

УДК 639.2/3+517

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ  
ПРИ ОБОСНОВАНИИ ТРЕБОВАНИЙ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА  
К ВОДНЫМ РЕСУРСАМ НИЖНЕГО ДОНА

В.Г.Дубинина, С.В.Козлитина

Интенсивное развитие различных отраслей народного хозяйства в бассейне Азовского моря и резкое увеличение водопотребления в связи с этим существенно влияет на гидрологический режим водоемов и состояние водных ресурсов. Объем безвозвратных изъятий стока Дона и Кубани в современных условиях превышает  $11 \text{ км}^3$ , что составляет более 25% полного годового объема стока в Азовское море. Вследствие увеличения изъятий стока рек, зарегулирования рек водохранилищами и гидроузлами ухудшились условия размножения рыб и их жизни в море, миграций производителей к местам нереста и уменьшились площади нерестилищ, что в свою очередь снизило уровень естественного воспроизводства проходных и полупроходных рыб.

Рациональное использование водных ресурсов бассейна Азовского моря в значительной мере определяется размерами водопотребления отдельных отраслей хозяйства и прежде всего их требованиями к объему и режиму попусков из водохранилищ. Решение вопроса усложняется тем, что интересы предприятий-водопотребителей не только не совпадают, но и находятся в противоречии.

В данной работе сделана попытка применить математические модели для обоснования требований рыбного хозяйства к водным ресурсам Нижнего Дона.

Биологическим тест-объектом служили запасы судака и леща-представителей наиболее массовых популяций ценных рыб бассейна.

Цель первой из поставленных задач - получить и исследовать вероятности формирования максимального, минимального и среднего запаса судака при различных значениях среднегодовой солености моря, годового и весеннего стока Дона. Математически

аппаратом служил метод статистических испытаний Монте-Карло. Все расчеты выполнялись на ЭВМ "Наири-2".

Уровни запасов судака (исходя из динамики его численности в период 1925-1973 гг. и кривой обеспеченности) были приняты равными 1400, 930 и 430 тыс.ц, соответствующими 25, 50 и 75% обеспеченности. Методом многомерного регрессионного анализа была найдена зависимость запасов судака от абиотических факторов, значение которых в процессе воспроизводства было доказано специальными исследованиями /1,2,5-9/. В данную модель был введен и биотический фактор - запасы судака в предыдущий период, так как прослеживается явно выраженная приемственность, проявляющаяся в высоком коэффициенте корреляции (0,92).

Было установлено, что речной сток непосредственно с запасами полупроходных рыб коррелирует слабо. Коэффициент корреляции ( $r$ ) между запасом судака и суммарным годовым стоком рек Дона и Кубани равен 0,12, а между запасом и весенним стоком Дона - 0,32. Связь же запасов с соленостью моря достаточно велика ( $r = 0,75$ ), поэтому решено было учесть влияние стока на запасы через соленость и выразить это зависимостью

$$S_i = f(S_{i-1}, Q_{i-1}^{год}, Q_i^{вес}), \quad (1)$$

где  $S_i$  и  $S_{i-1}$  - среднегодовая соленость Азовского моря соответственно текущего и предыдущего года;  
 $Q_{i-1}^{год}$  - среднегодовой сток Дона за предыдущий период;  
 $Q_i^{вес}$  - весенний сток Дона текущего года.

Ошибка уравнения - 2,3%, коэффициент корреляции - 0,94.

При построении моделей выбирали показатели среды, в наибольшей мере определяющие выживаемость молоди полупроходных рыб. Поскольку в стаде судака преобладают трех- и четырехлетки, то в модель вводились гидрометеорологические характеристики, отражающие эффективность нереста и условия выживаемости молоди в море в первый год жизни поколений трехлетков судака.

Для дальнейших исследований использовалось уравнение связи

$$y_i = f(S_i, t_{i-4}^{X-XI}, t_{i-3}^{зим.}, C_{V_{i-3}}, W_{i-3}, y_{i-1}), \quad (2)$$

где  $y_i$  и  $y_{i-1}$  — запасы судака соответственно текущего и предыдущего года;

$S_i$  — соленость текущего года, рассчитывается по формуле (1);

$t_{i-4}^{x-xII}$  — средняя температура воды в море осенью в предзимний нагул производителей;

$t_{i-3}^{зим.}$  — средняя температура воздуха зимой в год нереста;

$C_{Vi-3}$  — коэффициенты вариации весенних температур в год нереста;

$W_{i-3}$  — число дней с ветром более 8 м/сек в год нереста.

