

С.И.Кропотов

Морской гидрофизический институт, г.Севастополь

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОД И ТЕЧЕНИЙ
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЧЕРНОГО МОРЯ:
НЕКОТОРЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ**

Представлены результаты расчетов взаимосвязи вероятностных параметров основных квазистационарных антициклонов Черного моря с оптико-гидрологическими характеристиками приповерхностных вод.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *относительная прозрачность морской воды, вихревые течения, статистические характеристики.*

Прозрачность воды является важным экологическим параметром и от нее зависит протекание многих физических, химических и биологических процессов происходящих в море.

Изучение пространственно-временной изменчивости оптических полей поверхностных вод Черного моря продолжается уже много лет и этой тематике посвящена значительная литература. С рядом из недавних результатов, полученных в этой области можно ознакомиться, например, по [1, 2].

Вместе с тем многие вопросы оптических свойств черноморских вод и их изменчивости остаются все еще недостаточно изученными.

Для выявления закономерностей формирования пространственной структуры поля относительной прозрачности (Z_θ) черноморских вод рассмотрим более подробно некоторые его статистические характеристики совместно с влияющими факторами.

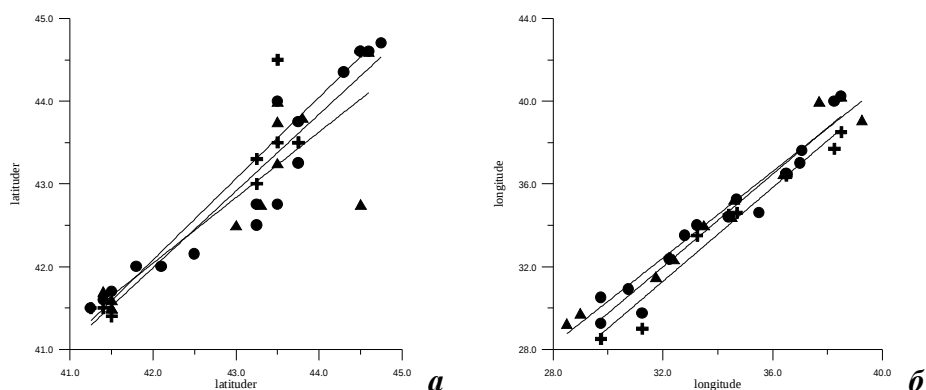
Как хорошо известно, величина (Z_θ) является комплексным оптическим показателем и зависит от многих факторов (химический состав воды и взвешенных в ней веществ, биологическая продуктивность водоема, динамика вод и др.). Целесообразно также сопоставить и исследовать взаимосвязи не только между самими физическими величинами, но и между различными производными от них статистическими характеристиками и их комбинациями.

Одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на динамику оптических характеристик морской воды, являются течения с присущими им вихревыми образованиями различных пространственно-временных масштабов.

В одном из проведенных ранее исследований [3] уже было обращено внимание на существование аналогии между пространственным распределением полей среднеквадратических отклонений сезонного хода (σ_θ) и трендов межгодовых аномалий (A_θ) относительной прозрачности черноморских вод (Z_θ) и полем динамических высот (H_d) [4].

Проведенные расчеты показывают, что положение географических центров выделенных структурных образований рассматриваемых полей отличается высокой степенью близости (рис.1).

Для графиков регрессионных зависимостей, представленных на рис.1,



Р и с . 1 . Взаимосвязь географических координат центров элементов пространственной структуры полей статистических характеристик относительной прозрачности черноморских вод (σ_δ), (A_δ) [3] и динамических высот (H_d) [4]: для широт (а) и долгот (б) соответственно: + – среднеквадратические отклонения сезонного хода (σ_δ) и тренды межгодовых аномалий относительной прозрачности (A_δ) вод Черного моря; • – среднеквадратические отклонения сезонного хода относительной прозрачности (σ_δ) и динамические высоты (H_d); ▲ – тренды межгодовых аномалий относительной прозрачности вод (A_δ) и динамические высоты (H_d).

коэффициенты парной корреляции лежат в пределах 0.87-0.98, что существенно превосходит 0,01 уровень значимости для используемого при расчетах массива данных. Таким образом, маловероятно, что обнаруженные взаимосвязи являются чисто случайным совпадением.

Следует также отметить, что аналогичное географическое распределение по акватории моря отмечается и для других статистических характеристик пространственно-временной изменчивости поля относительной прозрачности поверхностных вод Черного моря [5], что в свою очередь указывает на значительную устойчивость наблюдаемой пространственной структуры.

