

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ФОРМИРОВАНИЯ БИОПРОДУКТИВНОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ**

Ю.М.Гаргопа

*Азовский филиал Мурманского морского биологического института и Южный
научный центр Российской академии наук.*

Отмечено, что главная особенность современных гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря - существенное распреснение его вод, связанное в основном с климатическими изменениями. Установлено, что благоприятный для воспроизводства рыбных запасов Азовского моря эффект его распреснения может быть достигнут в полной мере лишь при поэтапном сокращении изъятий стока рек бассейна до $5 \text{ км}^3/\text{год}$ (14% нормы), сохранении его годового объема $35\text{-}36 \text{ км}^3$ и восстановлении весеннего стока до $18,5 \text{ км}^3$.

В предшествующих работах (Гаргопа, 2000-2006) нами дана оценка современных аномалий гидрометеорологических процессов в Азовском море, а также сопряженности гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности южных морей с колебаниями атмосферной циркуляции.

Доказано, что, несмотря на антропогенные воздействия, квазициклические колебания климатообразующих процессов и речного стока остаются ключевыми факторами развития экосистем южных морей и в том числе Азовского.

Настоящая работа является продолжением указанных исследований и посвящена главным образом оценке современных особенностей гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря в условиях изменений климата и антропогенных воздействий.

Природные и антропогенные изменения гидрологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря описаны во многих работах, в частности (Бронфман, Дубинина, Макарова, 1979; Бронфман, Хлебников, 1985; Гаргопа, 1988; Гидрометеорология и гидрохимия, 1991; Кукса, 1994). Исследованы материалы наблюдений за океанографическим режимом Азовского моря и гидрологией рек его бассейна преимущественно до начала 1970-х – середины 1980-х гг. XX в. Между тем в последние 15-20 лет произошло достаточно резкое изменение климатообразующих факторов (особенно с 1987 г.), характера и степени антропогенных воздействий (главным

образом с начала 1990-х гг.), особенностей гидрологических и биотических условий формирования биоресурсов Азовского моря.

В первую очередь следует отметить изменение атмосферных процессов и климата, обусловившее повышение стока рек бассейна (преимущественно р. Кубани), уменьшение его изъятий (особенно в низовьях), а также изменение структуры водного баланса Азовского моря (рост атмосферных осадков и уменьшение испарения, изменение характера водообмена с Черным морем). Вопреки широко распространенным мнениям о неизбежности катастрофического осолонения моря, после 1976 г. было отмечено неожиданное распреснение его вод, особенно с 1993г. (с 13,8 до 10‰). Современное распреснение южных морей и в том числе Азовского, высокое стояние их уровней и аномальность других параметров гидрометеорологического режима и океанографических полей (увеличение пресных балансов, ветровая депрессия, потепление вод и рост их устойчивости, рост первичного продуцирования органического вещества, расширение зон с гипоксией и другие явления) вызваны развитием явления Эль-Ниньо, а также в холодное (особенно зимнее) время года усилением западного (W) и северного (C) типов макропроцессов и резким ослаблением восточного (E), при годовой частоте их появления близкой к норме (Гаргопа, 2000-2006). В этих условиях ежегодно, начиная с 1988 г., из Черного моря в Азовское проникает и интенсивно развивается в последнем гребневик *Mnemiopsis leidyi*, обусловивший биологическое загрязнение, а также в сочетании с изменениями климата создавший предпосылки для резкого повышения интенсивности первичного продуцирования (ПП) органического вещества (ОВ), ухудшения кислородного режима, подрыва кормовой базы пелагических рыб и ряда других, неблагоприятных для экосистемы Азово-Черноморского бассейна последствий (Гребневик..., 2000; Семенов, Александрова, 2000; Александрова, 2003; Гаргопа, 2003-2005).

Поэтому целесообразно оценить тенденции и причины крупномасштабных изменений, а также современное состояние экосистемы бассейна Азовского моря, и в первую очередь, гидрометеорологических условий формирования его биопродуктивности за последние 15-20 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В основном были использованы опубликованные материалы сезонных (апрель, июль, август, октябрь) океанографических съемок Азовского моря, выполненных Азовским НИИ рыбного хозяйства в 1960-2002 гг., Азовским филиалом ММБИ КНЦ и ЮНЦ РАН, в 1997-2006 гг., а также опубликованные и фондовые данные наблюдений Госкомгидромета и иных учреждений за стоком рек, температурой воздуха и воды, ветром и другими физико-химическими и биологическими характеристиками.

Кроме системного и межсистемного подходов, анализа физической сущности процессов, протекающих в экосистеме Азовского моря и его бассейна, применялись методы математической статистики, в первую очередь корреляционный и регрессионный анализы, нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов, оценка линейных трендов, картирование и сравнительный анализ.

ИЗМЕНЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

От речного стока (Q_p) в решающей степени зависят гидрологические условия жизни рыб в русловой сети и на поймах рек, в лиманах, озерах, водохранилищах, предустьевых пространствах моря, интенсивность и характер захода производителей в реки, эффективность размножения, скат молоди, ее выживание и нагул на устьевых взморьях. Основные физико-химические характеристики абиотической части экосистемы Азовского моря, такие как соленость (S) и количество биогенных веществ (БВ), формируются главным образом речным стоком, а также температурой и ветром преимущественно за рассматриваемый год и в течение 4-6 предшествовавших ему лет. При формировании биомасс фитопланктона, зоопланктона и зообентоса указанный период помимо рассматриваемого года включает и 2-7 предшествующих. Решающее влияние на динамику численности популяций, уловов и запасов полупроходных и некоторых проходных рыб Азовского моря оказывает сток рек его бассейна преимущественно в течение 2-6 предшествовавших анализу лет. Запасы и уловы осетровых в основном зависят от суммарного стока рек Дона и Кубани (Q_p) в наиболее важные периоды воспроизводства этих рыб за 9-12 и более предшествовавших лет (Гаргопа, 1989; 2000-2006).

Для многолетних колебаний температуры воздуха и ветровой активности над акваторией Азовского моря, которые с известным приближением можно считать только следствием флуктуаций климата, характерны в первом случае положительный ($1,1^{\circ}\text{C}$), а во втором отрицательный ($1.5-2.0 \text{ м/с}$) тренды. По данным береговых гидрометеостанций (ГМС) с конца 1940-х и до середины 1980-х гг. XX в. были отмечены положительные тенденции в многолетних колебаниях среднегодовой и среднемесячных температур поверхностного слоя воды зимой и весной ($0.2-0.3^{\circ}\text{C}$), а также осенью (0.4°C). В межгодовых же колебаниях летней температуры был отмечен отрицательный тренд (0.4°C). До второй половины 1990-х гг. положительные тренды составляли $0.2 - 0.5^{\circ}\text{C}$ (максимум отмечался весной). Для межгодовых изменений летней температуры воды выраженные тенденции не установлены. В целом для температуры прибрежных поверхностных вод Азовского моря выраженных признаков глобального потепления не установлено.

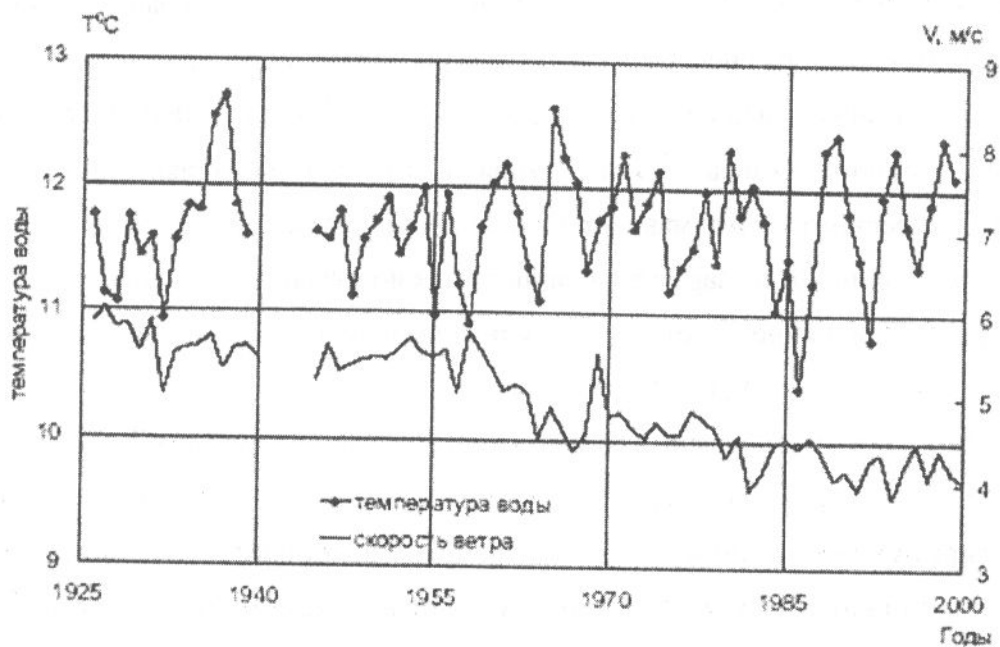


Рис. 1. Многолетние колебания среднегодовых значений температуры воды и скорости ветра в прибрежье Азовского моря

