадях зеркала воды. На водоеме *A* от максимальной площади 104 га осталось к началу спуска 73,4 га (71%). На водоеме *B* от 214,6 га осталось 81,9 га (38%).

9. «Суммарные потери» объема и площади зеркала в значительной мере зависят от морфометрии водоема. Чем выше показатель отношения средней глубины (частное деление объема на площадь) к максимальной, тем меньше потерь в объеме и площади. Этот показатель для водоема *A* равен 0,58, для водоема *B* — 0,2.

10. Потери воды за период «замкнутого» водоема в основном складываются из: 1) испарения с водной поверхности; 2) отдачи воды в грунт; 3) транспирации. Другие же элементы потерь являются незначительными; к ним относятся: потери в сооружениях (шлюзы, дамбы) и грунтовой отток.

11. Осадки и поверхностный сток составили по водоему А 22,2 тыс. м<sup>3</sup>, или 4,3% по отношению к «суммарным потерям», по водоему Б, соответственно, 17,3 тыс. м<sup>3</sup>, или 1,9%.

12. Общая количественная характеристика «суммарных потерь» дается в табл. 11 и 12. Распределение по времени «суммарных потерь» за период «замкнутого» водоема, указывает на значительное увеличение среднесуточных потерь к концу июля—началу августа. Это объясняется увеличением потерь за счет транспирации. Относительно большая устойчивость горизонтов и площадей может быть достигнута удалением жесткой растительности с площади водоема. Более ранний спуск (конец июля) позволит избежать резкого уменьшения горизонтов и площадей водоемов.

13. Создание необходимых горизонтов в начальный период эксплуатации (посадка производителей, нерест) и более полное использование паводковой волны требуют наполнения водоемов с первого же дня подъема паводка.

Поэтому ремонт гидросооружений необходимо заканчивать осенью.

14. Резервы для дамб необходимо закладывать вне обвалования. Водопроводящая сеть внутри обвалования должна быть более развитой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Близняк Е. В. и Поляков Б. В., Инженерная гидрология. Госстройиздат, М.—Л., 1939.
2. Валединский В. и Аполлов Б. А., Дельта реки Волги. Тифлис, 1930.
3. Верецагин Г. Ю., Методы морфометрической характеристики озер. Труды Олонечкой научной экспедиции, т. III, вып. 1, Г. Г. И., 1930.
4. Гофман А. В., Графический метод нахождения отметки нагульного пруда, «Рыбное хозяйство» СССР, № 8, 1935.
5. Иванов Б. Г., Испарение в естественных условиях. Гидрометиздат. М.—Л., 1939.
6. Каменский Г. Н., Основы динамики подземных вод, ОНТИ, НКТП СССР, 1935.
7. Кожин Н. И., Пути воспроизводства полупроходных рыб в дельте р. Волги; Труды ВНИРО, т. XVI, 1941.
8. Кононов В. А., Опыт выращивания молоди леща в нерестово-выростном хозяйстве дельты р. Волги. ВНИРО, т. XVI, 1941.
9. Коротеев А. П., Спутник гидрогеолога. ОНТИ, НКТП СССР, 1936.
10. Костяков А. Н., Основы мелиорации, Сельхозгиз, М., 1931.
11. Лебедев Н. Н., Заливаемость площадей полей в дельте р. Волги, В. К. научная рыбхозстанция (рукопись), 1936.
12. Летичевский М. А., Выращивание сеголетков сазана в нерестово-выростных хозяйствах дельты р. Волги. Труды ВНИРО, т. XVI, 1941.
13. Павловский Н. И., О фильтрации воды через земляные плотины и опыты по фильтрации через земляные плотины. «Известия сектора Гидротехники» и гидротехнических сооружений института мелиорации и гидротехники, вып. XXIV, 1931.
14. Познышев О. С., Зависимость испарения с поверхности почвы от степени ее увлажнения. Метеорология и гидрология, № 11, Гидрометиздат, М., 1940.
15. Психрометрические таблицы, Главное управление Гидрометслужбы СССР при СНК Союза ССР, Гидрометиздат, М.—Л., 1937.
16. Обработка метеорологических наблюдений Ц. У. Э. Г. М. С. 1935.
17. Саваренский Ф. П., Гидрогеология, ОНТИ НКТП СССР, 1935.
18. Ярцев В. Н., Инструкция для производства полевых работ и предварительной обработки материалов исследований на ирригационных каналах. САНИИРИ, Ташкент, 1934.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Канд. биол. наук Б. Г. Чаликов. Методика выращивания молоди осетровых и белорыбицы	4
Проф. Г. С. Карзинкин. К нормативам кормления молоди осетровых и белорыбицы	25
Канд. биол. наук М. Н. Кривобок. Некоторые физиологические особенности выращивания молоди севрюги	39
М. Ф. Сараева. Оценка искусственных кормов по их потреблению молодью севрюги	55
Проф. Н. И. Кожин. Колебания численности промысловых рыб Каспия и воспроизводство их запасов	61
Проф. Н. И. Кожин. Эффективность выращивания сеголетков сазана и леща в рыбхозах дельте р. Волги	83
Канд. биол. наук М. А. Летичевский. Изменения численности и видового состава молоди карповых и окуневых в ильменях низовьев дельты р. Волги	94
Канд. биол. наук М. А. Летичевский. Материалы по биологии молоди окуневых в дельте р. Волги	105
Канд. биол. наук М. Н. Кривобок и А. В. Пупырикова. Компенсация роста у молоди щуки	119
Проф. Н. И. Кожин. Коэффициент промыслового возврата	128
Канд. биол. наук Г. Д. Гончаров. Реакция агглютинации при краснухе карповых рыб	131
Канд. биол. наук М. А. Летичевский. Опыт учета сеголетков в нерестово-выростных хозяйствах дельты Волги при помощи орудий лова	137
Инж. Б. С. Русецкий. Водный режим нерестово-выростных хозяйств в дельте р. Волги	141



Редактор *Р. И. Калменс*  
Технич. редактор *З. К. Тарасенко*

Л-100295. Сдано в набор 13/XII-50 г.  
Подписано в печать 7/VI-1951 г.  
Формат  $70 \times 108^{1/16}$ . Объем  $10^{3/4}$  п. л.  
Уч.-изд. л. 13,8. Тираж 1000.  
Цена 15 руб. Заказ 1447.

Типография  
Московской Картонажной фабрики.  
Москва, Павелецкая наб., д. 8.