Средняя ошибка уравнения — 20,4%, коэффициент корреляции — 0,94.

Затем зависимости (1) и (2) были использованы для определения вероятностей формирования заданного уровня запасов судака при различных значениях среднегодовой солености моря и стока Дона.

Алгоритм задачи следующий. Запас предыдущего года, входящий в формулу (2), принят постоянным и равным 100 тыс.ц. Соленость  $S_i$  рассчитывается по формуле (1) для фиксированных значений стока и солености предыдущего года. Гидрометеорологические факторы определяются с помощью датчика случайных чисел с нормальным законом распределения и заданными параметрами (математическим ожиданием и дисперсией).

Для определения вероятностей получения соответствующей величины запаса при фиксированной солености вычисляется 500 значений  $Y$  ( $N$ ) и частоты появления ( $m_i$ )  $Y \geq 1400$ ,  $430 < Y < 1400$  и  $Y < 430$  тыс.ц. Вероятность определяется по формуле:

$$P(y > y_i) = \frac{m_i}{N}.$$

Во всех расчетах использованы одни и те же последовательности случайных чисел. Поэтому запасы судака колеблются только за счет изменения стока и солености.

Из данных, представленных в табл. I, следует, что при исходном запасе судака 100 тыс.ц и оптимальной среднегодовой солености (10,6‰), даже при годовом стоке до 30 км<sup>3</sup> и весеннем до 20 км<sup>3</sup>, вероятность получения запаса на следующий год на уровне среднегодовалого равна нулю.

Т а б л и ц а I

Вероятности получения заданных запасов судака (тыс.ц) в зависимости от солености моря и водного режима Дона

Весенний сток, км <sup>3</sup>	Годовой сток, км <sup>3</sup>								
	20			25			30		
	$P_i(y < 480)$	$P_i(y > 480)$	средний запас	$P_i(y < 480)$	$P_i(y > 480)$	средний запас	$P_i(y < 480)$	$P_i(y > 480)$	средний запас
<u>Соленость 10,6<sup>0</sup>/оо</u>									
5	0,86	0,14	342	0,81	0,19	360	0,76	0,24	377
12	0,70	0,30	391	0,61	0,39	402	0,52	0,48	427
14	0,64	0,36	405	0,55	0,45	423	0,44	0,56	441
20	0,42	0,58	447	0,34	0,66	465	0,25	0,75	483
<u>Соленость 11<sup>0</sup>/оо</u>									
5	0,97	0,03	281	0,96	0,04	299	0,93	0,07	315
12	0,89	0,11	330	0,84	0,16	348	0,78	0,22	366
14	0,85	0,15	344	0,80	0,20	362	0,74	0,26	380
20	0,72	0,28	386	0,64	0,36	404	0,55	0,45	422
<u>Соленость 12<sup>0</sup>/оо</u>									
5	1,0	0,0	129	1,0	0,0	145	1,0	0,0	165
12	1,0	0,0	178	1,0	0,0	196	1,0	0,0	214
14	1,0	0,0	192	1,0	0,0	210	0,99	0,01	228
20	0,99	0,01	234	0,99	0,01	252	0,98	0,02	270
<u>Соленость 13<sup>0</sup>/оо</u>									
5	1,0	0,0	0	1,0	0,0	0	1,0	0,0	0
12	1,0	0,0	26	1,0	0,0	44	1,0	0,0	62
14	1,0	0,0	40	1,0	0,0	58	1,0	0,0	76
20	1,0	0,0	82	1,0	0,0	100	1,0	0,0	118

При оптимальной солености моря, годовом стоке 25 и весеннем 5 км<sup>3</sup> величина запаса увеличивается по сравнению с предыдущей (100 тыс.ц) более чем в трие и достигает в среднем 360 тыс.ц, а при весеннем стоке 14 и 20 км<sup>3</sup> - соответственно 420 и 465 тыс.ц.

При повышении солености вероятность формирования запасов судака более 430 тыс.ц резко падает. Так, например, при солености моря 10,6<sup>0</sup>/оо, годовом стоке 25 км<sup>3</sup> и весеннем 14 км<sup>3</sup> она равна 0,45, при той же воде и солености 11<sup>0</sup>/оо - 0,20, а при солености 12-13<sup>0</sup>/оо - нулю.

