

ТОМ
СШТРУДЫ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ОКЕАНОГРАФИИ (ВНИРО)

1974

УДК 597 - 154.34 - 152.5

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
НА СТРУКТУРУ И ПРОДУКЦИЮ ПЕЛАГИЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА РЫБ
АЗОВСКОГО МОРЯС.П.Воловик
АзНИИРХ

Азовское море в настоящее время является наиболее продуктивным регионом Мирового океана (Моисеев, 1970), что обуславливается его географическим положением, малой глубиной, относительно большим поступлением материкового стока (до 1/8 объема моря ежегодно), высокой интенсивностью биологических процессов. Режим водоема формируется под воздействием макро-синоптических процессов, определяющих активность ветровой деятельности, температурный фон и материковый сток по Азовскому бассейну (Спичак, 1960; Бронфман, 1972).

Изучая преобразование трех основных форм циркуляции атмосферы и эволюцию планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ), М.Х.Байдал (1963, 1964) обнаружил между ними тесную связь и установил, что прохождение ПВФЗ над тем или иным регионом определяется стационарированием оси планетарного вихря или так называемого полюса циркуляции атмосферы, который "блуждает" в пределах бассейна Ледовитого океана.

При гренландско-канадском (ГК) положении оси планетарного вихря ПВФЗ пересекает водосборную площадь Азовского бассейна, что способствует переносу сюда океанической влаги и снижению температуры при ослабленной ветровой деятельности (Бронфман и др., 1970; Бронфман, 1972; Закиев, 1969). Когда же полюс циркуляции находится в аляскинско-чукотском (АЧ) секторе Арктики, ПВФЗ занимает самое северное положение над европейской частью СССР, а над Азовским бассейном умень-

шается количество осадков, повышается температура, ослабляется ветровая деятельность и условия приближаются к климатической норме. При стационарировании полюса циркуляции в таймыро-баренцевоморском (ТБ) секторе ПВФЗ захватывает всю водосборную площадь Азовского бассейна. В этих условиях при усиленной ветровой деятельности на южно-европейскую часть территории СССР проникает значительное количество западных циклонов, несущих теплый и влажный воздух океана.

М.Х.Байдал (1964) и Х.Я.Закиев (1969) установили периоды, когда полюс циркуляции проявляет тенденцию к стационарированию преимущественно в каком-нибудь одном из выделенных секторов Арктической зоны: для гренландско-канадского и таймыро-баренцевоморского секторов эти периоды близки к 6-7 годам, для аляскинско-чукотского - к 5-6 годам. Весь цикл занимает около 18-20 лет, что согласуется с данными многих гляциогеофизиков, изучавших процессы в атмосфере в связи с активностью Солнца (Эйгенсон, 1963; Гирс, 1960; и др.).

В последние два десятилетия на режим Азовского моря усилилось воздействие антропогенных факторов. До начала 50-х годов естественный ход процессов в море не нарушался. Изъятие части рыбопродукции не приводило к перелову основных промысловых рыб.

В 1952 г. был зарегулирован сток основной реки бассейна - Дона, и в течение последующих четырех лет значительная часть его стока (около 17% годового) поступала в Цимлянское водохранилище. Это совпало с маловодным периодом и вызвало глубокие изменения в режиме моря.

На этом фоне с каждым годом увеличивается изъятие речного стока на нужды сельского хозяйства и промышленности, а водоем загрязняется сточными промышленными водами. Все это вызывает изменения в сложившихся комплексах рыб, структуре их популяций и величине продукции.

Морские пелагические рыбы

В Азовском море насчитывается 16 видов пелагических рыб, но массовыми являются только тюлька (*Clupeonella delicatula delicatula* (Nordman)) и хамса (*Engraulis encrasicolus* Linne), реже атерина (*Atherina moschoni pontica*) и трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus* L.). Тюлька и хамса — важные промысловые рыбы, вылов которых достигал, а иногда и превышал 2 млн. ц. Эти два вида относятся к короткоциклическим, продолжительность их жизни составляет преимущественно два-три года, поэтому структура популяций подвержена большим ежегодным изменениям в зависимости от убыли (естественной и промысловой) особей старших возрастных групп и пополнения, определяющегося урожаем: молоди. Натурный ряд наблюдений за состоянием популяций этих рыб охватывает период с 1931 г. по настоящее время, исключая военные годы (1941-1945).

