

УДК 639.2.053 + 639.215.053](262.8)

## ЗАВИСИМОСТЬ УЛОВОВ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ И ЗАМЕДЛЕННОГО РОСТА ВОБЛЫ ОТ БИОГЕННОГО СТОКА р. ВОЛГИ И ВЕЛИЧИНЫ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Н. И. Винецкая (КаспНИРО)

Известно, как велико значение условий существования для всех живых организмов, населяющих землю. В равной степени это важно и для обитателей водной среды.

За последнее тридцатипятилетие (с 1930 по 1964 г.) наблюдается значительное сокращение запасов, а следовательно, и уловов важнейших промысловых рыб в Каспийском море (рис. 1), главным образом полупроходных. Вызывает опасение дальнейшая судьба рыбного промысла в этом уникальном водоеме. Поэтому именно сейчас необходимо выяснить все причины этого явления и принять действенные меры для сохранения рыбных богатств Каспийского моря.

Анализ колебаний первичной кормности и режима биогенных элементов Северного Каспия за многолетний период позволил ближе подойти к объяснению происходящих изменений в состоянии запасов рыб Северного Каспия. По мнению автора, одной из главных причин падения запасов и уловов рыб в Северном Каспии, кроме условий размножения и интенсивности промысла, является обеднение морских вод минеральным фосфором и уменьшение первичной кормности, обусловленные сокращением выноса биогенных элементов р. Волгой.

Для того чтобы понять, почему причину уменьшения запасов рыб в Каспийском море мы ищем в изменившихся гидрохимических условиях, необходимо ясно представить себе всю совокупность процессов, протекающих в море в их последовательности.

На основании анализа многолетних данных нам удалось установить, что основная масса органического вещества, за счет которого в Северном Каспии существуют все виды кормовых организмов для рыб, образуется при фотосинтезе планктона в самом море (Винецкая, 1957). Вынос органического вещества р. Волгой имеет второстепенное значение, так как его величина в 3—25 раз меньше количества органического вещества, синтезирующегося в море (табл. 1).

В волжском биогенном стоке главное значение имеет принос минеральных соединений фосфора, азота, кремния и др.

Большую часть этих биогенных веществ Волга сбрасывает в море в период весеннего половодья. Паводковые волжские воды обогащают воды Северного Каспия и в июне создаются благоприятные условия

в наиболее продуктивной западной глубоководной зоне Северного Каспия. В ней создается устойчивая опресненная зона, обеспеченная биогенными элементами, необходимыми для развития фитопланктона.

Образующееся в этой части моря первичное органическое вещество в последующем этапе продукционного процесса используется зоопланктоном и бентосом.

Если весной и в начале лета в Северном Каспии наблюдаются благоприятные для размножения и развития кормовых организмов темпе-

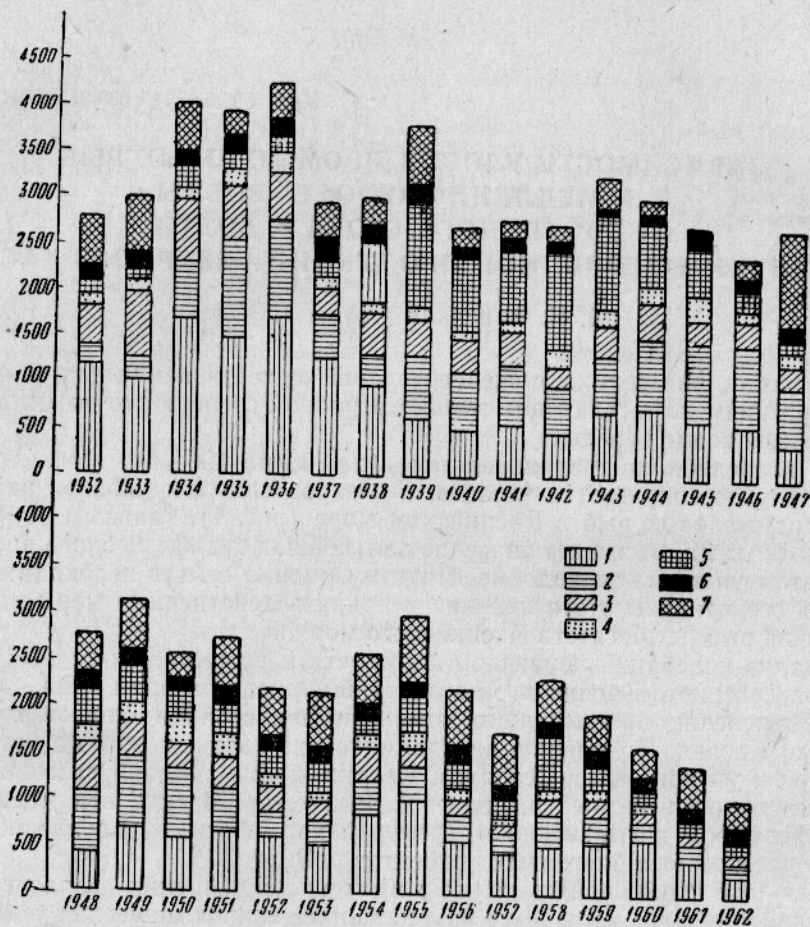


Рис. 1. Уловы промысловых рыб в Северном Каспии. тыс. ц:  
1 — воля; 2 — лещ; 3 — судак; 4 — сазан; 5 — сельдь; 6 — осетровые; 7 — сом, щука, мелкий частик.