При средней солености моря  $13^0/00$ , весеннем стоке  $5 \text{ км}^3$  и годовом – от 20 до  $30 \text{ км}^3$  величина запаса судака практически падает до 0. При возрастании весеннего стока до  $20 \text{ км}^3$  и том же годовом стоке запасы можно поддерживать на исходном уровне (100 тыс.ц). Итак, при сложившемся современном солевом режиме моря ( $13^0/00$ ) запасы судака на следующий год в зависимости от водного режима могут только снижаться или оставаться на уровне исходных.

Цель второй задачи – исследовать колебания запасов судака и льда в зависимости от повторяемости стока Дона и среднегодовой солености моря.

Для решения этой задачи были использованы эмпирические модели:

$$\text{для судака} \quad Y_i = f(Y_{i-1}, S_i) \quad (3)$$

(коэффициент корреляции – 0,94, ошибка уравнения – 20,5%);

$$\text{для льда} \quad Z_i = f(Z_{i-1}, S_i) \quad (4)$$

где  $Z_i$  и  $Z_{i-1}$  – запасы льда текущего и предыдущего года (коэффициент корреляции – 0,98, ошибка уравнения – 10,3%).

Весенний и годовые стоки принимаются постоянными в течение ряда лет. Соленость, рассчитываемая по уравнению (1), так же как и запасы рыб величина не постоянная, поэтому каждое последующее значение вычислялось через предыдущее. Таким образом, можно наблюдать, как в многолетнем аспекте меняются запасы и соленость моря, если сток Дона имеет заданные значения (весенний 5, 12 и  $14 \text{ км}^3$ , годовая – 20, 25 и  $27 \text{ км}^3$ ).

Результаты выборки из табуляграммы представлены в табл. 2

При начальной солености моря  $13^0/00$  и весеннем стоке  $5 \text{ км}^3$  даже при годовом стоке  $27 \text{ км}^3$  соленость моря снижается только до  $11,4^0/00$ . Оптимизация солевого режима моря ( $10,6^0/00$ ) достигается при весеннем стоке  $12 \text{ км}^3$ , причем при годовом стоке  $25 \text{ км}^3$  через 15 лет, а при годовом стоке  $27 \text{ км}^3$  – через 10 лет. При весеннем же стоке  $14 \text{ км}^3$  оптимальная соленость наступает при годовом стоке 20 и  $27 \text{ км}^3$  соответственно через 16 и 6 лет.

Т а б л и ц а 2

Изменение солености (‰), ареалов (тыс.км<sup>2</sup>),  
запасов судака и леща (тыс.ц) от водного режима

Расчетный период, годы	5 км <sup>3</sup>				12 км <sup>3</sup>				14 км <sup>3</sup>			
	S	F <sub>0-7</sub>	У	Z	S	F <sub>0-7</sub>	У	Z	S	F <sub>0-7</sub>	У	Z
<u>Исходная соленость 10,6‰/00</u>												
Годовой сток 20 км <sup>3</sup>												
I	10,91	3,78	298	326	10,67	4,12	343	354	10,60	4,22	356	362
5	11,57	2,80	452	350	10,81	3,92	794	598	10,60	4,22	892	670
10	11,81	2,42	317	216	10,87	3,85	918	718	10,60	4,22	1090	862
15	11,87	2,33	228	110	10,88	3,83	937	763	10,60	4,22	1139	950
20	11,89	2,30	192	51	10,88	3,83	938	781	10,60	4,22	1151	990
Годовой сток 25 км <sup>3</sup>												
I	10,82	3,91	314	336	10,58	4,24	360	364	10,51	4,34	372	372
5	11,29	3,23	577	442	10,54	4,30	920	690	10,32	4,58	1018	760
10	11,47	2,96	538	401	10,52	4,32	1139	902	10,25	4,66	1310	1046
15	11,51	2,90	488	350	10,52	4,33	1197	1003	10,23	4,68	1399	1189
20	11,52	2,88	466	319					10,23	4,68	1425	1258
Годовой сток 27 км <sup>3</sup>												
I	10,79	3,96	321	340	10,54	4,29	366	368	10,47	4,38	379	376
5	11,33	3,39	626	474	10,42	4,44	970	726	10,21	4,71	1068	797
10	11,36	3,18	593	446	10,38	4,50	1227	976	10,11	4,82	1399	1120
15	11,37	3,12	576	426	10,37	4,51	1301	1099	10,09	4,85	1503	1285
20	11,37	3,11	570	416	10,37	4,52	1322	1156	10,08	4,85	1535	1365