Ранее нами (Гаргопа, 2003; 2004) отмечалось, что направленность тенденций и трендов, длительность периодов похолодания и потепления, периодов усиления и понижения ветровой активности, время их начала и окончания, степень и знаки аномальностей в многолетних колебаниях температуры воды и скорости ветра в различных частях побережья Азовского моря отличаются. Произошло изменение розы ветров, заключающееся главным образом в резком уменьшении в условиях углубления общей ветровой депрессии повторяемости и скорости ветра восточных направлений при относительном росте повторяемости западных ветров и несущественном снижении их скорости. Действительно, для среднегодовых и среднесезонных скоростей ветра, наблюдаемых российскими ГМС, отрицательные тренды в большинстве мест достигают 1,4-1,6 (Таганрог, Ейск, Темрюк) и даже 3,2 м/с (Приморско-Ахтарск), а наблюдаемых украинскими около 0,5-1,5 (Бердянск) и 0,3-0,7 (Мысовое) м/с. В условиях резкого ослабления ветров восточного направления квазистационарный наклон уровня Азовского моря от вершины Таганрогского залива до Керчи в 16 см (Гидрометеорология и гидрохимия, 1991), если и сохранился, то не в такой мере. Можно предполагать и существенные изменения системы течений в Азовском море, в частности, меньшую выраженность циклонального круговорота вод, формируемого главным образом северо-восточными и восточными ветрами. Косвенным образом это подтверждается и соответствующими изменениями характера влияния речного стока на параметры гидрофизических полей, в частности, солёности (Гаргопа, 2003; 2004). Наконец,

относительное усиление повторяемости ветров западных направлений и повышение уровня Азовского моря способствовало развитию абразионных процессов.

Исследования, выполненные нами ранее (Гаргопа, 2000-2006) в отношении элементов водного баланса Азовского моря, показали положительное влияние на сток рек развития северного типа макропроцессов в холодное время года и отрицательное восточной формы. Для зарегулированного периода наиболее существенным выглядит благоприятное влияние на сток р.Кубани повышение повторяемости в холодное время макропроцессов типов W, C и W+C.

В то же время ключевой для экосистемы бассейна Азовского моря фактор - речной сток - подвергается внутригодовому, межгодовому и территориальному перераспределению, а также возрастающему воздействию его изъятий. Причем такое воздействие становится уже соизмеримым с влиянием климатических факторов.

При зарегулированных условиях в многолетних (1952-2004 гг.) изменениях $Q_{\Sigma\Phi}$ - фактического суммарного весеннего стока рек Дона и Кубани (в створах ст. Раздорская и Краснодар соответственно) четко прослеживается тенденция к сокращению ($2,8 \text{ км}^3$, или 22.0%). Для осеннего и зимнего стока тренды наоборот положительны (соответственно 1.7 и 1.5 км^3 , или 29.7 и 29.8%). До середины 1980-х и тем более в 1970-х гг. XX в. интенсивность сокращения Q_p (по сравнению с таковым в период до конца 1990-х гг.) была выражена более резко (соответственно 12.3 , 2.9 , 6.5 км^3 или 31.2 , 25.6 , 42.4%). Достаточно заметное уменьшение наблюдалось и в колебаниях осеннего и зимнего стока (соответственно 1.1 , 2.1 км^3 или 15.9 , 32.5%). Уменьшение же отрицательных трендов связано не только с улучшением, начиная с 1987 г., природных условий формирования стока рек (главным образом р. Кубани), но и с уменьшением его изъятий, особенно в низовьях р. Кубани. Обращает на себя внимание и обусловленное как природными, так и антропогенными причинами увеличение (по абсолютной величине и по удельному весу) в общем стоке водности рек за холодное время года.

В среднем для зарегулированных условий годовой сток рек Дон и Кубани составил $\sim 33.8 \text{ км}^3$. Это меньше нормы на 7.5 км^3 или приблизительно на 20% и соответствует 70-75%-ной обеспеченности (P) естественного стока. Весенний сток равен 11.5 км^3 , что соответствует 90%-ной обеспеченности, почти вдвое меньше нормы и лишь на 1.3 км^3 (12%) превышает естественный его минимум (табл. 1).

Вследствие изъятий воды из водоемов и водотоков бассейна Азовского моря, территориального перераспределения и регулирования стока рек его экосистема в последние 55 лет функционировала в среднемаловодных условиях, а весной (наиболее важный период для воспроизводства проходных и полупроходных рыб) - в исключительно маловодных.

Таблица 1. Годовой и сезонный сток (км³) рек Дона и Кубани в характерные периоды лет

Период	QД						QК						QΣ					
	Ш-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	год	Ш-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	год	Ш-V	VI-VIII	IX-XI	XII-II	год			
1911-1951	18.4	4.1	2.2	2.6	27.3	3.9	5.0	2.0	2.0	12.7	22.3	9.1	4.2	4.6	40.0			
1952-2000	8.0	5.0	4.6	3.8	21.6	3.7	4.6	1.9	1.8	12.0	11.7	9.6	6.5	5.6	33.6			
1952-2004	7.9	5.0	4.7	3.9	21.7	3.7	4.7	2.0	1.8	12.1	11.6	9.7	6.6	5.7	33.8			
1952-1968	7.8	5.0	4.5	3.2	20.5	3.9	4.5	1.7	1.9	12.0	11.6	9.4	6.2	5.2	32.4			
1952-1976	9.0	5.4	4.8	3.6	22.8	4.2	4.9	1.7	2.0	12.8	13.2	10.3	6.5	5.6	35.5			
1969-1976	5.2	4.0	3.9	2.5	15.6	3.1	3.6	1.8	1.8	10.2	8.3	7.6	5.7	4.3	25.8			
1972-1976	3.4	3.4	3.2	2.3	12.3	3.1	3.8	2.1	1.9	10.9	6.5	7.3	5.3	4.2	23.2			
1977-2000	8.0	5.2	4.8	4.6	22.6	3.6	4.8	2.1	1.6	12.1	11.6	10.0	7.0	6.1	34.5			
1977-2004	7.9	5.2	4.9	4.6	22.6	3.6	4.7	2.2	1.6	12.3	11.5	10.1	7.1	6.2	34.7			
1977-1982	11.6	6.1	5.1	4.6	27.2	3.5	4.9	2.1	1.7	12.0	14.9	11.0	6.7	7.1	39.2			
1983-2000	6.9	4.8	4.8	4.6	21.2	3.5	4.7	1.8	1.3	11.8	10.5	9.5	6.6	5.8	33.0			
1983-2004	6.9	4.9	4.9	4.6	21.4	3.5	4.8	2.0	1.4	12.1	10.5	9.7	6.9	6.0	33.5			
1987-2000	7.2	4.9	5.0	4.7	21.5	3.8	5.0	2.3	1.9	13.1	11.0	10.0	7.3	6.5	34.6			
1987-2004	7.2	5.0	5.0	4.7	21.7	3.8	5.0	2.4	1.9	13.2	10.9	10.1	7.4	6.5	34.9			

Таким образом, гидрологические условия жизни рыб в русловой сети рек, на поймах, в дельтах и лиманах по объему годового стока находятся в среднем между экологически предельно допустимыми и критическими, а по объему наиболее важного для воспроизводства рыб весеннего стока - ближе к катастрофическим.

Несмотря на климатообусловленное повышение стока рек и уменьшение его изъятий в последние годы, вероятность формирования в гидрографической сети водного режима, отвечающего гидроэкологическим условиям воспроизводства проходных и полупроходных рыб Азовского моря, составляет 10-15%, что в 6-8 раз меньше значений аналогичного показателя для периода до создания Цимлянского гидроузла (1952 г.).