При бытовом режиме Дона биомасса хамсы, определяемая методом прямого количественного учета (Майский, 1940, 1967), изменялась от 0,8 до 4,2 (средняя 2,2) млн. ц /табл. I/. В период становления режима моря биомасса хамсы, в том числе и молоди, значительно уменьшилась, а годовые ее колебания стали больше: максимальный уровень превышал минимальный в семь раз, тогда как в предшествующий период это отношение было меньше пяти.

В последнее десятилетие средняя величина биомассы хамсы поднялась до уровня, существовавшего при естественном режиме рек. Однако несмотря на некоторое увеличение урожайности молоди в последние годы по сравнению с пятидесятыми общее ее количество оставалось меньше, чем до зарегулирования Дона. Аналогичные изменения претерпевала и численность популяции хамсы, что отразилось на ее возрастном составе (табл. 2). Так, до 1951 г. относительное значение урожая молоди (возрастная группа 0+) было больше, чем в последующие годы, которые характеризовались накоплением старших возрастных групп (1+ - 3+). К концу шестидесятых годов размерно-весовые показатели хамсы проявляли четкую тенденцию к увеличению.

Т а б л и ц а I

Суммарная биомасса и численность хамсы и тюльки
в Азовском море при разных его режимах

Показатели	1932-1951 гг.	1952-1959 гг.	1960-1969 гг.
------------	---------------	---------------	---------------

Х а м с а

Биомасса, млн.ц			
общая	<u>0,80-4,20</u> 2,20	<u>0,30-2,20</u> 1,00	<u>0,30-5,40</u> 2,20
молоди	<u>0,20-1,40</u> 0,6	<u>0,10-0,50</u> 0,20	<u>0,05-1,10</u> 0,40
Численность, млрд.шт.			
общая	<u>30-107</u> 64	<u>9-59</u> 30	<u>11-89</u> 46
молоди	<u>13-56</u> 31	<u>1-45</u> 14	<u>3-42</u> 21

Т ю л ь к а

Биомасса, млн.ц			
общая	<u>2,60-6,00</u> 4,60	<u>2,30-8,90</u> 4,50	<u>3,40-6,50</u> 5,10
молоди	<u>0,30-2,00</u> 0,90	<u>0,10-3,30</u> 1,10	<u>0,04-1,60</u> 0,70
Численность, млрд.шт.			
общая	<u>187-622</u> 442	<u>129-394</u> 280	<u>108-472</u> 269
молоди	<u>96-520</u> 224	<u>7-293</u> 120	<u>26-235</u> 91

Примечание. В дробях: числитель - пределы колебаний;
знаменатель - средние значения.

Т а б л и ц а 2

Размерно-весовые показатели возрастных групп хамсы
и тюльки при различных режимах Азовского моря

Показатели	Возрастные группы			
	0+	I+	2+	3+
	1932 - 1951 гг.			
Численность, %	<u>54,6</u>	<u>29,5</u>	<u>14,8</u>	<u>1,1</u>
	50,6	36,1	10,9	1,4
Средняя длина, мм	<u>58</u>	<u>81</u>	<u>91</u>	<u>100</u>
	48	62	69	76
Средний вес, г	<u>1,7</u>	<u>5,8</u>	<u>7,2</u>	<u>8,9</u>
	1,1	2,6	3,3	4,6
	1952 - 1959 гг.			
Численность, %	<u>44,0</u>	<u>37,8</u>	<u>16,8</u>	<u>1,4</u>
	46,8	26,8	22,5	3,9
Средняя длина, мм	<u>58</u>	<u>88</u>	<u>95</u>	<u>103</u>
	42	56	63	69
Средний вес, г	<u>1,6</u>	<u>6,1</u>	<u>7,4</u>	<u>9,0</u>
	0,7	1,7	2,3	3,4
	1960 - 1969 гг.			
Численность, %	<u>49,7</u>	<u>34,1</u>	<u>14,9</u>	<u>1,3</u>
	40,2	34,4	18,4	7,0
Средняя длина, мм	<u>63</u>	<u>91</u>	<u>100</u>	<u>109</u>
	43	59	63	72
Средний вес, г	<u>2,2</u>	<u>6,9</u>	<u>8,7</u>	<u>10,5</u>
	0,9	2,5	3,2	3,8