ратурные условия, режим солености и обеспеченность биогенными элементами, тогда кормность оказывается высокой. Развитие жизни и откорм животных организмов благоприятствуют хорошей выживаемости, росту и упитанности подрастающего и взрослого поколения различных видов рыб.

Если же биогенный и водный сток весеннего половодья Волги понижен и сдвинут во времени (и в море поступает либо мало воды и биогенов, либо в неблагоприятное для развития кормовых организмов время), тогда создаются неблагоприятные условия для жизни рыб.

Таблица 1

Соотношение количеств органического вещества, вынесенного р. Волгой в весеннее половодье и образовавшегося летом (в июне и августе), в Северном Каспии

Год	Месяц	Органическое вещество, тыс. т		
		образованное в море	вынесенное р. Волгой (IV—VI)	% принесенного р. Волгой от образовавшегося в море
1938	V, VI, VIII	13128,4	4049,3	31
1940	VIII	9529,8	2146,5	22
1947	IV	16781,9	631,9	4
	VI, VIII	29443,2	9610,5	32
1954	VI, VIII	11443,2	3551,6	31
1955	VI, VIII	23605,8	4055,4	17
1956	VI, VIII	26863,4	2258,0	8
1957	VI, VIII	19703,2	4369,5	22
1958	VI, VIII	17374,3	2421,8	14
1959	VI, VIII	17104,0	2082,1	12
1960	VI, VIII	5718,2	2225,1	39
1961	VI, VIII	12053,1	1600,5	13
1962	VI, VIII	9637,1	1507,4	16
1963	VI, VIII	11081,6	3438,4	30

За многолетний период водный и биогенный сток изменялись периодически. Соответственно водному изменялись биогенный сток р. Волги и первичная продукция моря.

В естественных условиях (до зарегулирования стока) в период весеннего половодья Волга сбрасывала в море 60% годового стока воды и биогенных веществ. После зарегулирования волжского стока у Куйбышева и Волгограда это соотношение изменилось и в современных условиях (1961—1963 гг.) количество воды, поступающей в море за весенний паводок, снизилось до 34%, а биогенных веществ — до 18—36%. Особенно уменьшился вынос минерального фосфора, который, как нами установлено (Винецкая, 1961), является главным элементом, ограничивающим развитие жизни в северной части Каспийского моря.

Доказательством лимитирующей роли фосфора в развитии органической жизни моря является следующее:

1. Содержание общего фосфора в море меньше, чем приносит Волга.

2. Наблюдается закономерное увеличение первичной продукции в водоемах, более обеспеченных фосфатами, а именно: в дельте Волги, где концентрация  $PO_4$  колеблется от 20 до 166 мг/м<sup>3</sup>, продукция максимальная; затем (соответственно содержанию фосфатов) следует зона авандельты; далее западная часть моря (мелководная и глубоководная) и, наконец, наименее продуктивный восточный район моря (рис. 2). Образование органического вещества в Азовском море (Дацко, 1959), более обеспеченном фосфатами, в 6 раз интенсивнее, чем в глубоководной зоне Северного Каспия, в 3 раза превосходит продукцию мелководной зоны (почти такое же, как в авандельте) и уступает только водоемам дельты р. Волги. В наиболее бедном фосфатами Аральском море (Блинов, 1956) величина первичной продукции минимальная.

3. Полученные нами по многолетним данным количественные зависимости: а) между содержанием фосфатов в море и продукцией органического вещества (коэффициент корреляции  $r = +0,77$ ) и б) между весенним стоком фосфатов р. Волги и продукцией органического вещества (коэффициент корреляции  $r = 0,86 \pm 0,044$ ) подтверждают выдвинутое положение об исключительном значении минерального фосфора для жизни в северной части Каспийского моря (рис. 3).

