

## КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РОСТА СОЛЕННОСТИ ВОД АЗОВСКОГО МОРЯ

Панов Б.Н.<sup>1</sup> Спиридонова Е.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Азово-Черноморский филиал («АзНИИРХ») ФГБНУ «ВНИРО», г. Керчь, Россия, panov\_bn@mail.ru

<sup>2</sup> – ФГБОУ ВО «КГМУ», г. Керчь, Россия.

**Аннотация.** В 70-х годах прошлого века рост солёности был обусловлен влиянием на регион Переднеазиатской депрессии и Сибирского антициклона, после 2010 года – ослаблением влияния центров высокого давления и активизацией Средиземноморских циклонов.

Ключевые слова: солёность, Азовское море, атмосферная циркуляция, связи.

В течение последних 60 лет средняя солёность вод Азовского моря (без Таганрогского залива) дважды увеличивалась до значений 14‰. В 70-х годах прошлого столетия рост продолжался 10 лет (с 1967 по 1976 год), в начале текущего столетия рост начался в 2007 году и продолжается до настоящего времени. Это привело к ухудшению условий нагула и размножения проходных и придонных видов рыб [1].

Основные составляющие водного баланса моря: речной сток, осадки и испарение, водообмен в Керченском проливе в значительной степени зависят от особенностей атмосферной циркуляции.

В ряде работ [2-4] приводятся результаты исследований связи солёности вод Азовского моря с индексами атмосферной циркуляции Вангенгейма – Гирса, индексами северно-атлантической осцилляции и давлением в центре Сибирского антициклона. Достоверные связи были получены для сглаженных рядов, а также при сдвиге индексов атмосферной циркуляции на 1-2 года.

В данной работе использованы среднегодовые значения солёности с 1960 по 1991 год из [5] и рассчитанные по той же методике по материалам наблюдений ЮгНИРО и ФГБНУ «АзНИИРХ» значения для 1992-2016 годов. Показатели атмосферной циркуляции - среднегодовые значения трех первых коэффициентов ( $A_{00}$ ,  $A_{01}$ ,  $A_{10}$ ) разложения ежедневных полей приземного атмосферного давления в Азово-Черноморском регионе (с 1960 по 2016 год) по 16-точечной сетке в ряды по полиномам Чебышева.  $A_{00}$  характеризует среднее атмосферное давление,  $A_{01}$  – вклад зональных переносов,  $A_{10}$  – вклад меридиональных переносов [6].

Учитывая тенденции изменений исследуемых среднегодовых характеристик, для оценки связей был использован множественный линейный регрессионный анализ, в котором предикторами служили ряды значений  $A_{00}$ ,  $A_{01}$ ,  $A_{10}$  с упреждающим сдвигом от 0 до 15 лет. Для учета коротких трендов, массив переменных был разделен на две части: до 1989 года (30 значений) и после (27 значений). За достоверные принимались связи с уровнем значимости  $\alpha \leq 0.05$  по таблице Стьюдента. Статистическая значимость уравнений регрессии проверялась с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера. Из модели исключались статистически значимые факторы, имеющие низкие ( $\leq 0,01$ ) коэффициенты раздельной детерминации.

Регрессионный анализ рядов (Таблица) с 1960 по 1989 г. выявил статистически достоверные связи солёности с показателем  $A_{00}$  при упреждающих сдвигах последнего на 9 и 10 лет (Модель I), а рядов с 1990 по 2016 г. – с показателем  $A_{01}$  при сдвигах 10, 11 и 12 лет (Модель II). В первом случае солёность возрастает под влиянием пониженного атмосферного давления, во втором – при усилении западных атмосферных переносов.