Продолжение таблицы 2

Расчетный период, годы	5 км <sup>3</sup>				12 км <sup>3</sup>				14 км <sup>3</sup>			
	S	F <sub>0-7</sub>	y	z	S	F <sub>0-7</sub>	y	z	S	F <sub>0-7</sub>	y	z
Исходная соленость 13 <sup>0</sup> /00												
Годовой сток 20 км <sup>3</sup>												
I	12,73	0,93	106 <sup>x/</sup>	216 <sup>x/</sup>	12,49	1,34	9	145	12,42	1,45	22	153
5	12,17	1,85	152 <sup>x/</sup>	168 <sup>x/</sup>	11,41	3,05	246	154	11,19	3,38	344	225
10	11,96	2,19	211 <sup>x/</sup>	163 <sup>x/</sup>	11,02	3,64	645	404	10,75	4,02	817	548
15	11,91	2,27	245 <sup>x/</sup>	168 <sup>x/</sup>	10,92	3,78	835	592	10,63	4,17	1037	779
20	11,90	2,29	260 <sup>x/</sup>	173 <sup>x/</sup>	10,89	3,81	904	696	10,61	4,21	1117	905
25	11,89	2,29	265 <sup>x/</sup>	176 <sup>x/</sup>	10,89	3,82	927	748	10,60	4,22	1144	967
30	11,89	2,29	267 <sup>x/</sup>	177 <sup>x/</sup>	10,89	3,82	934	773	10,60	4,22	1150	990
Годовой сток 25 км <sup>3</sup>												
I	12,64	1,08	0	127	12,40	1,48	26	155	12,33	1,60	38	163
5	11,89	2,30	29	0	11,13	3,47	372	245	10,92	3,78	470	316
10	11,61	2,74	265	87	10,67	4,13	866	589	10,40	4,48	1038	732
15	11,55	2,84	387	179	10,55	4,28	1095	832	10,27	4,64	1300	1018
20	11,53	2,87	433	234	10,52	4,32	1178	964	10,24	4,67	1391	1173
25	11,52	2,87	448	262	10,52	4,33	1206	1030	10,23	4,68	1422	1250
30	11,52	2,88	453	276	10,51	4,33	1214	1062	10,23	4,68	1432	1286

Продолжение таблицы 2

Расчетный период, годы	5 км <sup>3</sup>				12 км <sup>3</sup>				14 км <sup>3</sup>			
	S	F <sub>0-7</sub>	y	z	S	F <sub>0-7</sub>	y	z	S	F <sub>0-7</sub>	y	z
	Годовой сток 27 км <sup>3</sup>											
I	12,61	1,14	0	130	12,36	1,54	32	159	12,29	1,66	45	167
5	11,78	2,48	80	33	11,02	3,63	422	281	10,80	3,94	520	352
10	11,47	2,95	353	161	10,53	4,31	954	662	10,26	4,65	1126	806
15	11,40	3,06	491	275	10,41	4,47	1199	928	10,12	4,81	1401	1114
20	11,38	3,09	542	342	10,38	4,50	1288	1072	10,09	4,84	1501	1280
25	11,38	3,10	559	375	10,37	4,51	1317	1145	10,08	4,85	1533	1362
30	11,37	3,10	565	392	10,37	4,52	1326	1177	10,08	4,86	1543	1402

x/ Данные получены по степенной зависимости.



Для поддержания оптимальной солености необходимо подавать в море ежегодно  $14 \text{ км}^3$  воды весной и  $20 \text{ км}^3$  в течение года, или  $12$  и  $25 \text{ км}^3$  соответственно. Таким образом, увеличение весеннего стока на  $1 \text{ км}^3$  эквивалентно увеличению годового стока на  $2 \text{ км}^3$ .

Для молоди судака, которой благоприятна соленость до  $9\text{‰}$ , оптимальными принимались ареалы в среднем  $5,6 \text{ тыс. км}^2$ ; для молоди леща, которой благоприятна соленость  $7\text{‰}$ , -  $4,2 \text{ тыс. км}^2$  /3/.

Расчет проводился для площадей с соленостью  $0-7\text{‰}$  ( $F_{0-7}$ ). Исследовалось уравнение вида

$$F_{0-7} = -42,9I + \frac{849,8}{S_i} - \frac{3712,9}{S_i^2}. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции -  $0,991$ ;  $S_i$  рассчитывалось по зависимости (I).