Таким образом, мы выяснили, что первичная продукция Северного Каспия зависит от обеспеченности его вод минеральным фосфором, который поступает в море с волжскими водами. Так как количество образовавшегося органического вещества в море после целого ряда превращений должно быть эквивалентно конечной его продукции (вылову рыбы), а первичная продукция моря зависит от биогенного стока Волги, мы установили зависимость общих уловов промысловых рыб непосредственно от стока фосфатов весеннего половодья (за апрель—июнь) с

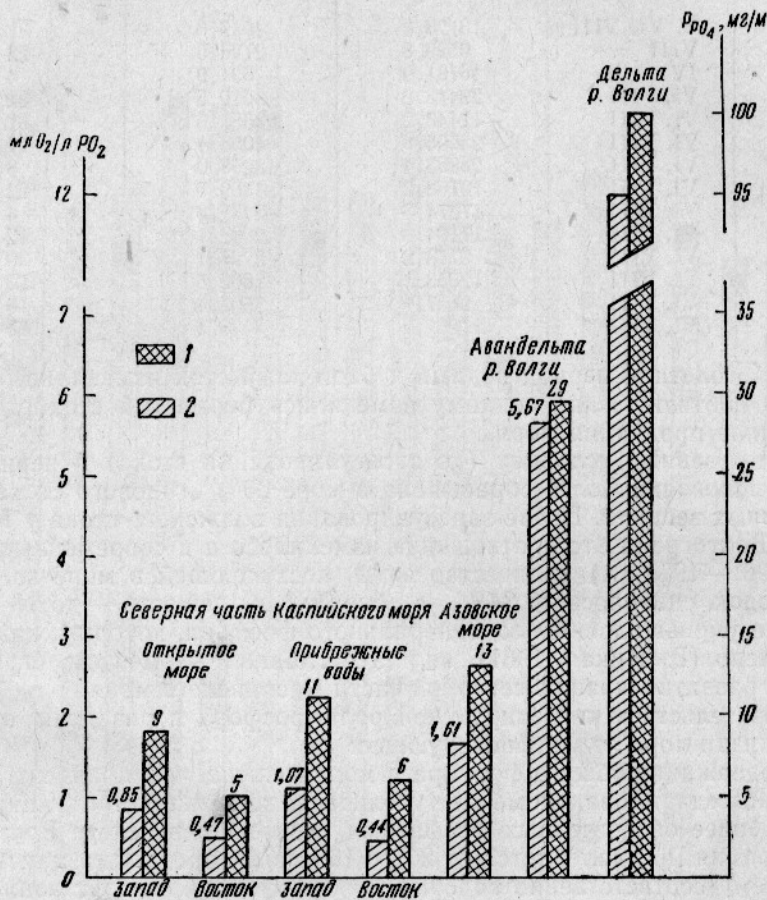


Рис. 2. Продукция органического вещества и концентрация фосфатов в разнохарактерных водоемах:

1 — фосфаты, мг/л; 2 — продукция органического вещества, мл O<sub>2</sub>/л.

учетом среднего возраста промыслового стада (через три года). Коэффициент корреляции оказался равным  $+0,86 \pm 0,044$  (рис. 4). Уравнение регрессии ( $y = 0,316x + 1,647$ , где  $x$  — сток фосфатов в тыс. т, а  $y$  — общие уловы рыбы в млн. ц) позволило вычислить, что каждые 333 т минерального фосфора, выносимого р. Волгой, повышают общие уловы рыбы в Северном Каспии на 100 тыс. ц\*.

\* Графическая зависимость уравнения регрессии  $y = 0,316x + 1,647$  выведена в результате исследования многолетнего ряда: стока фосфатов от 0,7 до 5,2 тыс. т и общих уловов рыб в Северном Каспии от 1,7 до 3,4 млн. ц. Таким образом, эта зависимость справедлива в этих пределах.

Последующие изменения этих параметров требуют дальнейших исследований.

В дальнейшем мы перешли от общего к частному, т. е. к выявлению зависимостей между уловами отдельных пород рыб и первичной продукцией моря, а также биогенным стоком р. Волги\*. Приведем некоторые примеры такой зависимости.

Известно, что уловы судака с 1934 г. уменьшились в 5 раз. Судак — хищник и на первый взгляд, казалось бы, не может быть связи между продукцией фитопланктона и этой рыбой. Но на самом деле она существует, так как мальки рыб, которыми питается судак, выкармливаются