Таблица – Параметры прогностических моделей солёности Азовского моря

№ модели	Предиктор (X <sub>n</sub> )	Упрежд. сдвиг, (n лет)	Длина ряда	Коэф. парной корреляции	Коэф. множ. корреляции	Коэф. раздельной детерминации	Коэф. детерминации модели
Для периода 1960 – 1989 гг. (30 значений)							
I	A <sub>00-9</sub>	9	20	-0,49	0,68	0,16	0,458
	A <sub>00-10</sub>	10		-0,60		0,29	
Для периода 1990 – 2016 гг. (27 значений)							
II	A <sub>01-10</sub>	10	15	0,50	0,85	0,19	0,727
	A <sub>01-11</sub>	11		0,49		0,28	
	A <sub>01-12</sub>	12		0,54		0,25	

Чтобы объяснить полученные связи нами были исследованы многолетние и сезонные изменения структуры поля приземного атмосферного давления в Азово-Черноморском регионе.

Для первого периода было выполнено сравнение полей среднего многолетнего атмосферного давления для трех лет с наиболее высоким среднегодовым давлением и трех лет с наиболее низким. Во втором периоде сравнили средние многолетние поля трех лет с наиболее интенсивным восточным атмосферным переносом и трех лет с преобладанием западного.

В первом периоде годы с пониженным атмосферного давлением (1960-1971 гг.) характеризуется активным распространением в Азово-Черноморский регион влияния с юго-востока Переднеазиатской депрессии, а с северо-востока - гребня Сибирского антициклона. Влияние указанных центров атмосферного давления объясняет понижение общего влагозапаса в регионе указанные годы.

Во втором периоде преобладание западных атмосферных переносов (период роста их активности приходится на 1989-2004 годы) связано со значительным ослаблением в регионе влияния Сибирского антициклона и активизацией влияния Средиземноморских циклонов, основной влагозапас которых реализуется в атмосферных осадках в юго-восточной части Черного моря и на Кавказе, не оказывая значительного влияние на водный баланс Азовского моря.

Годы повышенного давления (в первом периоде) и активных восточных переносов (во втором периоде) характеризуются, прежде всего, влиянием на регион центра высокого давления с северо-запада и низкого давления с юго-востока.

Анализ средних сезонных карт для экстремальных лет показывает, что характерные особенности структуры среднего годового поля определяются, прежде всего, процессами весеннего сезона.

Высокая заблаговременность выявленных связей может быть частично объяснена известными [1, 3] инерционными и кумулятивными свойствами водосборного бассейна Азовского моря, но требует и дополнительных исследований.

Модель II позволяет утверждать, что устойчивое уменьшение солёности Азовского моря начнется с 2020 года, а к 2026 году солёность снизится до 10,0 ‰.

### Литература

1. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. Л.: Гидрометеиздат, 1985.– 270 с.
2. Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том 2. М., 2008. – С. 154-159 (Азовское море).
3. Гаргопа Ю.М. Изменения водного баланса, солёности и биоресурсов Азовского моря под влиянием атмосферной циркуляции // XI Всероссийская конференция по промысловой океанологии: Тезисы докладов. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – С. 71-72.

4. Дроздов В.В. Особенности многолетней динамики экосистемы Азовского моря под влиянием климатических и антропогенных факторов // Ученые записки РГГМУ, СПб.: изд. РГГМУ, № 15, 2010. – С.155-176.
5. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Справочник. Том 3. Азовское море. Л.: Гидрометеоиздат, 1996. 217 с.
6. Кудрявая К.И., Серяхов Е.И., Скриптунова Л.И. Морские гидрологические прогнозы. Л.: Гидрометиздат, 1974. – 310 с.

## **CONNECTIONS OF SALINITY OF SEA OF AZOV WATERS WITH ATMOSPHERIC CIRCULATION AT AZOV-BLACK SEA REGION**

**Panov B. N.<sup>1</sup>, Spiridonova E.O.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> – *Azov-Black sea branch of FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Kerch, Russia panov\_bn@mail.ru*

<sup>2</sup> – *FSBEI HE «KSMTU», Kerch, Russia*

**Abstract.** In 70-th years of last century the growing of salinity was characterized by influence of Persian depression and Siberian anticyclone, after 2010 was characterized by weakening of influence of centres of high pressures and activation of Mediterranean cyclones.

Key words: salinity, Sea of Azov, atmospheric circulation, connections.