В многолетних изменениях фактического весеннего стока Дона (Q_d) в зарегулированный период не было ни одного многоводного ($P \leq 25\%$) года, средневодные годы ($P = 74-26\%$) составили лишь 20%, а остальные 80% были маловодными ($P \geq 75\%$), из них 25 лет были исключительно маловодными ($P \geq 95\%$). При этом из них 20 лет следовало бы рассматривать как катастрофические, поскольку объем стока в эти годы был значительно (в 1.5-2 раза) меньше естественного минимума. Только в девяти случаях отмечалось частичное затопление нижнедонской поймы, но лишь в 1963, 1979, 1981 и 1994 гг. объем весеннего стока в основном отвечал экологическим требованиям воспроизводства проходных и полупроходных рыб. Несмотря на преимущественно весьма благоприятные климатические условия формирования водности р. Кубани в 1987-2004 гг., ее сток (Q_k) по рукавам Протока и Петрушин непосредственно в Азовское море за апрель - август в целом был исключительно маловодным ($P \approx 90\%$). Лишь в шести случаях он соответствовал предельно допустимым экологическим условиям воспроизводства осетровых рыб и в трех приближался к ним. Некоторое улучшение гидрологических условий воспроизводства полупроходных рыб в указанные годы отмечалось в лиманах дельты р. Кубани.

Приток пресных вод в Ахтарско-Гривенские и Центральные лиманы в 1990-1993, 1995-1998 гг. в среднем составил $\sim 2.5 \text{ км}^3$, из которых 1.2 км^3 приходилось на речные и 1.3 км^3 - на сбросные воды с рисовых полей. Однако и в этот период их сезонное распределение не соответствовало экологическим требованиям воспроизводства полупроходных рыб. Исключительно неблагоприятными были условия обводнения лиманов в катастрофически маловодном 1994 г., когда приток пресных вод составил лишь 1 км^3 . При этом объем речного стока в лиманы ($0.5-0.6 \text{ км}^3$) сократился более чем вдвое, а объем сбросных вод с рисовых полей - почти втрое (0.5 км^3). Примечательно, что для Ахтанизовских лиманов увеличение притока речных вод оказалось незначительным. После перекрытия рукава Переволоки (1925 г.) сток по Казачьему Ерику в 1936-1948 гг.

составлял в среднем $3.5 \text{ км}^3/\text{год}$, в 1960-1970 гг. – 1.3, в 1973-1979 гг. – 0.5, в 1980- 1985 – 0.3, а в 1986 г. – $0.1 \text{ км}^3/\text{год}$. После 1978 г. сток по Казачьему Ерику не был постоянным. В 1990-1997 гг. его годовой объем составил в среднем 0.3 км^3 при колебаниях от 0.5 (1992 г.) до 0.1 км^3 (1994 г.). Даже в экстремально многоводный 1997 г. объем притока речных вод в указанную систему кубанских дельтовых лиманов не превысил 0.4 км^3 .

Рост изъятий, внутригодового и территориального перераспределения стока рек, гидротехническое строительство и другие факторы антропогенного происхождения уже к середине 1980-х гг. привели к уменьшению мутности донских и кубанских вод (от 190 и 680 г/м^3 до 80 и 100 г/м^3 соответственно), стока взвешенных наносов (от 13,2 до 2,5 млн.т) и соединений фосфора, повышению минерализации (на 30-50 %) (Гаргопа, 1979, 1981, 2000).

В последующие 15 лет вследствие климатообусловленного роста стока рек (главным образом р. Кубань) мутность донских и кубанских вод повысилась (в среднем до 110 и 570 г/м^3 соответственно). Суммарное поступление взвешенных наносов в вершинах дельт также увеличилось в среднем до 3,1 млн.т в год (в том числе р. Дон-2,4 млн.т, р. Кубань-0,7 млн.т). Среднегодовая минерализация донских вод составляет 0,7-0,8, а кубанских 0,3-0,4 г/л. Несколько (на 20-30%) повысился ионный сток рек, составив в среднем около 21 тыс.т в год (в том числе р. Дон-16,7, а р. Кубань-4,4 тыс.т в год).

Следствием антропогенных преобразований речного стока и изменений характера климатообразующих процессов стали изменения основных характеристик гидрологического и гидрохимического режима Азовского моря и, в первую очередь, солености.

ИЗМЕНЕНИЯ СОЛЕННОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ВОД, КИСЛОРОДНОГО И БИОГЕННОГО РЕЖИМА МОРЯ

По режиму солености Азовского моря принято выделять два больших периода: до ввода в строй Цимлянского гидроузла (1952 г.) и после него.

Режим солености в естественных и в зарегулированных условиях (до середины первой половины 1980-х гг.) рассматривался во многих работах (см., например, Бронфман, Дубинина, Макарова, 1979; Бронфман, Хлебников, 1985; Гидрометеорология и гидрохимия, 1991; Кукса, 1994). Поэтому здесь основное внимание будет обращено на оценку гидрологического режима Азовского моря в последующие годы, особенно с начала 1990-х гг.

Приток речных вод в Азовское море в естественных условиях достигал $\sim 40.6 \text{ км}^3/\text{год}$ и определял пониженную соленость его вод. В среднем $S = 10.6\%$ при межгодовых колебаниях от 11.9 (1951 г.) до 9.1‰ (1932г.), а в Таганрогском заливе - от

8.0-8.1 (1938, 1939 гг.) до 3.7‰ (1927, 1932 гг.) (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991; Гаргопа, 2000-2006) (рис. 2).

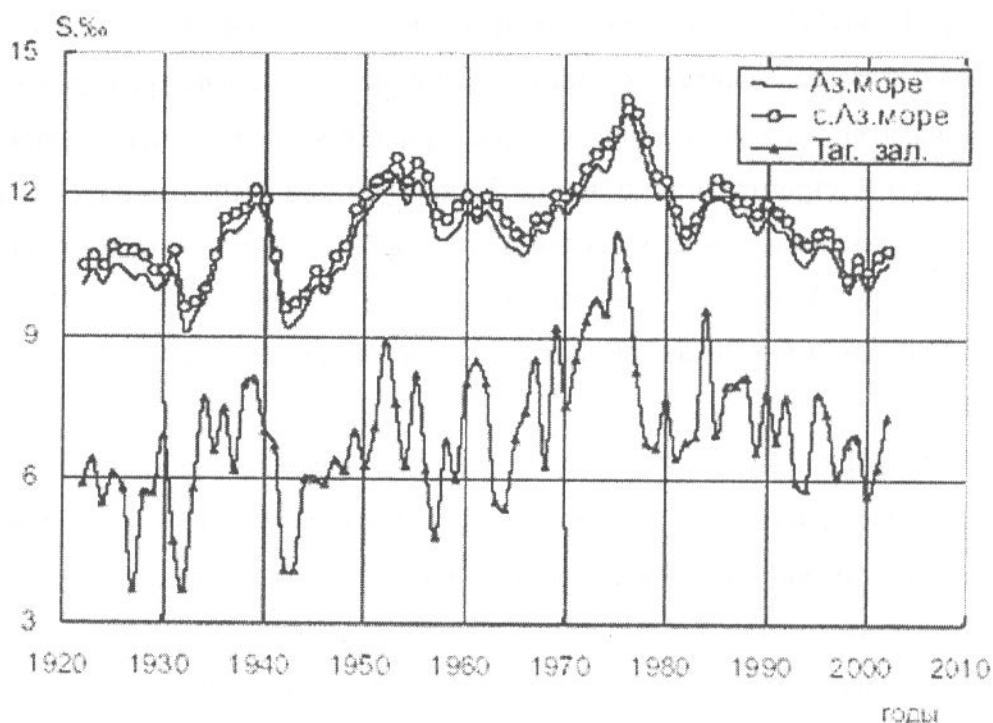


Рис. 2. Многолетние колебания солености Азовского моря (построено по данным наблюдений ГОИН, АзЧерНИРО, АзНИИРХ, АФ ММБИ КНЦ РАН и ЮНЦ РАН).

При зарегулированном стоке в многолетних колебаниях солености Азовского моря выделяются: период осолонения (с 1952 по 1976 г.) и период распреснения (с 1977 г. по настоящее время), включающие несколько характерных периодов меньшей продолжительности.

Прогрессирующий рост безвозвратных изъятий речного стока (до $10 \text{ км}^3/\text{год}$) и резкое ухудшение климатических условий его формирования в конце 1960-х годов и особенно в первой половине и середине 1970-х гг. (резко выраженная отрицательная аномальность макропроцессов W и C и исключительное развитие формы E) сократили приток речных вод до $22 \text{ км}^3/\text{год}$ и привели к известному катастрофическому осолонению Азовского моря до 13.8, а Таганрогского залива - до 11,5‰. В 1976 г. площадь с $S < 7\text{‰}$ сократилась до 1.3 тыс. км^2 , а с $S < 11\text{‰}$ - до 3 тыс. км^2 . Одновременно ~ 20 и 12 тыс. км^2 собственно Азовского моря занимали водные массы с $S < 13-14$ и $14-14.4\text{‰}$ соответственно. Около 40% площади Таганрогского залива было занято водами с $S = 11-13\text{‰}$. Таким образом, для всех популяций полупроходных рыб и молоди осетровых удовлетворительные условия по солености сохранялись лишь в восточной части Таганрогского залива (рис. 3).