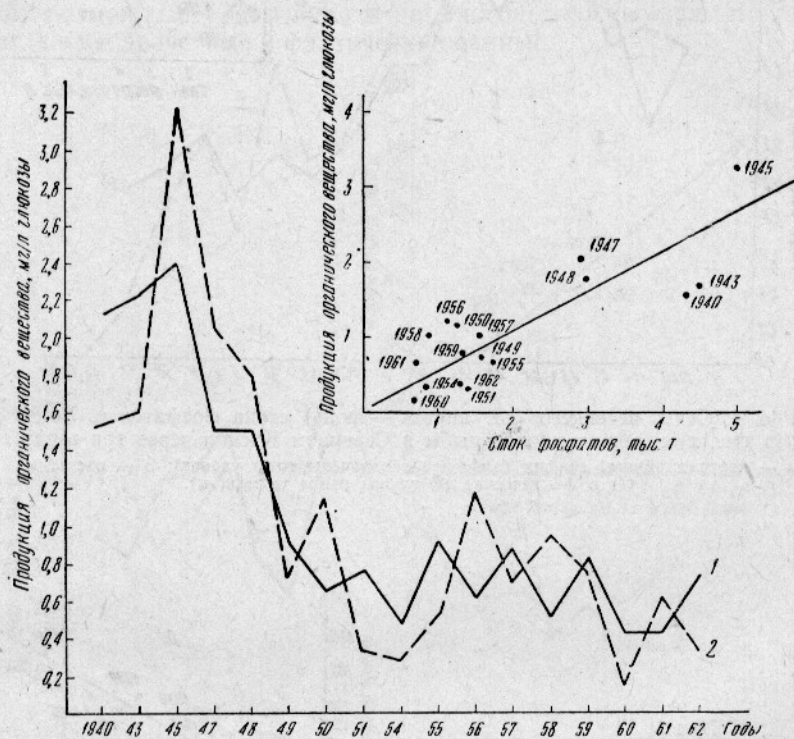


Рис. 3. Зависимость первичной продукции западной глубоководной зоны Северного Каспия от биогенного ( $PO_4$ ) стока р. Волги в весеннее половодье:

1 — расчетная (по уравнению связи) продукция, мг/л глюкозы; 2 — фактическая продукция (вычисленная по кислороду), мг/л глюкозы. (Цифры на корреляционном графике — годы наблюдений).

на планктоне. Следовательно, запасы хищных рыб также зависят от первичной продукции Северного Каспия.

Судак появляется в промысловых уловах в двухлетнем возрасте. Поэтому для вычисления взаимосвязи мы взяли среднюю продукцию органического вещества в июне за два предшествующих года, а уловы — весной третьего года и составили кривую связи (рис. 5, а).

После соответствующих вычислений оказалось, что коэффициент корреляции между ними равен  $0,84 \pm 0,05$ . Уравнение регрессии было

\* Из графиков и анализа исключены годы, которые имели: а) неполные или сомнительные данные, необходимые для расчетов величин первичной продукции и стока фосфатов, либо не имеющие этих данных; б) резкие изменения интенсивности промысла и условий размножения; в) изменение возрастного состава расчетной породы рыб. При расчетах были использованы только материалы непосредственных наблюдений. Данные, полученные с помощью пересчетов и интерполяции, не использовались.

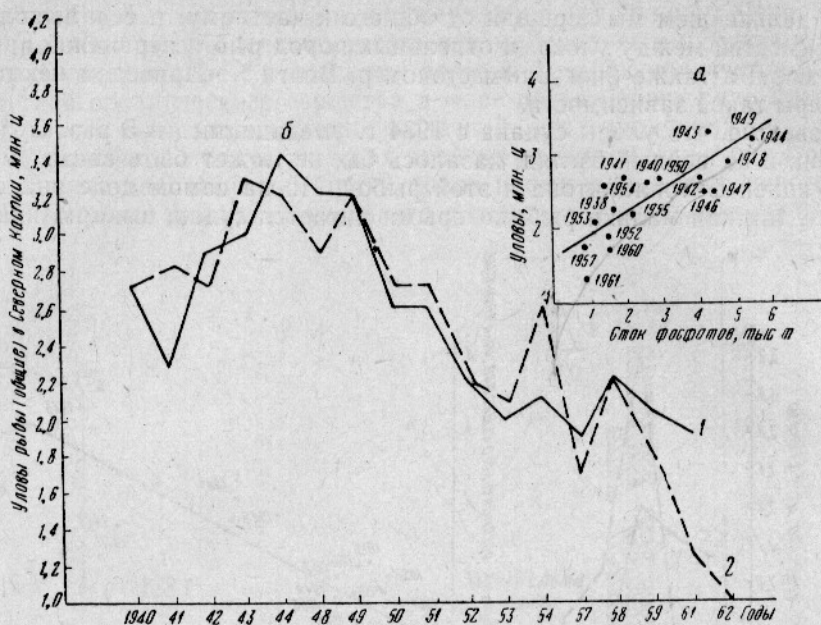


Рис. 4. Связь весеннего (за апрель — июнь) стока фосфатов р. Волги (в тыс. т) и общих уловов рыбы в Северном Каспии через три года: а — корреляционный график (цифрами обозначены годы уловов); б — расчетные (1) и фактические (2) уловы рыбы (в млн. ц).