Поскольку определяющим фактором в формировании зон обитания молоди полупроходных рыб является соленость, то закономерности ее изменений закономерны и для ареалов, что подтверждается данными табл.2.

Изменение солености на  $1\text{‰}$  влечет за собой увеличение или уменьшение площадей нагула на  $1200 \text{ км}^2$ .

На величину ареала в большей степени, чем годовой, влияет весенний сток Дона, уменьшение которого на  $1 \text{ км}^3$  приводит к сокращению ареалов на  $105 \text{ км}^2$ . (уменьшение на  $1 \text{ км}^3$  годового стока - на  $30 \text{ км}^2$ ).

При создавшемся солевом режиме моря ( $13\text{‰}$ ) зоны обитания молоди не достигают оптимальных величин в течение 5 лет, даже при реализации требуемых рыбохозяйственных попусков (весеннего -  $14 \text{ км}^3$ , годового -  $27 \text{ км}^3$ ), хотя именно в этот период происходит наибольший прирост площадей.

Установленные закономерности характерны и для площадей с соленостью  $0-9$  и  $0-11\text{‰}$ .

Приведенные выше модели позволили количественно оценить изменения популяции полупроходных рыб от среднегодовой солености моря и водного режима Дона.

Первоначальные запасы были приняты на уровне современных (судака -  $100$  и леща -  $250 \text{ тыс. ц}$ ). Были использованы как ли-

нейные, так и степенные модели. Линейные лучше аппроксимируют эмпирические ряды запасов полупроходных рыб, но в условиях повышенной солености ( $13^0/00$ ), постоянном весеннем стоке  $5 \text{ км}^3$  и годовом —  $20 \text{ км}^3$  экстраполяция приводит к отрицательным значениям. В этом случае использовали степенную зависимость. Ошибки уравнений —  $19,4\%$  (для судака) и  $12\%$  (для леща).

При исходной солености моря  $13^0/00$ , весеннем стоке  $5 \text{ км}^3$  запасы полупроходных рыб не достигают среднесуточных значений даже при годовом стоке  $27 \text{ км}^3$ , причем биомасса судака увеличивается по сравнению с исходными в 3,5 раза только на 10-й год, а биомасса леща за этот период не достигает даже первоначальных значений; при повышении весеннего стока до  $14 \text{ км}^3$  запасы судака возрастают в 11, а леща — в 3 раза, что объясняется более значительным приростом зон обитания судака. Согласно данным А.М.Бронфмана /4/, в период естественного режима стока ареалы обитания судака составляли 93,6% от общей акватории моря, а леща — всего 33%. К 1972 г. (при средней солености моря  $12,3^0/00$ ) они уменьшились до 14,3 и 10,6% соответственно), т.е. зоны обитания судака сократились почти в семь, а леща в три раза. При повышении же весеннего стока, как уже было показано выше, зоны с оптимальной соленостью резко увеличиваются для судака и менее значительно — для леща.

При оптимизации солевого режима благоприятные условия для увеличения популяции полупроходных рыб создаются при весеннем стоке не менее  $12 \text{ км}^3$ .

Наибольшую роль в формировании запасов полупроходных рыб играет весенний сток: его повышение на  $1 \text{ км}^3$  увеличивает запасы судака и леща на 9 и 11% (увеличение годового — на 5 и 6% соответственно).

Данные, представленные в табл.2, подтверждают ранее высказанное суждение /3/ о том, что соленость является основным экологическим фактором в формировании популяции полупроходных рыб. Уменьшение или увеличение весеннего и годового стока на  $1 \text{ км}^3$  приводит к колебаниям запасов полупроходных рыб на 40 и 80 тыс.ц, тогда как трансформация солености на  $1^0/00$  изменяет запасы на 230–400 тыс.ц.

## В ы в о д ы

1. При сложившейся современной солености моря (13<sup>0</sup>/оо) для ее снижения, создания необходимых зон обитания и приведения численности популяции полупроходных рыб к среднемноголетним значениям, требуются в течение шести лет весенние попуски объемом 14 км<sup>3</sup> (при годовом стоке Дона 27 км<sup>3</sup> и при общем материковом стоке в Азовское море - не менее 43 км<sup>3</sup>).