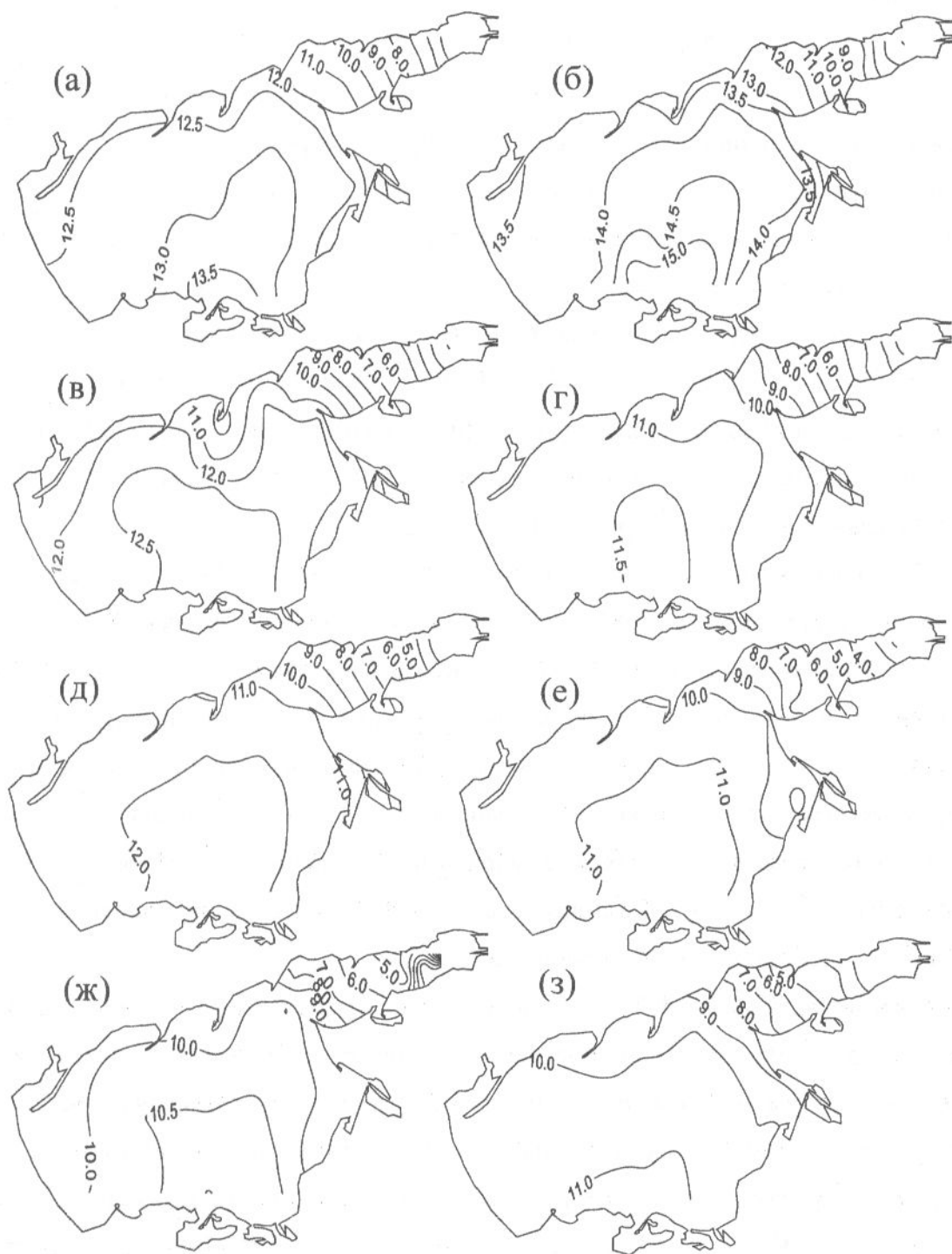


Рис. 3. Пространственное распределение S, %, в Азовском море в 1969-1976, 1976, 1977-1982, 1982, 1983-1992, 1993-2001, 1998 и 2000 гг. (а-з соответственно).

Последующие 6 лет отличаются резким понижением солености Азовского моря до 10,9‰, вызванным климатообусловленным увеличением стока рек почти до уровня естественных условий (39.2 км³/год). В 1982 г. на большей части акватории Азовского моря соленость не превышала 11,5‰ (рисунок 3). Впервые после 1966 г. она оказалась оптимальной для большинства проходных и полупроходных рыб.

В последующие 10 лет (1983-1992 гг.) соленость Азовского моря в среднем понизилась еще на 0.5‰ и оказалась на экологически предельно допустимом уровне (11.5‰) при колебаниях в отдельные годы от 11.2 (1983, 1992 гг.) до 12.0‰ (1985, 1986 гг.). Годовое поступление в Азовское море донских и кубанских вод составило в среднем 30,5 км³ при колебаниях от 23.1 (1984 г.) до 35.4 км³ (1988 г.). В эти годы можно выделить период повышения солености Азовского моря от 11.2‰ в 1983 г. до 11.9-12.0‰ в 1985-1986 гг. и период ее последующего понижения (1989, 1991, 1992 гг.) до 11.2-11.3‰, или до ее начальной величины (Гаргопа, 2000-2006).

Характерная особенность среднегодового распределения солености в Азовском море для указанного выше периода (1983-1992 гг.) – наличие обширной зоны, оконтуренной изогалиной 12‰, которая ориентирована в северном направлении от Керченского пролива и расположена в непосредственной близости от него, а также небольшой зоны, ограниченной изогалиной 12.5‰. В целом это область распространения сильно трансформированных черноморских вод, занимающая около трети Азовского моря. Остальная часть акватории собственно моря занята водами с меньшей соленостью (преимущественно 11.5 - 12‰). В Таганрогском же заливе соленость возрастала от 1 - 4‰ в восточной его части до 9 – 10.5‰ в западной (рис. 3).

В последующие годы (с 1993 г.) соленость Азовского моря изменялась от 10 (1998 г.) до 11‰ (1995, 1996 гг.) при среднем ее значении 10,5‰ (2000-2006). Общая закономерность современного периода - относительно небольшие различия (в среднем 1.1 – 1.2‰) в распределении солености по акватории Азовского моря, при минимуме (10.2‰) у кубанского побережья в районе устьевого взморья р. Протоки и максимуме (12.4‰) в центре моря вблизи Керченского пролива. При этом, как и в 1983-1992 гг., почти треть моря (в направлении от Керченского пролива к северному берегу с расширением к западу и востоку) занимает зона сильно трансформированных черноморских вод, но ограниченная изогалиной 11‰. В остальной части моря, примыкающей к Таганрогскому заливу, восточному и северному берегам водоема, Арабатской стрелке и западной части северного берега Керченского полуострова, S = 10-11‰. Горло же Таганрогского залива ограничивается изогалиной 9.5-10‰ (рис. 3).

Из 13-14 последних лет несколько выделяются 1995 и особенно 1996 гг., отличающиеся относительно повышенной соленостью. Для 1998 г. (и в меньшей степени

2000 г.) наоборот характерно необычное распределение Азовского моря, которое сохраняется и в настоящее время.

В 1998 г. в большей части моря соленость воды достигала в среднем 10-10.5‰. Наиболее распресненные воды ($S=9.5-10.0‰$) располагались вдоль северного берега Арабатской стрелки и от устья р. Протоки до косы Долгой. Зона с $S=10.5-11.0‰$ протянулась от Керченского пролива к северу, с расширением на восток и запад. Наиболее низкая соленость была отмечена в мае, когда всю западную часть моря, а также районы, прилегающие к северному берегу и устьевому взморью р. Протоки, занимали воды с $S \leq 10‰$. При этом в первом случае минимальная соленость (8.9‰) была зафиксирована в открытой части моря, восточнее середины Арабатской стрелки, а в последнем - на поверхности (7.9‰) вблизи кубанского берега к северо-востоку от места впадения в море р. Протоки. В Темрюкском заливе соленость составляла 10.8, в самом центре моря – 9.8, а у Бердянской косы – 8.8‰. В остальной части моря, как правило, $S=10 - 10.5‰$ (рис. 4).