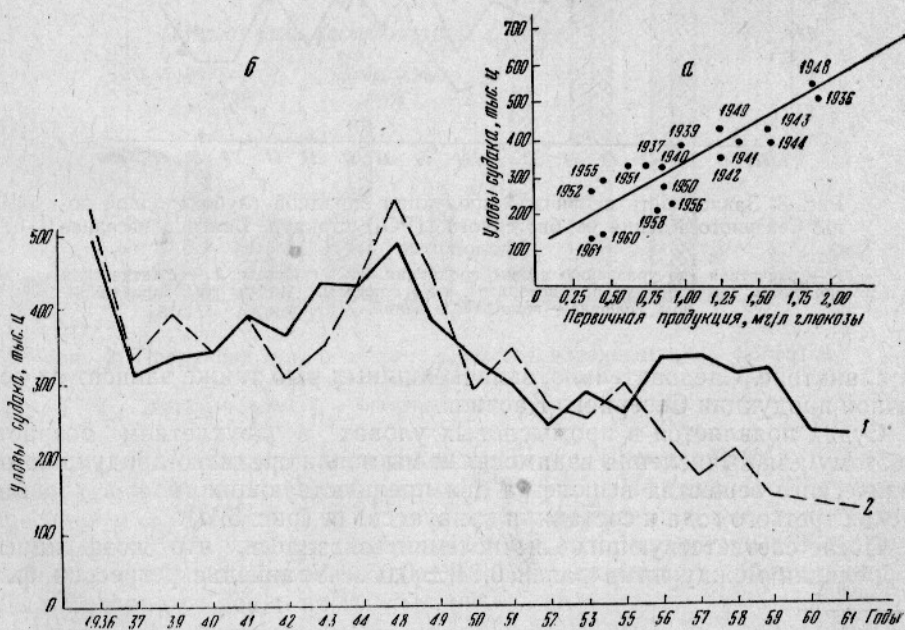


Рис. 5. Зависимость уловов судака в Северном Каспии от средней за два предшествующих года величины первичной продукции западной глубоководной зоны в июне: а — корреляционный график (цифры — годы уловов); б — расчетные (1), вычисленные по уравнению регрессии, и фактические (2) уловы (в тыс. ц).

получено в следующем виде:  $y = 194,01x + 127,05$ , где  $y$  — уловы судака (в тыс. ц), а  $x$  — средняя за два предшествующих года первичная продукция (в мг/л глюкозы) западной глубоководной зоны в июне. Контрольные вычисления обнаружили близкое совпадение рассчитанных по уравнению и фактических уловов судака (рис. 5, б). Со стоком фосфатов р. Волги за апрель — июнь обнаружена хорошая зависимость уловов судака через три года:  $r = 0,83 \pm 0,06$  (рис. 6, а).

Уравнение регрессии  $y = 62,98x + 141,64$ , где  $y$  — уловы судака (в тыс. ц),  $x$  — сток  $PO_4$  за апрель — июнь (в тыс. т), позволило рассчитать возможные уловы судака за многолетний период. На рис. 6, б представлены расчетные и фактические данные.

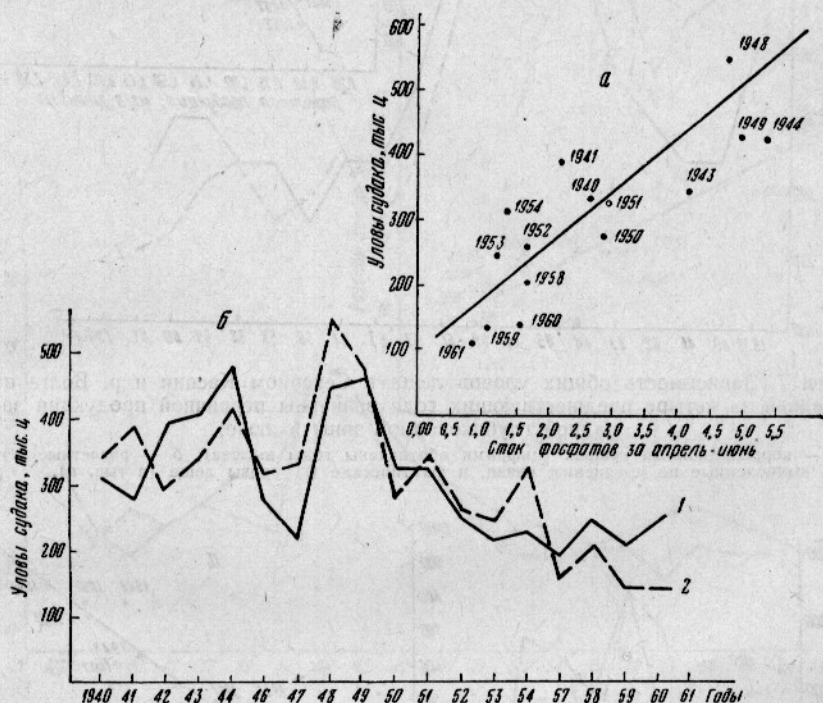


Рис. 6. Сток фосфатов за апрель — июнь и уловы судака через три года: а — корреляционный график (цифры — годы уловов); б — расчетные (1) и фактические (2) уловы судака (в тыс. ц).

Лещ вступает в промысел на четвертом году жизни, питается донными организмами, предпочитает ракообразных. Уловы леща с 1934—1936 гг. сократились весьма существенно (в 5 раз). Причиной явилось также снижение запаса питательных веществ в биогенном стоке р. Волги и уменьшение первичной продукции Северного Каспия.

Если взять среднюю продукцию органического вещества за четыре предшествующих года ( $x$ ) и уловы леща через четыре года ( $y$ ), то оказывается, что коэффициент корреляции между ними равен  $+0,83 \pm 0,05$  (рис. 7, а).