Примечание: В дробях: числитель - хамса,
знаменатель - тюлька.

Годовая продукция^{X/} популяции хамсы за 1960–1969 гг. изменялась от 0,3 до 3,3 (средняя 1,5) млн.ц, в том числе по возрастной группе 0+ – от 0,1 до 1,3 (средняя 0,6) млн.ц. За время пребывания в Азовском море – с апреля до конца октября – продукция популяции составляет в среднем около 1,5 млн.ц, или 93% годовой. Отношение продукции к биомассе (коэффициент Р/В) в указанные годы изменялось от 0,4 до 1,4 и определялось численностью сеголетков и двухлетков в каждом конкретном случае. В годы, когда молодь была многочисленна, а старшие возрастные группы малочисленны, отношение Р/В было больше единицы, а при высокой численности нерестовой популяции и слабом урожае – меньше единицы. Среднепогодное отношение Р/В для всей популяции составляло 0,7, а для промысловой части стада – 0,5.

Биомасса только при бытовом режиме Азовского моря изменялась от 2,3 до 6 млн.ц, а биомасса молоди – от 0,3 до 2 млн.ц. (см.табл. I). Общая численность популяции составляла 188–622 млрд. экз., в том числе 96–520 млрд. экз. молоди. Среди молоди преобладали сеголетки, среди более старших возрастных групп – двухлетки. С 1952 г. стали снижаться численность только, относительная величина урожая и размерно-весовые показатели. В шестидесятые годы несмотря на некоторое улучшение состояния популяции ее биологические показатели (за исключением общей биомассы) были ниже, чем до зарегулирования стока Дона. Годовая продукция только изменялась в эти годы от 1,9 до 5,5 (средняя 3,8) млн.ц. Отношение Р/В составило в этот период 0,4–1,1 (среднее 0,8).

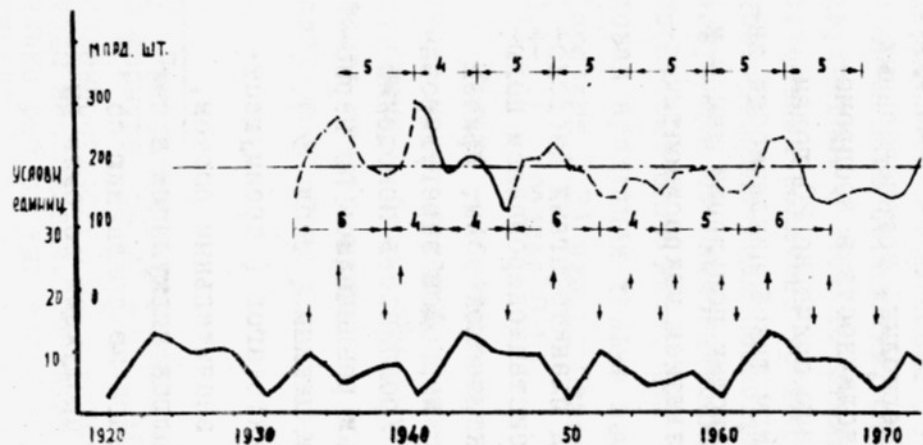
Только – постоянный, а хамса – временный обитатель Азовского моря, который держится в апреле–октябре в осолоненной (соленость более 9⁰/∞) части моря. Общность ареала и близость спектров питания обуславливают необходимость оценивать популяции обоих видов совместно.