По данным АзНИИРХ (Жукова, Александрова, Баскакова, 2005) соленость Азовского моря в 2004 г. в среднем составила 9,9 ‰.

Впервые за последние годы отделом океанографии и биологии южных морей Азовского филиала ММБИ КНЦ РАН, а также ЮНЦ РАН проведена зимняя (24.02-05.03.2003 г.) экспедиция по ледокольной трассе Азов-Керчь. Соленость поверхностных слоев воды в Таганрогском заливе изменялась от 0,3-0,6‰ в придельтовой его части до 6-8 ‰ в западной. В районах прилегающих к банке Еленина и Темрюкскому заливу, она составляла 9,4-9,6 ‰, а на остальной части исследованной акватории моря от 10,4 до 11,6 ‰. В Керченском проливе у выхода в Черное море этот показатель достигал 13,9‰. Интересно, что соленость льда (4,0-5,3 ‰) в 2,3-2,7 раз уступала солености поверхностных вод 9,6-13,9‰. Наличие в восточной части моря (район Железинской банки) линз воды с соленостью 11,4-11,6‰ свидетельствует о предшествующих адвекциях сильно трансформированных черноморских вод, а присутствие вод с соленостью 9,4-9,6 ‰ у Еленинской косы и в западной части Темрюкского залива (вблизи Керченского пролива) – о распресняющем влиянии стока рек Дон и особенно Кубань в холодный период 2002-2003 гг.

Летом, в третьей декаде июня 2003 г. (21-27.06) соленость (хлорная) в Таганрогском заливе изменялась от 2-3 ‰ на границе между восточным и центральным его районами до 7-9‰ между косами Долгая и Белосарайская. В собственно Азовском море соленость находилась в пределах 10,5-11,3‰. Большая часть Керченского пролива была заполнена черноморскими водами (18-19‰).

В июне 2004 г. (11.06-26.06) соленость в поверхностном и придонном слоях Таганрогского залива изменялась преимущественно от 1-3,5‰ в его восточной части до 4-

5‰ в центральной и 6-9 ‰ в западной. В собственно море преобладала соленость от 10 до 11‰. При этом северо-восточная периферия моря, примыкающая к Таганрогскому и Ясенскому заливам, была занята водами с соленостью от 9 до 10‰. На участке акватории, прилегающей к Керченскому проливу, соленость поверхностных слоев находилась в пределах 11,1-11,4‰, придонных 11,3-11,8‰. У входа в Керченский пролив соленость воды в придонных слоях достигала 15,3-15,8‰ (Матишов, Матишов, Гаргопа и др., 2005)

В 2005 г. соленость Таганрогского залива изменялась преимущественно от 0,5-1,0‰ в восточном районе до 7-9‰ в западном между косами Долгая и Белосарайская. Наиболее распресненным залив был в конце мая и сентябре. Соленость вод западного района в эти месяцы в основном находилась в пределах 6,0-7,5‰. Вертикальное распределение температуры воды и солености в большинстве случаев вследствие ветрового перемешивания приближалось к гомотермии и гомохалинности. Разница между соленостью поверхностных и придонных горизонтов обычно не превышала 0,5-1,0‰. Лишь на некоторых станциях, расположенных вблизи кос Долгая и Белосарайская, а также Кривая, перепады солености в апреле и мае достигали 2-3 и даже 5‰. Восточная часть собственно Азовского моря в июне на севере, а также Ясенский залив, были заняты водами соленостью от 8,5 до 9‰, в центре от 9 до 10‰, на юге и юго-востоке (Темрюкский залив) от 10 до 10,5‰.

Во второй половине зимы 2005-2006 гг.(24.01-19.02) вновь были выполнены экспедиционные исследования Азовского моря по ледокольной трассе. Маршрут наблюдений проходил в субширотном направлении по Таганрогскому заливу, а в дальнейшем в субмеридиональном от Белосарайской и Бердянской кос по восточной половине собственно Азовского моря и Керченскому проливу в тяжелых ледовых условиях. Соленость поверхностных вод в Таганрогском заливе изменялась от 0,5-1,0‰ в районе, прилегающем к дельте р. Дон, до 4-5‰ в центральной части залива и 8-9‰ в проливе между косами Долгая и Белосарайская. В восточной части собственно Азовского моря от района вблизи горла Таганрогского залива и до входа в Керченский пролив соленость воды составляла 10,3-11,0‰. В середине Керченского пролива ее значения достигали 13,6‰. Примерно такое же пространственное распределение солености вод Таганрогского залива наблюдалось в конце марта, в конце апреля-начале мая 2006г.

В целом пространственно – временная структура полей солености Азовского моря соответствует их характеристикам, сформировавшимся в последние годы вследствие смены восточного типа макропроцессов на западный.

Оценка линейных трендов в многолетних колебаниях солености Азовского моря для всего имеющегося ряда наблюдений (с 1922г.) свидетельствует о положительной их направленности для условно естественного периода (0,7 ‰), с начала 1920-х до конца

1960-х (1,6‰), середины 1970-1980-х годов (2,4-2,5‰) и конца указанного ряда (0,9‰). Для солености Таганрогского залива тренды также положительны и составляют соответственно 0,9; 1,6; 3,4; 2,9 и 1,4 ‰. Связано это, главным образом, с положительным трендом в многолетних колебаниях частоты появления макропроцессов Е. Уменьшение величины положительного тренда для 1922-2005 гг. почти втрое по сравнению с максимальными значениями для ряда с 1922 до середины 1970-1980-х годов объясняется устойчивым распреснением Азовского моря в дальнейшем вследствие развития макропроцессов западного и северного типов.

Оценка направленности изменений солености Азовского моря в зарегулированный период показывает, что положительный до середины 1980-х - начала 1990-х гг. XX в. тренд (1,1 ‰) по абсолютной величине возрос, но сменил знак на противоположный (-1,5 ‰). Для Таганрогского залива тренд уменьшения солености менее выражен (-0,9‰), что в частности связано с относительно пониженной водностью р. Дон и изменением характера водо- и солеобмена через пролив между косами Долгая и Белосарайская. Наиболее значителен отрицательный тренд (соответственно - 2,4 и -1,5 ‰) для периода распреснения Азовского моря в целом и Таганрогского залива в частности, начавшегося с 1977 г.

В целом связанные с соленостью вод условия жизни рыб в Азовском море, начиная с 1981 г., в большинстве случаев можно отнести к вполне удовлетворительным, а в 1982, 1993, 1994, 1997-2006 гг. даже к весьма благоприятным. По видимому, кроме изменений форм АЦ это обусловлено повышенным (по сравнению с предшествовавшими 12 годами) речным стоком ($Q_{\Sigma\Phi} = 35 - 36 \text{ км}^3/\text{год}$), увеличением стока в холодное время года и уменьшением изъятий его в низовьях рек (особенно р. Кубани), а также связанными с изменением климата переменами в структуре водного баланса (в первую очередь со снижением потерь воды на испарение и с повышенным выпадением атмосферных осадков), возможно, и с изменениями характера водообмена Азовского моря с Черным морем через Керченский пролив.

Более подробно аспекты современного распреснения Азовского моря в связи с изменениями характера процессов в атмосфере нами рассмотрены в (Гаргопа, 2000-2006). В целом в случае развития явления Ла-Нинья и восточного типа (Е) макропроцессов Азовское море осолоняется, а в периоды развития явления Эль-Ниньо и процессов типа W и С распресняется.

Оценка многолетних (1961-2001) колебаний устойчивости вод Азовского моря выполнена на основе данных ее расчетов, выполненных сотрудниками сектора гидрологических исследований и лаборатории математического обеспечения АзНИИРХ.

Для этого параметра в целом характерен положительный тренд, наиболее четко выраженный для летнего периода (1,6 тыс. у.е., или 46%). При этом его солевая составляющая E_c выросла в 1,8 раз (с 1.5 до 2.6 тыс. у.е.), а температурная E_T - только в 1.2 раза (с 2.1 до 2.6 тыс. у.е.). Отметим, что в Таганрогском заливе изменения последней еще менее существенны. В начале рассматриваемого периода доля E_T превышала долю E_s примерно на 16%, а в его конце их значения почти сравнялись. В самом море в начале периода E_T почти вдвое (в 1.9 раза) превышала E_s , а в его конце - лишь на 10%. В Таганрогском же заливе, наоборот, в первые годы рассматриваемого периода E_T была меньше E_s в 1.9 раза, а в его конце - втрое (табл.2).