Получено следующее уравнение регрессии:  $y = 412,38x + 32,25$ . Расчетные и фактические уловы леща, вычисленные по этому уравнению, показаны на рис. 7, б.

Но особенно близкая зависимость получена между биогенным (фосфатным) стоком р. Волги за апрель — июнь ( $x$ ) и уловами леща через четыре года ( $y$ ) (рис. 8, а), выразившаяся коэффициентом корреляции

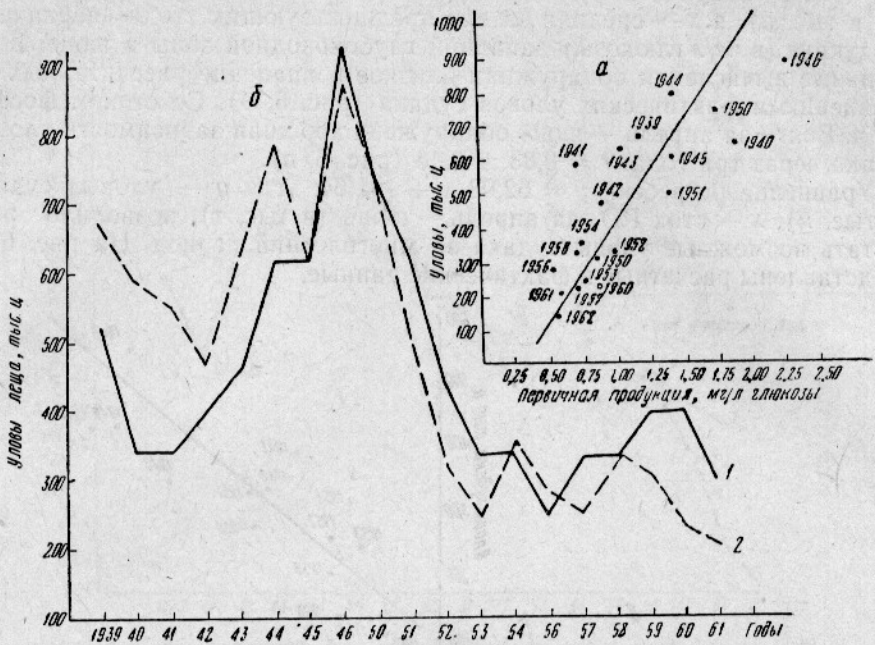


Рис. 7. Зависимость общих уловов леща в Северном Каспии и р. Волге от средней за четыре предшествующих года величины первичной продукции западной глубоководной зоны в июне:

а — корреляционный график (цифрами обозначены годы вылова); б — расчетные (1) вычисленные по уравнению связи, и фактические (2) уловы леща (в тыс. ц).

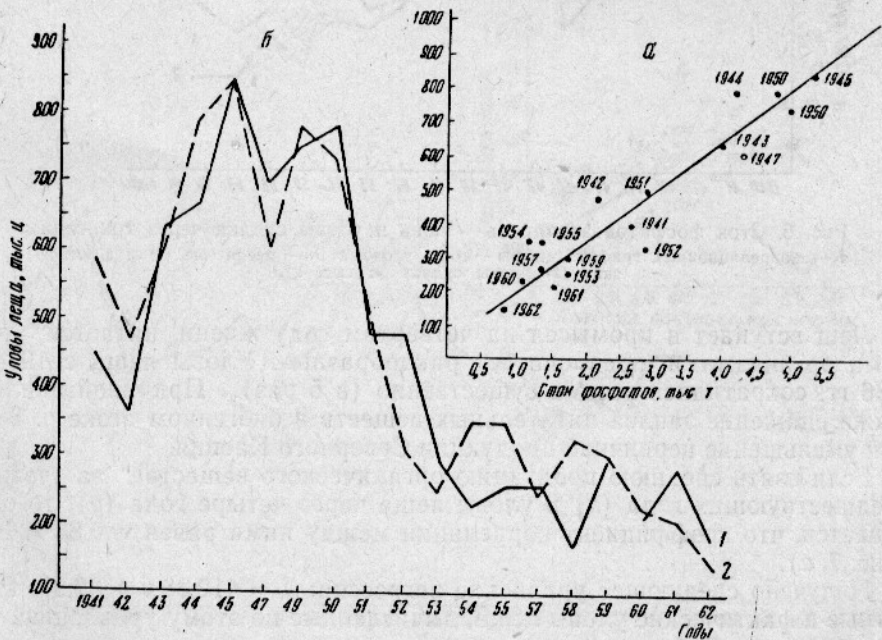


Рис. 8. Связь весеннего (за апрель — июнь) стока фосфатов р. Волги (в тыс. т) и общих уловов леща (в тыс. ц) в море и реке через четыре года:

а — корреляционный график (цифры — годы уловов); б — расчетные (1) и фактические (2) уловы.