В последние десятилетия в изучении процессов происходящих в океанах и морях существенную роль стали играть дистанционные методы с использованием космических аппаратов (например, [6]). Получаемая при их помощи информация значительно изменила и дополнила наши представления о происходящих на Земле процессах, расширила диапазон масштабов доступных исследованию явлений и существенно повысила оперативность получения исходной информации. Вместе с тем возросший поток данных, трудности в обработке, сокращение подспутниковых измерений и частая несопоставимость измерительных возможностей и средств традиционной океанологии прошлых лет и новых аэрокосмических методов породили немало трудностей в совместной комплексной интерпретации имеющейся информации.

Среди огромного массива издающихся по оперативной космической океанографии работ, несомненный интерес представляют недавно опубликованные в [6 – 8] данные о вероятности наблюдения в течение года основных квазистационарных антициклонов (КАЦ) Черного моря, полученных на основании использования массива альтиметрических измерений со спутников ЕРС и «Топекс»/«Посейдон» за 1992 – 1998 гг. В связи с этим далее приведены некоторые результаты исследования взаимосвязи между вероятност-

Т а б л и ц а 1. Коэффициенты взаимной парной корреляции для вероятности наблюдения основных квазистационарных антициклонов (КАЦ) Черного моря в течение года.

КАЦ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	<u>0,703</u>	0,092	– 0,485	– 0,202	0,000	0,664	0,373	<u>– 0,836</u>	0,253
2		1	0,133	– 0,218	– 0,134	0,246	0,587	0,499	<u>– 0,596</u>	– 0,289
3			1	0,340	– 0,385	0,276	– 0,063	0,449	– 0,095	0,335
4				1	<u>– 0,632</u>	0,116	<u>– 0,751</u>	0,086	0,501	0,604
5					1	0,016	0,343	– 0,383	0,258	<u>– 0,627</u>
6						1	0,162	<u>0,773</u>	– 0,174	0,492
7							1	0,036	<u>– 0,567</u>	0,314
8								1	<u>– 0,577</u>	– 0,247
9									1	0,177
10										1

Примечание: основные квазистационарные антициклоны (КАЦ) Черного моря по [8]: 1 – анициклоническая завихренность на СЗШ; 2 – антициклоническая завихренность на СЗШ в виде узкой полосы вдоль западного побережья шельфа; 3 – антициклон у мыса Калиакра; 4 – Босфорский антициклон; 5 – Батумский антициклон; 6 – Сухумский антициклон; 7 – Сочинский антициклон; 8 – Анапский антициклон; 9 – Ялтинский антициклон; 10 – Севастопольский антициклон. Коэффициенты корреляции с уровнем значимости порядка 0.05 и более выделены жирным шрифтом, с уровнем 0,01 и более – подчеркнуты.

ными характеристиками этих синоптических вихрей Черного моря и оптико-гидрологическими свойствами вод.

В табл.1 представлены значения коэффициентов парной корреляции для вероятности наблюдения основных КАЦ Черного моря, полученные на основании информации опубликованной в [8].

Данные, содержащиеся в табл.1, позволил выявить районы акватории Черного моря с существенной взаимосвязью антициклонической активности. Так как эти результаты получены на основе вероятностных характеристик, то они указывают на высокую степень стационарности пространственно-временных особенностей циркуляции черноморских вод как в отдельных областях, так и в море в целом. Если это верно, тогда интервалы временного осреднения будут иметь меньшую роль, чем пространственная структура общей циркуляции вод в пределах моря, и, следовательно, для сопоставления могут быть использованы данные, полученные в разное время и разными методами.

Учитывая вышесказанное, было проведено исследование взаимосвязи вероятности наблюдения квазистационарного антициклонического образования ($P_{КАЦ}$) [8], условной плотности на горизонте 20 м (σ_{T20}) и относительной прозрачности ($Z_{\delta}^{\sim}$) [2] вод Черного моря в течение года для выбранных участков акватории существования рассматриваемых

КАЦ. Величины использованных в расчетах значений (σ_{T20}) и ($Z_{\delta}^{\sim}$) были получены на основании исходных массивов измерений из банка данных МГИ НАН Украины.