Вертикальная устойчивость вод Азовского моря в июле 2002 и 2003 гг. по данным (Жукова и др., 2003; 2005) в среднем достигала почти 6,0 и 6,5 тыс. усл.ед., что выше среднемноголетней величины для этого времени года на 1,5 и 2,1 тыс. усл.ед. При этом в 2003 г. повышенный уровень стратификации вод наблюдался в северной и особенно южной частях собственно моря, а также в Таганрогском заливе. В то же время степень плотностного расслоения вод восточной части собственно моря значительно уступала норме.

Таблица 2. Вертикальная устойчивость вод Азовского моря (у.е.) в характерные сезоны года и периоды лет.

Период	Азовское море						Таганрогский залив					
	Et			Es			Et			Es		
	IV	VII	X	IV	VII	X	IV	VII	X	IV	VII	X
1961-1968	888	2411	-123	2388	1244	1158	800	2001	-66	7716	2842	3495
1969-1976	926	1309	-4	2095	1244	986	930	2131	-13	9151	5312	4193
1972-1976	1375	1341	51	2792	1361	1301	1062	2635	-136	10772	7103	5865
1977-1982	682	2682	-130	2465	1696	2224	1113	2561	-304	13228	6507	6241
1983-1992	827	3307	57	2208	1759	1317	839	2799	107	5641	6043	2828
1993-2000	1279	2234	59	2171	2190	1207	759	1482	181	2964	5817	4826
1961-2000	928	2420	-21	2253	1630	1333	875	2207	-1	7361	5281	4180

Преобразования стока рек бассейна Азовского моря и пространственно-временной структуры его гидрофизических полей в сочетании с климатическими изменениями обусловили соответствующие изменения кислородного режима моря, содержания БВ,

уровня ПП, состояния планктонных и донных сообществ, воспроизводства рыбных запасов.

До середины 1950-х гг. в условиях преобладания повышенной ветровой активности и преимущественно пониженных температур анаэробные ситуации в Азовском море наблюдались редко и локально. В дальнейшем, особенно в 1960-х годах, в условиях повышения температурного фона и ослабления ветровой активности, роста ПП ОВ летний дефицит кислорода наблюдался ежегодно на больших пространствах (до 22-25 тыс. км²) Азовского моря. В последующие годы до середины 1980-х гг. наблюдалась тенденция некоторого улучшения кислородного режима, связанная с увеличением ветровой активности и понижением ПП в условиях преобладания маловодья и осолонения Азовского моря (Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991; Гребневик...,2000; Семенов, Александрова, 2000;Александрова, 2003; Гаргопа, 2000-2006). В дальнейшем кислородный режим Азовского моря резко ухудшился. Уже в 1987 г. гипоксия наблюдалась на площади более 27 тыс. км². В отдельные годы (1988, 1989, 1993, 1994, 2002, 2003) зоны с дефицитом кислорода занимали от 50 до 70% площади моря. В определенной степени это связано с биологическим загрязнением вод, вызванным ежегодным, начиная с 1988 г., проникновением в Азовское море гребневика *Mnemiopsis leidyi*, (Гребневик ...,2000; Семенов, Александрова, 2000; Александрова, 2003; Александрова, Баскакова, Долженко, 2005).

Расширению зон с дефицитом кислорода в придонных слоях Азовского моря способствовали: резко выраженная ветровая депрессия, потепление вод и смена характера климатообразующих процессов, вызвавшая повышение стока рек, распреснение моря, снижение интенсивности турбулентного перемешивания его вод и водообмена с Черным морем через Керченский пролив (Гаргопа, 2000-2006).

Однако в целом в многолетних (1960-2004 гг.) изменениях наблюдаемых летом АзНИИРХ зон с дефицитом кислорода в придонных слоях Азовского моря выраженного тренда роста не установлено. Более того, прослеживается весьма слабая тенденция некоторого уменьшения их размеров (0,8 км², или 8,1%).

Оценка линейных трендов в многолетних колебаниях содержания БВ в водах Азовского моря показывает, что для азота (N) характерны положительные тенденции, наиболее выраженные для периода с начала 1950-х до начала 1980-х гг. (490 мг/м³ или 61%). Для фосфора (P) и растворенной кремнекислоты тренды отрицательные и прослеживаются более четко, достигая для первой характеристики 35 мг/м³ (или 39%) в 1960-1981 гг., а для второй - 305 мг/м³ (или 40%) в 1953-1985 гг. Отношение $N_{\text{общ}}/P_{\text{общ}}$ увеличилось за рассматриваемый период с 10-11 до 21-23. По данным АзНИИРХ (Гребневик ...,2000; Семенов, Александрова, 2000; Студеникина, Алдакимова, Губина,

1999) среднегодовое содержание в море валовых форм N и P в 1985-1995 гг. составляло соответственно 819 мг/м^3 и $- 42 \text{ мг/м}^3$, что ниже концентраций $N_{\text{общ}}$ и $P_{\text{общ}}$ в 1952-1981 гг. соответственно на 231 и 26 мг/м^3 (или на 22 и 38%). При этом обращает на себя внимание рост концентраций $P_{\text{мин}}$, достаточно резко выраженный для вод Таганрогского залива (с $11-12 \text{ мг/м}^3$ в 1958-1987 гг. до 20 мг/м^3 в 1988-1998 гг.). Существенных колебаний концентраций кремнекислоты (578 мг/м^3) в водах Азовского моря не установлено. По данным (Александрова, 2003) вследствие возросшей фотосинтетической ассимиляции минеральных форм биогенных веществ содержание нитратов и фосфатов к 1996-2002 гг. снизилось соответственно в 3 и 1,4 раза относительно первой половины 1990-х гг. Произошло и повышение концентраций валовых форм азота, фосфора и содержания кремнекислоты (на 20-30%). Это также указывает на увеличение биомассы фитопланктона и смену доминирующих видов, в частности, на уменьшение относительного количества диатомей, вследствие вытеснения их не потребляющими кремний видами, в том числе сине-зелеными.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕРВИЧНОГО ПРОДУЦИРОВАНИЯ, ПЛАНКТОННЫХ И ДОННЫХ СООБЩЕСТВ, ВОСПРОИЗВОДСТВА ЗАПАСОВ РЫБ

После зарегулирования р. Дон в многолетних колебаниях ПП ОВ в море вплоть до середины 1980-х гг. прослеживался отрицательный тренд (8.6 млн.т, или 25%). Особенно велико такое сокращение (в 2-3 раза) для Таганрогского залива (Гаргопа, 2000, 2003). Тем не менее, в последующие годы (Александрова, 2003) первичная продукция в море резко возросла, составив за 1988-2003 гг. в среднем 46млн.т., что превышает более чем в 1.6 раза таковую в 1953-1986 гг. (при колебаниях в отдельные годы от 40 до 62 млн.т.). Рост синтеза ОВ связан с увеличением оборачиваемости биогенных элементов в условиях вселения в Азовское море *Mnemiopsis leidyi*.

Для всего зарегулированного периода характерен достаточно четко выраженный тренд роста ПП ОВ (14 млн.т, или 53%). Еще более выражен он для ряда с 1960 по 2004 гг. (17,5 млн.т, или 71,6 %). В многолетних колебаниях ПП ОВ выделяется период пониженных ее значений до 1987 г. включительно и период повышенных величин в дальнейшем.

Современный рост ПП ОВ в значительной мере обусловлен увеличением стока рек (особенно р. Кубани), резко выраженной с 1988 г. ветровой депрессией, повышением температурного фона, сменой характера атмосферных процессов (с E на W).

Для биомассы фитопланктона и в Таганрогском заливе, и в собственно Азовском море с конца 1950-х и до середины 1980-х гг. были характерны отрицательные тренды, свидетельствующие о сокращении биомассы в 2-3 раза. Последующие годы (1987-1998) по данным лаборатории комплексного природопользования АзНИИРХ отличались дальнейшим снижением биомассы фитопланктона и увеличением отрицательного тренда в ее многолетних колебаниях. Для изменений биомассы зоопланктона также установлен отрицательный тренд, свидетельствующий об ее уменьшении к середине 1980-х г. в 2-3 раза. Весной в последующие годы и в Таганрогском заливе, и в самом море произошло некоторое увеличение биомассы зоопланктона, а летом и осенью - сокращение. При этом биомасса зоопланктона моря в августе была в среднем на два порядка меньше таковой в этом месяце в предшествовавший период (1977-1987 гг.), что было вызвано главным образом выеданием (начиная с 1988 г.) практически всех групп и видов планктонных животных гребневиком *Mnemiopsis leidyi*. В многолетних колебаниях общей биомассы зообентоса выраженный тренд не был установлен (Гребневик..., 2000; Студеникина, 2005; Гаргопа, 2000-2006).