$0,92 \pm 0,01$ . Уравнение регрессии имеет следующий вид:  $y = 145,57x + 53,18$ . Проверка уравнения представлена на рис.8, б. При сопоставлении кривых расчетных и фактических уловов рыб в Северном Каспии обращает на себя внимание близкое сходство величин до 1956—1959 гг. Значительные отклонения обнаружены лишь в последние годы, когда вследствие изменения режима весеннего половодья р. Волги резко ухудшились условия размножения для всех пород рыб, обитающих в Каспийском море. Фактические уловы в этом периоде оказались намного ниже расчетных. Особенно резкие различия проявились в 1962 г., когда были введены новые правила рыболовства.

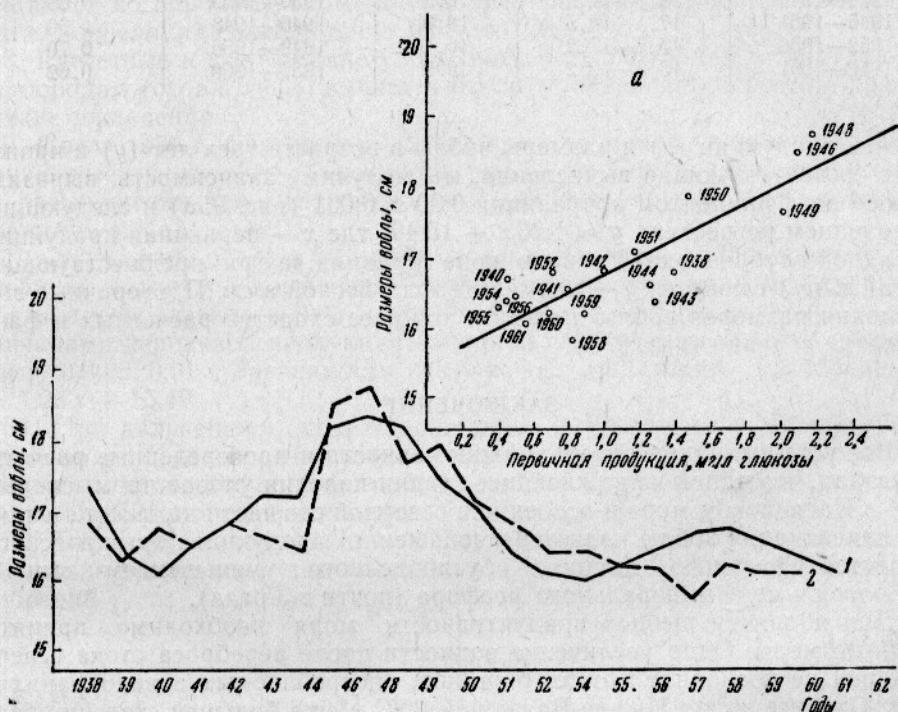


Рис. 9. Размеры трехгодовиков воблы в зависимости от средней за три предшествующих года продукции органического вещества западной глубоководной зоны Северного Каспия в июне:

а — корреляционный график (цифры — годы измерений); б — расчетные (1) и фактические (2) размеры воблы (в см).

Размеры воблы также зависят от изменения первичной продукции моря. Известно (Сергеева, 1961), что за последние годы (с 1951 г.) произошло значительное измельчение каспийской воблы и падение ее уловов в море (более чем в 4 раза). Анализируя многолетний ряд изменений по данным Сергеевой, мы выявили, что размеры трехгодовиков воблы (промышленного возраста) колебались периодически. Объединив полученные данные по соответствующим размерам, мы получим весьма показательную таблицу (табл. 2).

Сопоставляя размеры трехгодовиков воблы с колебаниями продукции органического вещества в Северном Каспии в соответствующие годы, когда происходил ее рост (выкорм молодежи и нагул взрослых особей), мы выявили, что годы, характеризующиеся малыми величинами первичной продукции, соответствуют плохому росту воблы. Далее, расположив в многолетний ряд средние за три предшествующих года величины пер-

Изменения размеров трехгодовиков воблы и продукции органического вещества по периодам

Годы	Размеры трехгодовиков воблы, см		Продукция органического вещества (мг/л глюкоза)	
	колебания	средние	годы	средняя за три года
1939—1944	16,3—16,8	16,5	1936—1939	0,66
1946—1951	17,1—18,5	18,0	1940—1948	1,90
1952—1958	15,8—17,2	16,4	1949—1956	0,70
1959—1961	15,8—16,2	16,0	1957—1960	0,62

вичной продукции ( $x$ ) и размеры воблы в возрасте трех лет ( $y$ ) и произведем соответствующие вычисления, мы получим зависимость, выразившуюся коэффициентом корреляции  $0,90 \pm 0,031$  (рис. 9, а) и следующим уравнением регрессии:  $y = 1,26x + 15,49$ , где  $x$  — первичная продукция западной глубоководной зоны в июне (средняя за три предшествующих года) в мг/л глюкозы;  $y$  — размеры воблы весной в см. Проверочные вычисления размеров воблы показали хорошее сходство расчетных и фактических величин (рис. 9, б).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все установленные нами закономерности и произведенные расчеты показали, что одной из важнейших причин падения уловов промысловых рыб в Каспийском море и особенно в северной его части до 1959 г., а также измельчания воблы является уменьшение продукции органического вещества Северного Каспия, обусловленного уменьшением выноса р. Волгой в море минерального фосфора (почти в 3 раза).