2. Для поддержания оптимального солевого режима и дальнейшего увеличения запасов полупроходных рыб необходимо подавать в море ежегодно 14 км<sup>3</sup> донской воды весной и 20 км<sup>3</sup> в течение года или 12 и 25 км<sup>3</sup> соответственно, при общем материковом стоке в Азовское море не менее 39 км<sup>3</sup>.

В условиях современного и перспективного изъятия речного стока, подача такого количества воды в Азовское море возможна лишь при переброске стока в объеме, полностью компенсирующем безвозвратное изъятие (порядка 30 км<sup>3</sup> на 2000 год), решить эту проблему можно также регулированием водообмена Черного и Азовского морей.

3. Трансформация весеннего стока на 1 км<sup>3</sup> эквивалентна изменению годового стока на 2 км<sup>3</sup>, т.е. колебания весеннего и годового стока на 1 км<sup>3</sup> приводит к изменению запасов на 80 и 40 тыс.ц соответственно.

Варьирование биомассы полупроходных рыб в основном обусловлено соленостью моря, изменение которой на 1<sup>0</sup>/оо влечет за собой увеличение или уменьшение запасов на 230-400 тыс.ц.

### Список использованной литературы

1. Б о й к о Е.Г. Эффективность естественного размножения и основные пути воспроизводства судака Азовского моря. Труды ВНИРО, 1955, т. XXXI, вып. 2, с. 108-137.
2. Б о й к о Е.Г., К о з л и т и н а С.В. Основные закономерности колебаний запаса, продукции и уловов азовского судака. Труды ВНИРО, 197 , т. , с.
3. Б р о н ф м а н А.М., Д у б и н и н а В.Г., С п и ч а к М.К. Количественная оценка некоторых экологических следствий антропогенной деятельности в Азовском бассейне. Тезисы докл. конф. "Рыбохозяйственные исследования в бассейне Азовского моря", Ростов-на-Дону, 1972, с. 27-28.

4. Б р о н ф м а н А.М. Соленость Азовского моря и ее пред-  
стоящие изменения. Изв.Сев.-Кавк.научн.центра Высшей  
школы, 1973, вып.1, Ростов-на-Дону.
5. Г о р о д н и ч и й А.Е. Данные по биологии молоди ранних  
стадий судака и леща в Таганрогском заливе. Труды  
АзчерНИРО, 1955, вып.16, с.265-177.
6. Г о р о д н и ч и й А.Е. Основные факторы, определяющие  
численность ценных полупроходных рыб Дона. "Вопросы их-  
тиологии", 1971, т.11, вып.3(68), с.471-477.
7. Д у б и н и н а В.Г. О влиянии термического режима на  
урожайность судака. Сб.работ РИМО, 1968, вып.8, с.155-163.
8. Д у б и н и н а В.Г. Гидрологические основы увеличения  
масштабов естественного воспроизводства рыб в Азово-  
Донском районе. Труды АзНИИРХ, 1972, вып.10, с.41-51.

Application of mathematical models to  
substantiate requirements of fisheries  
to water resources in the downstream  
part of the Don river

V.G.Dubinina  
S.V.Kozlitina

S u m m a r y

Transformation of the spring discharge by  $1 \text{ km}^3$  is equivalent to variation in the annual discharge by  $2 \text{ km}^3$ , that is fluctuations in the spring and annual discharge by  $1 \text{ km}^3$  lead to changes in the fish stocks by 3000 tons and 4000 tons, respectively. Variations in the biomass of semi-anadromous species of fish are due, on the main, to fluctuations in salinity. A 1%o-change in salinity results in an increase or decrease in the stocks by 23000-40000 tons.

To lower the present level of salinity (13%o) and to create suitable conditions allowing for increasing the populations of semi-anadromous species to the long-term mean level it is necessary that the volume of spring flushes should be  $14 \text{ km}^3$ , the annual runoff of the Don should be equal to  $21 \text{ km}^3$  and total river discharge in the Azov Sea should amount at least to  $43 \text{ km}^3$ .

To sustain the optimum saline regime and to increase the stocks of semi-anadromous species it is necessary to discharge  $14 \text{ km}^3$  of Don water in spring and  $20 \text{ km}^3$  throughout a year or  $12 \text{ km}^3$  and  $25 \text{ km}^3$  respectively, and maintain the total river runoff to the Azov Sea in the amount of  $39 \text{ km}^3$  which could be implemented if some additional volume of water, say  $30 \text{ km}^3$ , was transferred from elsewhere.