^{X/} Продукция рассчитывалась для каждой возрастной группы по формуле: $P = \frac{N_1 + N_2}{2} (W_2 - W_1)$, где Р – продукция; N_1 и N_2 – численность; W_1 и W_2 – вес тела в начальный и конечный периоды наблюдений. Популяционная продуктивность по сумме продукции рыб разных возрастных групп за каждый отдельный год (Винберг, 1968).

Изменения общей численности хамсы и тюльки носят циклический характер, периоды колебаний составляют 4-6 и 18-20 лет (рисунок). Так, минимальное количество этих рыб отмечалось в 1932, 1938, 1946, 1952, 1956, 1961 и 1967 г., максимальное - в 1935, 1940, 1949, 1959 и 1964 г. Периодичность в наступлении экстремумов урожайности поколений аналогична. К сожалению, данных за 1941-1945 гг. нет, но на основании выявленной периодичности можно полагать, что в эти годы происходило снижение численности с незначительным повышением в 1943-1944 гг. Последнее подтверждается и данными по возрастному составу популяций: в 1946 г. была довольно велика доля четырехлетков.

При сопоставлении циклических вариаций численности массовых планктофагов с ходом кривой, построенной на основе 4-6, 8-10 и 18-20-летних периодов изменения интенсивности биологических процессов, установленных Г.К.Ижевским (1964) для Европейско-Азиатской системы, можно видеть определенное согласование: экстремумы численности запаздывают чаще всего на год по отношению к экстремумам периодик, установленных Г.К.Ижевским. Это подтверждает периодичность в воспроизводстве азовских планктофагов, равную примерно 20 годам. Еще более убедительным подтверждением такой цикличности является изменение важнейших характеристик популяций хамсы и тюльки в периоды, различающиеся развитием макросиноптических планетарных явлений.

Период природных наблюдений над планктофагами Азовского моря охватывает два цикла с квазистационаризацией полюса циркуляции в разных секторах Арктической зоны, причем второй цикл практически совпадает с периодом зарегулирования материкового стока в бассейне. Урожайность поколений и продукция популяций хамсы и тюльки различались по периодам одного цикла и особенно по двум циклам (табл. 3). Так, наиболее мощные поколения планктофагов (преимущественно за счет тюльки), обладавшие значительным ростом, появлялись в период расположения полюса циркуляции в секторе АЧ, хамса же была менее численной по сравнению со средней численностью для цикла, но продукция ее была высокой.



Изменения численности азовских планктофагов в 1932-1970 гг.

- — — — суммарная кривая периодик интенсивности процессов в Европейско-Азиатской системе (по Ижевскому, 1964);
- - - - численность планктофагов, млрд.шт., в том числе расчетная за 1941-1945 гг.;
- "- - среднееголетняя численность планктофагов, млрд.шт.;
- годы максимальной () и минимальной () урожайности планктофагов;
- 5 ← период и число лет между экстремумами численности планктофагов.

Т а б л и ц а 3

Урожайность поколений и продукция планктофагов Азовского моря в разные периоды макросиноптических процессов

Показатели	Первый цикл				Второй цикл			Средняя
	ГК	АЧ	ТБ	Средняя	ГК	АЧ	ТБ	
	1932-1937гг. 1938-1942гг. 1943-1949гг.				1950-1955гг. 1956-1966гг. 1961-1967гг.			
Урожайность, млрд.шт.								
общая	280	302	251	267	160	99	123	125
хамсы	36	27	32	32	19	17	19	18
Продукция, млн.ц								
общая, %	<u>9,21</u> 90	<u>10,93</u> 113	<u>9,28</u> 91	<u>9,70</u> 100	<u>5,44</u> 114	<u>3,43</u> 72	<u>5,23</u> 110	<u>4,76</u> 100
хамсы, млн.ц	1,40	1,86	1,78	1,65	1,10	0,62	1,80	1,13

Наиболее значительная урожайность хамсы отмечена при стационаровании полюса циркуляции в секторе ГК, но в этот период условия для ее обитания в Азовском море были не совсем благоприятными, о чем свидетельствует пониженная продукция популяции. В целом для планктофагов при естественном режиме рек и моря урожайность и продукция были близкими при ГК и ТБ положениях полюса циркуляции, а при стационаровании его в секторе АЧ, когда условия приближались к климатической норме, и урожайность, и продукция хамсы были высокими.