Впервые на примере Азовского моря сделана попытка оценить сопряженность многолетних колебаний ПП ОВ и биомассы планктонных сообществ с аналогичной изменчивостью климатообразующих процессов.

Оказалось, что ПП ОВ и биомасса фитопланктона Азовского моря возрастают в периоды развития западной и в меньшей степени северной форм АЦ, а в годы доминирования восточной – понижаются. Подобные закономерности многолетней динамики характерны и биомассе зоопланктона, но, главным образом, в Таганрогском заливе. По данным исследований (Сарвилина, 2005) биомасса зообентоса Таганрогского залива в отличие от приведенных выше гидробиологических показателей в годы развития западного типа макропроцессов понижается, а в периоды доминирования восточной – возрастает.

Биомасса *Mnemiopsis leidyi* имеет слабую тенденцию к возрастанию в случае развития зимой рассматриваемого года восточного типа АЦ. Более выражена эта тенденция в случаях, когда указанная форма доминирует в весеннее и летнее время анализируемого года. Однако усиление частот появления макропроцессов Е в осеннее время, наоборот, способствует уменьшению биомассы гребневика. Слабая тенденция к ее понижению прослеживается в случае развития в весеннее и летнее время форм W и С. Более выражена она в случае роста частоты появления северного типа макропроцессов в холодное время года.

В целом наблюдается тенденция понижения сырой массы гребневика с конца 1980-х-начала 1990-х гг. на 5,9 млн.т, или 24%. В значительной мере это, видимо, связано с

тенденцией некоторого роста повторяемости в весенне-летнее время комбинированной формы W+C (на 12,2 дня, или 13,3%) и уменьшением частоты появления в эти сезоны макропроцессов типа E (на 13,2 дня, или 14,3%).

Цепь неблагоприятных изменений в абиотической части экосистемы Азовского моря в сочетании с нерациональным ведением промысла привела к падению уловов проходных, полупроходных и пресноводных рыб Азовского моря от 76 тыс.т. в первой половине XX в. до 6 тыс.т. в настоящее время (Гидрометеорология и гидрохимия ...,1991). Последствия антропогенных преобразований стока рек для морских рыб менее существенны. Резкое падение в современный период уловов хамсы и тюльки, по мнению специалистов АзНИИРХ (Гребневик...,2000) в значительной степени связаны с проникновением в конце 1980-х г. в Азовское море гребневика *Mnemiopsis leidyi*, подорвавшего их кормовую базу. В последующие годы абиотическая часть экосистемы Азовского моря по важнейшим параметрам и, в первую очередь, гидрологическим в значительной степени вышла из того катастрофического состояния, в котором она находилась вследствие исключительного маловодья предшествовавших 8 лет. В результате (Воловик, Студеникина, Губина и др.,1986; Гребневик..., 2000; Студеникина, Алдакимова, Губина, 1999) в экосистеме наметилась устойчивая тенденция к восстановлению прежних структур биоценозов, формировавшихся преимущественно аборигенными гидробионтами, повысился уровень продуцирования растительных и животных сообществ. Вместе с тем некоторое связанное с климатическими причинами увеличение стока рек бассейна Азовского моря за последние 14-15 лет лишь незначительно улучшило водный режим на русловых, пойменных, лиманных нерестилищах и миграционных путях проходных и полупроходных рыб в гидрографической сети (Гаргопа, 2000-2006).

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СТОКУ РЕК БАСЕЙНА АЗОВСКОГО МОРЯ

Антропогенные воздействия значительно разрушили гидрологические основы устойчивости водоемов и водотоков бассейна Азовского моря. Водный режим рек не соответствует природно-климатическим условиям формирования их стока и экологическим особенностям воспроизводства рыбных запасов. Значения гидрологических показателей в пространственно-временном отношении в основном выходят за пределы, характерные для естественных условий.

Вместе с тем, анализ гидроэкологических условий бассейна Азовского моря (особенно в последнюю четверть XX в.) показывает, что деградацию его экосистемы и

биоресурсов можно не только остановить, но и создать условия их восстановления. Решение такой проблемы в основном связано с необходимостью поэтапного уменьшения изъятий стока рек и восстановления пространственно-временной структуры его колебаний до значений, приближающихся к наблюдаемым в естественных условиях.

Эти обстоятельства вызвали необходимость гидроэкологического обоснования требований рыбного хозяйства к пространственно-временной структуре колебаний стока рек бассейнов южных морей России. В течение последних 10-15 лет АзНИИРХ вместе с другими институтами отрасли (КаспНИРХ, КрасНИРХ, УкрНИИРХ), а также ММБИ КНЦ РАН и ЮНЦ РАН выполняли исследования, связанные с оценкой экологически допустимых (ЭДИВ), экологически предельно допустимых (ПЭДИВ), критических (ЭКРИВ) и катастрофических (ЭКАТИВ) изъятий воды и определением соответствующих им объемов речного стока (ЭДС, ПЭДС, ЭКРС, ЭКАТС) для рыбохозяйственных водоемов (водотоков) Северного Каспия, северо-восточной части Черного моря и бассейна Азовского моря (Гаргопа, 2000-2006). Руководителем и ответственным исполнителем указанных работ был автор настоящей статьи.

Выполнялась оценка экологически допустимых (ЭДИВ), экологически предельно допустимых (ПЭДИВ), «критических» (ЭКРИВ) и «катастрофических» (ЭКАТИВ) объемов изъятий воды и определение соответствующих объемов стока рек (ЭДС, ПЭДС, ЭКРС, ЭКАТС) Северного Каспия, северо-восточной части Черного моря и бассейна Азовского.

Для решения задачи по каждому из бассейнов южных морей нами совместно с В.Г.Дубининой, Д.Н.Катуниным, С.А.Филем, М.С.Чебановым, С.П.Петросьяном была подготовлена общая для них система показателей воздействия изъятий воды на среду обитания и живые ресурсы, критерии и методы их оценки, а также классификация изменений состояния экосистем рыбохозяйственных водоемов (водотоков), соответствующая приведенным выше объемам изъятий и величинам стока (условно стабильное состояние, переходное от условно стабильного к «критическому» или «кризисному», «критическое» или «кризисное», «катастрофическое»). Использовались материалы исследований подобного направления, опубликованные как в отечественной, так и в зарубежной печати.

При этом основным критерием и главным интегральным показателем воздействия изъятий речного стока на пространственно-временную структуру колебаний его характеристик и режима, замыкающих речные системы водоемов различного типа (озера и водохранилища, лиманы и эстуарии, внутренние и окраинные моря), считалось состояние биоресурсов в целом и, особенно, рыбных запасов. Состояние последних, в общем, служит индикатором экологического благополучия не только водных, но и

околоводных экосистем. Сохранение биоресурсов, или восстановление их до уровня, приближающегося к естественному, в конечном счете, приводит к сохранению, либо восстановлению, водоемов и водотоков как природных объектов, а также окружающей среды, социально экономического положения и здоровья населения.

При решении этой задачи, были определены зависимости от речного стока абиотических и биотических элементов экосистемы бассейна Азовского моря в аналитическом и графическом видах, а также рассчитаны линейные и криволинейные зависимости уровня, глубин, скоростей течения, солености, минерализации и мутности воды, морфометрических и морфологических показателей гидрографической сети устьев рек от объема их стока либо расходов воды (Гаргопа, 2000-2006).

Численные эксперименты с указанными статистическими уравнениями, сравнительный (ретроспективный) анализ, а также иные методические подходы позволили определить объемы изъятий воды и величины стока, при которых в устьевых областях рек Дона и Кубани формируются экологически допустимые, экологически предельно допустимые, критические и катастрофические гидрологические условия для воспроизводства проходных и полупроходных рыб Азовского моря.

Для Азовского моря как водоёма, замыкающего экосистему его бассейна, ЭДС для среднесуточного суммарного стока основных рек 50%-ной обеспеченности должен быть не ниже 37-39 км³/год (18.5 км³ весной), ПЭДС не менее 35 км³/год (18.0 км³ весной), а ЭДИВ, ПЭДИВ - соответственно 2.0 - 2.5 км³/год (5-6%) и 5 - 6 км³/год (14-15%). Объем стока рек на уровне примерно 29-30 км³/год (14-15 км³ весной) может быть отнесён к критическому (ЭКРС), а на уровне 24-26 км³/год (12-13 км³ весной) к катастрофическому (ЭКАТС).

Объемы ЭКРИВ и ЭКАТИВ равны соответственно 9-12.5 км³/год (24-30%) и 13.0-17.5 км³/год (33-42%) (табл.3).