Для поднятия рыбной продуктивности моря необходимо принять срочные меры. Одно увеличение водности после переброса стока северных рек не восполнит потери биогенов, потребляемых в водохранилищах. Строительство Нижне-Волжской ГЭС в еще большей степени обеднит море биогенами, так как западная часть дельты Волги является потребителем биогенов в период паводка. Создание нового (Нижне-Волжского) водохранилища усилит процесс их потребления.

#### ВЫВОДЫ

1. Основная масса органического вещества, за счет которого в Северном Каспии существуют все виды кормовых организмов, образуется в самом море и во много раз (от 3 до 25) превышает органический сток р. Волги.

2. В волжском биогенном стоке основное значение имеют минеральные соединения фосфора, азота, которые потребляются при синтезе фитопланктона в море.

3. Основная часть биогенных веществ выносятся р. Волгой за период весеннего половодья. До зарегулирования р. Волга сбрасывала в половодье 60% годового стока воды и биогенных элементов. После зарегулирования количество воды, поступающей в море за паводок (в 1961—1963 гг.), сократилось до 34%, а биогенных веществ — до 18—36%.

4. Западная глубоководная часть моря является самой продуктив-

ной; ее первичная продукция в июне зависит от количества поступивших из волжского стока биогенных соединений в период паводка.

5. Степень проникновения паводковых волжских вод моря обуславливается временем наступления паводка, его продолжительностью, высотой подъема весенних вод и объемом стока.

6. Элементом, ограничивающим развитие органической жизни в Северном Каспии, является минеральный фосфор, вынос которого р. Волгой в море существенно сократился.

7. Установлен ряд зависимостей между стоком минерального фосфора, первичной продукцией западной глубоководной зоны и уловами (общими и по породам) промысловых рыб Северного Каспия. Коэффициенты корреляции колеблются от 0,83 до 0,92.

8. Расчетные и фактические уловы рыб, как общие, так и по отдельным породам (судак, лещ), вычисленные по уравнениям регрессии, дают близкие совпадения.

9. После 1959 г. фактические уловы намного меньше расчетных. Обнаруженные отклонения объясняются рядом причин: ухудшением условий размножения для рыб; изменением характера паводка; новыми правилами рыболовства.

10. Ухудшение роста и размеры северокаспийской воблы зависят от колебаний первичной кормности. Коэффициент корреляции между размерами трехгодовиков воблы и средними за три предшествующих года величинами первичной продукции западной глубоководной зоны в июне равен  $0,90 \pm 0,01$ . Зависимость выражена следующим уравнением:  $y = 1,26x + 15,49$ .

11. При дальнейшем сокращении стока фосфатов из р. Волги продукция моря будет формироваться главным образом за счет дополнительных, но недостаточных его поступлений из Среднего Каспия, р. Урала и регенерации органического вещества в море.

12. Первичную продукцию, а следовательно, и уловы промысловых рыб можно увеличить путем внесения в Северный Каспий фосфорных удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

Барсукова Л. А. Биогенный сток Волги в первые годы зарегулирования реки у Куйбышева. Труды КаспНИРО. Т. XVIII, 1962.

Блинов Л. К. Гидрохимия Аральского моря. Гидрометеиздат, 1956.

Винецкая Н. И. О продукции фитопланктона в северной части Каспийского моря. Гидрохимические материалы. Т. XXIX. М., Изд-во АН СССР, 1959.

Винецкая Н. И. Гидрохимический режим и продукция органического вещества Северного Каспия до зарегулирования стока Волги. Труды КаспНИРО. Т. XIII, 1957.

Винецкая Н. И. Многолетние и сезонные изменения гидрохимического режима Северного Каспия до зарегулирования стока Волги. Труды КаспНИРО. Т. XVIII, 1962.

Винецкая Н. И. Первичная продукция Северного Каспия. Труды КаспНИРО. Т. XX, 1964.

Дацко В. Г. Органическое вещество в водах южных морей СССР. Изд-во АН СССР, 1959.

Кузьмин А. Г. О колебаниях численности судака в Северном Каспии. Труды ВНИРО. Т. XXXIV, 1958.

Лопатин С. З. и Гуревич Г. М. Добыча рыбы и морского зверя в Каспийском бассейне. Статистический справочник. Астрахань, 1962.

Сергеева А. И. Об измелчании северокаспийской воблы. Труды совещаний ихтиологической комиссии АН СССР. Вып. 13, 1961.