После зарегулирования материкового стока урожайность и продукция планктофагов снизилась (в полтора-два раза). И хотя тьялка продолжала оставаться доминирующим видом, условия для ее воспроизводства в Азовском море стали значительно хуже. Это способствовало относительному увеличению доли хамсы (с 17 до 23%) в общей продукции планктофагов, а в последний ТБ период она составила 34% и достигла уровня, на котором находилась в тот же период при естественном режиме рек.

Чрезвычайно низкие численность и продукция планктофагов в 1956-1960 гг. обусловлены становлением режима моря после длительного и существенного (около 9 км^3 , или 17%) ежегодного изъятия материкового стока, когда существовавшие внутренние компенсационные механизмы в системе моря нарушились. Продукция и численность хамсы и тьялки в ГК и ТБ периоды хотя и различались в разные циклы, но были близки между собой в каждом из циклов. Это свидетельствует о сохранившихся тенденциях воздействия на популяции хамсы и тьялки климатических факторов, свойственных каждому периоду. В данной ситуации различие в количественных характеристиках рассматриваемых параметров популяций в разные циклы можно целиком или почти целиком (поскольку, по данным Х.Я.Закиева (1969), в последние 35 лет наблюдалось некоторое потепление нижних слоев тропосферы) отнести за счет воздействия антропогенного фактора.

Материковый сток в силу большого его значения для маловодного Азовского моря (общий объем моря около $0,3 \text{ тыс. км}^3$) оказывает чрезвычайно существенное влияние на режим региона, в первую очередь на качественную и количественную динамику солевого состава. Последний в свою очередь вызывает соответствующие изменения в ареалах нагула и размножения рыб, качестве и количестве кормовых организмов, поскольку в условиях все возрастающего осолонения моря падает продуктивность кормовой базы из-за смены высокопродуктивных представителей солоноватого комплекса более устойчивыми к солености, но менее продуктивными типично морскими организмами. Кроме того, на материковом стоке особенно сильно сказывается воздействие антропогенного фактора. В этой связи интересно сравнить некоторые параметры популяций планктофагов в сходные по водности периоды, различающиеся интенсивностью воздействия антропогенного фактора. Это сравнение правомочно, так как раньше были установлены зависимости биомассы и численности популяций хамсы и тюльки от величины материкового стока (Ревина и др., 1972).

При естественном режиме рек урожайность и численность рыб были наиболее высоки в маловодные годы, а продукция популяций — в многоводные годы (табл. 4). После зарегулирования рек поступление материкового стока в апреле — июне в средне- и многоводные годы было таким же, как в средне- и маловодные при естественном режиме, или несколько выше. Соответственно уровню поступления стока изменялась и кормовая база планктофагов. Только в маловодные годы последнего десятилетия, когда усилились автохтонные процессы в море, количество зоопланктона было выше в результате повышения содержания биогенов, находящихся в круговороте. Все рассматриваемые в табл. 4 параметры в 1956—1969 гг. были в полтора — пять раз ниже, чем в период бытового режима рек.

Т а б л и ц а 4

Численность планктофагов в зависимости от условий среды до (1932-1951 гг.) и после (1956-1969 гг.) зарегулирования стока рек Азовского бассейна

Показатели	1932-1951 гг.			1956-1969 гг.		
	много- водные	средне- водные	маловод- ные	много- водные	средне- водные	маловод- ные
Число лет	4	3	8	3	5	5
Сток, км ³						
годовой	54,0	38,9	27,6	45,0	36,0	29,9
в апреле- июне	37,6	26,3	16,2	22,6	16,2	12,2
Биомасса зоопланктона, мг/м ³						
в июне- августе	619	504	328	418	363	504
в апреле- октябре	-	-	-	385	345	430
Урожай моло- ди, млрд. шт.						
хамсы	25	25	35	10	21	21
тюльки	207	100	251	165	37	75
Численность половозре- лых рыб, млрд. шт.						
хамсы	423	442	445	402	246	231
тюльки	18	58	18	25	10	34
тюльки	405	384	437	377	236	197
Общая чис- ленность планктофа- гов, млрд. шт.	655	666	731	577	304	327
Годовая продукция, млн. ц						
хамсы	11,6	8,8	9,1	4,3	3,5	5,7
тюльки	2,4	2,5	1,5	0,9	0,7	1,6
тюльки	9,2	6,3	7,6	3,4	2,8	4,1