Результаты выполненных расчетов коэффициентов взаимной парной корреляции для сезонного хода ($P_{КАЦ}$), (σ_{T20}) и ($Z_{\delta}^{\sim}$) для исследуемых КАЦ приведены в табл.2.

Данные табл.2 позволяют выявить ряд новых существенных особенностей взаимосвязи вихревой динамики течений с оптико-гидрологическими характеристиками вод для рассматриваемых участков акватории Черного моря.

Обнаруженные статистические закономерности указывают на высокую

Т а б л и ц а 2. Коэффициенты взаимной парной корреляции вероятности наблюдения квазистационарного антициклонического образования ($P_{КАЦ}$), условной плотности на горизонте 20 м (σ_{T20}) и относительной прозрачности ($Z_{\delta}^{\sim}$) вод Черного моря в течение года.

КАЦ	$(P_{КАЦ}) - (\sigma_{T20})$	$(P_{КАЦ}) - (Z_{\delta}^{\sim})$	$(\sigma_{T20}) - (Z_{\delta}^{\sim})$
1	<u>0,757</u>	0,623	<u>0,825</u>
3	0,481	0,156	– 0,364
4	– 0,354	– 0,219	<u>– 0,751</u>
5	– 0,374	0,116	– 0,377
6	0,058	– 0,484	– 0,582
7	0,542	– 0,597	– 0,582
8	0,488	– 0,648	<u>0,775</u>
9	<u>– 0,854</u>	<u>– 0,896</u>	<u>0,957</u>
10	0,255	0,280	0,348

Примечание: обозначения аналогичны табл.1.

степень стационарности и устойчивости основных элементов пространственно-временной структуры циркуляции вод Черного моря – как в отдельных его регионах, так и в море в целом, а так же отражают ряд новых особенностей взаимосвязи вероятностных характеристик вихревой динамики течений, гидрологических и оптических свойств черноморских вод.

Таким образом, представленные выше результаты свидетельствуют о высокой пространственно-временной устойчивости общей циркуляционной системы Черного моря и позволяют получить дополнительную информацию о ее региональных особенностях и степени влияния на гидрологический режим и прозрачность вод. Кроме того, приведенная информация делает возможным сформулировать новые цели и задачи дальнейших исследований в области методик сбора и обработки данных наблюдений, математического моделирования и дальнейшего комплексного изучения гидрофизических процессов в черноморском регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРА

1. Маньковский В.И., Соловьев М.В., Владимиров В.Л. Изменчивость гидрооптических характеристик в Черном море (1922 – 1992 гг.) // Океанология.– 1996.– т.36, № 3.– С.370-376.
2. Кропотов С.И. Пространственно-временная изменчивость относительной прозрачности вод Черного моря // Морской гидрофизический журнал.– 1996.– № 4.– С.36-44.
3. Кропотов С.И. Некоторые статистические свойства межгодовой изменчивости относительной прозрачности черноморских вод // Морской гидрофизический журнал.– 1997.– № 5.– С.20-25.
4. Еремеев В.Н., Иванов В.А., Тужилкин В.С. Климатические черты внутригодовой изменчивости гидрофизических полей шельфовой зоны Черного моря / Пре-принт.– Севастополь: МГИ УССР, 1991.– 53 с.
5. Кропотов С.И. Соотношение между составляющими климатической изменчивости относительной прозрачности вод Черного моря о некоторые проблемы экологического мониторинга // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь, 2000.– С.154-162.
6. Коротаев Г.К., Еремеев В.Н. Введение в оперативную океанографию Черного моря.– Севастополь, 2006.– 382 с.
7. Коротаев Г.К., Малиновский В.В., Мотыжнев С.В. и др. Компоненты спутникового мониторинга Черного моря (вклад Украины в Black Sea GOOS) / Пре-принт.– Севастополь, 2001.– 116 с.
8. Коротаев Г.К., Огуз Т., Никифоров А.А. и др. Динамика антициклонов в Черном море по данным спутниковых альтиметрических измерений // Исследования Земли из космоса.– 2002.– № 6.– С.60-69.

Материал поступил в редакцию 17.11.2014 г.

АНОТАЦІЯ Представлені результати розрахунків взаємозв'язку параметрів вірогідності основних квазістаціонарних прибережних антициклонів Чорного моря з оптико-гідрологічними характеристиками приповерхневих вод.

ABSTRACT The calculation results of the relationships between probability parameters of the main Black Sea quasistationary costal anticyclones and optical and hydrological characteristics of the near surface sea waters were presented.