Экологически допустимы колебания суммарного годового стока рек Дона и Кубани в Азовское море от 29 до 52 км³, т. е. ориентировочно между 75% и 25%-ной обеспеченностью естественного стока. В случае уменьшения изъятий стока рек до 5-6 км³/год вероятность формирования в их устьевых областях водного режима, отвечающего требованиям воспроизводства проходных и полупроходных рыб возрастет до 40%.

ВЫВОДЫ

Главная особенность современных гидрологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря состоит в распреснении его вод за последние 10-11 лет до 10%, что в основном вызвано климатообусловленным ростом пресного баланса, а также изменением характера водообмена с Черным морем, уменьшением безвозвратных изъятий стока рек. Связанные с соленостью условия жизни рыб в Азовском море, начиная

с 1981 г., в большинстве случаев можно отнести к вполне удовлетворительным, а в 1982, 1993, 1994, 1997-2006 гг. - даже к весьма благоприятным.

Таблица 3. Экологически допустимый, экологически предельно-допустимый, критический и катастрофический объемы стока рек и его изъятий для экосистемы Азовского моря (* Суммарный естественный сток рек Дона и Кубани 50%-ной обеспеченности ** Изъятия (-) стока за счет внутригодового перераспределения и безвозвратного водопотребления; рост (+) стока за счет внутригодового перераспределения).

Период	Q*ΣЕ	Объемы стока рек				Объемы изъятий воды			
		ЭДС	ПЭДС	ЭКРС	ЭКАТС	ЭДИВ**	ПЭДИВ**	ЭКРИВ**	ЭКАТИВ**
Весна	22.9	18.5	18.3	15.0	13.0	-3.4	-4.6	-7.9	-9.9
Лето	9.3	10.3	8.6	7.6	6.5	+1.0	-0.7	-1.7	-2.8
Осень	4.5	5.1	4.6	3.6	3.2	+0.6	+0.1	-1.3	-0.9
Зима	4.7	4.1	4.0	3.8	3.3	-0.6	-0.7	-0.9	-1.4
Год	41.4	39.0	35.5	30.0	26.0	-2.4	-5.9	-11.4	-15.4

В то же время гидрологические условия жизни рыб в русловой сети рек, на поймах, в дельтах и лиманах в целом за год находятся между экологически предельно допустимым и критическим состояниями, а в наиболее важное для воспроизводства рыб весеннее время - ближе к катастрофическому состоянию. Климатообусловленное повышение стока рек бассейна Азовского моря в последние 14-15 лет лишь незначительно улучшило водный режим на нерестилищах и миграционных путях проходных и полупроходных рыб в гидрографической сети.

В таких условиях необходимо поэтапное уменьшение изъятий стока рек бассейна Азовского моря (до 5-6 км³/год, или 14-15% годового объема 50%-ной обеспеченности) и восстановление пространственно-временной структуры его колебаний (особенно в период половодья). Лишь при таких условиях (а также рациональном ведении промысла, развитии заводского воспроизводства рыб, реализации других мер природоохранного характера) в полной мере скажется благоприятный для воспроизводства рыбных запасов Азовского моря эффект современного распределения его во

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова З.В. Итоги и проблемы гидрохимических исследований в Азово-Черноморском бассейне// Материалы междунар. Научн. Конф. «Режим и биологические ресурсы Азово-Черноморского бассейна : проблемы устойчивого развития рыбного хозяйства» г.Ростов-на-Дону, 17-19 декабря, 2003 г.Ростов-на-Дону, 2003.С. 13-19.
- Александрова З.В., Баскакова Т.Е., Долженко Л.С. Состояние гидрохимического режима Азовского и северо-восточной части Черного морей в 2003 г.//Материалы междунар.научн.конф. «Режим и биологические ресурсы Азово-Черноморского бассейна: проблемы устойчивого развития рыбного хозяйства». г.Ростов-на-Дону, 17-19 декабря 2003 г.Ростов-на-Дону,2003. С.123-141.
- Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. М.: Пищевая промышленность. 1979. 288 с.
- Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море: основы реконструкции. Л.: Гидрометеиздат. 1985. 271 с.
- Воловик С.П., Студеникина Е.И., Губина Г.С., и др. Итоги экологического мониторинга в бассейне Азовского моря. // V съезд Всесоюз. гидробиол. общ-ва. Т.1. Куйбышев: Волжск. коммуна. 1986. С.66-67.
- Гаргопа Ю.М. Гидрологические основы рыбохозяйственного использования водных ресурсов реки Кубани и рек Восточного Приазовья : Автореф. Дис....канд.географ. наук. Одесса, 1979. 24 с.
- Гаргопа Ю.М. Антропогенные и климатические причины снижения эффективности воспроизводства рыбных запасов в бассейне р.Кубань//Географические аспекты изучения гидрологии и гидрохимии Азовского бассейна .Л.: Изд-во ГО СССР, 1981. С.29-37.
- Гаргопа Ю.М. Статистический анализ влияния гидрометеорологических элементов на соленость, биогенные вещества и первичную продукцию в Азовском море. // Гидробиол. журн. 1988. Т.24. №6. С.63-67.
- Гаргопа Ю.М. Изменения стока рек бассейна Азовского моря и океанографических условий формирования его биопродуктивности под влиянием климатических и антропогенных факторов // Закономерности океанографических и биологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2000. С.10-81.
- Гаргопа Ю.М. Закономерности многолетней динамики океанографических процессов и компонентов биоты Азовского моря // Среда, биота и моделирование

экологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2001. С.44-71.

Гаргопа Ю.М. Современное распределение Азовского моря и его связь с многолетними колебаниями атмосферной циркуляции. // Вод. ресурсы. 2002. Т.29. №6. С.747-754.

Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря. Автореф. Дис....докт. геогр. Наук. Мурманск. 2003. 47 с.

Гаргопа Ю.М. Современные аномалии гидрометеорологических процессов в Азовском море// Вопросы промысловой океанологии. Вып.1. М.: Изд-во ВНИРО, 2004. С.59-68.

Гаргопа Ю.М. Сопряженность изменений гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности южных морей с колебаниями атмосферной циркуляции.//Вопросы промысловой океанологии. Вып. 2.М.: Изд.-во ВНИРО,2005.С.135-151.

Гаргопа Ю.М. Крупномасштабные колебания в системе Азовского моря//Матишов Г.Г., Абраменко М.И., Гаргопа Ю.М., Буфетова М.В. Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2003. Т.V.С.14-220.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. СПб.: Гидрометеоздат. 1991. Т.5. 237 с.

Гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A.A. Gassiz) в Азовском и Черном морях: биология и последствия вселения. Ростов-н/Д. Изд-во БКИ. 2000. 497 с.

Жукова С.В., Шишкин В.М., Куропаткин А.П., Фоменко И.Ф., Лутынская Л.А., Стрельченко О.В. Современный гидрометеорологический режим Азовского и северо-восточной части Черного моря.//Материалы межд. научн. конф. «Режим и биологические ресурсы Азово-Черноморского бассейна : проблемы устойчивого развития рыбного хозяйства. Г. Ростов-на –Дону, 17-19 декабря 2003г. С.80-92.

Жукова С.В., Александрова З.В., Баскакова Т.Е. Особенности гидролого-гидрохимического режима Темрюкско-Ахтарского района в июле-августе 2004 г.//Наука Кубани,1.2005.С. 14-28.

Кукса В.И. Южные моря (Аральское, Каспийское, Азовское и Черное) в условиях антропогенного стресса. СПб.: Гидрометеоздат. 1994. 320 с.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. и др.Результаты экспедиционных океанографических исследований Азовского и прилегающей части Черного морей в 1997-2004 гг.//Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна и Керченского пролива.Т.7. Апатиты:Изд-во КНЦ РАН.2005.С.19-69.

- Сарвилина С.В. Влияние гидрометеорологических факторов на зообентос Азовского моря и Северного Каспия.// Экосистемные исследования Азовского, Черного, Каспийского морей. Т.УШ. Апатиты; Изд. КНЦ РАН, 2006. С.174-185.
- Семенов А.Д., Александрова З.В. Биологическое загрязнение и его роль в евтрофировании Азовского моря // Вопросы рыболовства. Т.1. №2-3. Ч.II. С.115-117.
- Студеникина Е.И., Алдакимова А.Я., Губина Г.С. Фитопланктон Азовского моря в условиях антропогенных воздействий. Ростов-н/Д. Изд-во "Эверест". 1999. 175 с.
- Студеникина Е.И. Характеристика биологических сообществ в Темрюкско-Ахтарском районе Азовского моря.//Наука Кубани, 1.2005.С.29-40.