Таким образом, после зарегулирования рек и изъятия части материкового стока в Азовском море естественные биологические процессы в пелагиали водоема нарушились. Это обусловило качественные изменения доминирующего пелагического сообщества рыб, отразилось на темпе обновления популяций и на величине их продукции.

Л и т е р а т у р а

- Б а й д а л М.Х. Погодные и климатические характеристики основных форм циркуляции. — "Труды КазНИГМИ." 1963, вып. 20, с. 64-76.
- Б а й д а л М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана. Л., Гидрометеиздат, 1964, 430 с.
- Б р о н ф м а н А.М., З а к и е в Х.Я., М а к а р о в а Г.Д. К вопросу о потенциальной возможности Азовского моря к самоочищению от органических загрязнений. — "Океанографические аспекты самоочищения моря от загрязнения". Киев, "Наукова думка", 1970, с. 167-178.
- Б р о н ф м а н А.М. Современный гидролого-гидрохимический режим Азовского моря и возможные его изменения. — "Труды АзНИИРХ", 1972, вып. 10, с. 20-41.
- В и н б е р г Г.Г. Методы определения продукции водных животных. Минск, "Высшая школа" 1968, 248 с.
- Г и р с А.А. Некоторые характеристики эпох в развитии форм атмосферной циркуляции и изменения солнечной активности. — "Метеорология и гидрология", 1960, № 8, с. 29-33.
- З а к и е в Х.Я. Последнее обледенение большого Кавказа. — Ростов-на-Дону, 1969, 113 с.
- И ж е в с к и й Г.К. Системная основа прогнозирования океанологических условий и воспроизводства промысловых рыб. М., изд. ВНИРО, 146 с.

- М а й с к и й В.Н. К методике изучения рыбной продуктивности Азовского моря. - "Труды АзчерНИРО", 1940, вып.12, ч.1, с. 25-69.
- М а й с к и й В.Н. Об оценке запасов азовской тюльки. - "Труды ВНИРО", 1967, т. XII, с.190-196.
- М о и с е е в П.А. Биологические ресурсы Мирового океана. М., "Пищевая промышленность", 1970, 326 с.
- Р е в и н а Н.И., В о л о в и к С.П., Ф и л ь ч а г и н Н.К. Состояние запасов азовских морских промысловых рыб (бычков, хамсы, тюльки) и возможные изменения их при различных водохозяйственных мероприятиях. - "Труды АзНИИРХ", 1972, вып.10, с.67-83.
- С п и ч а к М.К. Гидрологический режим Азовского моря в 1951-1957 гг. и его влияние на некоторые химические и биологические процессы. - "Труды АзНИИРХ", 1960, т.1, вып.1, с. 115-143.
- Э й г е н с о н М.С. Солнце, погода и климат. Л., Гидрометиздат, 1963, 258 с.

Effect of climatic and anthropogenic factors on the structure and production of the pelagic community of fish from the Azov Sea

S.P.Volovik

S u m m a r y

Fluctuations in the biomass, abundance, production and age-size-weight frequencies of anchovy and tiulka, the most abundant plankton eaters in the Azov Sea, are of a cyclic character. Periods of fluctuations equal to 4-6 and 18-20 years are related to general climatic phenomena.

The regulation of rivers and a certain withdrawal of the continental runoff in the Azov Sea basin have affected the course of natural biological processes occurring in the pelagic layer. This has resulted in qualitative changes in the dominating pelagic community of fish, in the recruitment rate and production.