

О.Р.Андрианова, А.М.Буров, М.И.Скипа

Отделение гидроакустики

Морского гидрофизического института НАН Украины, г.Одесса

**ОСОБЕННОСТИ ДЕКАДНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ
СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВЫСОТ УРОВНЯ
В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Проанализированы десятилетние тренды по максимальным и средним высотам уровня станций западной части Черного моря, которые характеризовались переменным ходом в 1930 – 1950 и 1980 – 2000 гг. и интенсивным ростом в 1950 – 1980 гг. Проведенная оценка корреляции показала, что среднемесячным уровням соответствует более тесная зависимость от расходов Дуная, а определяющими станциями являются Очаков и Севастополь; для максимальных уровней отмечается аналогичная зависимость от расходов Днепра и Днестра (для соответствующих станций), к определяющим станциям относятся Одесса, Очаков и Севастополь.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *уровень моря, расходы рек, декадная изменчивость, линейный тренд, тенденция, корреляция.*

Вопросы контроля гидрометеорологического и экологического состояния прибрежной зоны неразрывно связаны с развитием рационального природопользования берегового региона, решением различных природоохранных задач для поддержания рекреационных возможностей района. К числу наиболее важных характеристик состояния прибрежной зоны относятся изменения уровня моря. Поскольку около 60 % населения во всем мире сосредоточено на прибрежных территориях, экстремальные повышения уровня опасны наводнениями как для жизни людей, так для всей инфраструктуры и экосистем, окружающих их. Кроме того, у низменных берегов при повышении уровня моря происходит уменьшение пляжной зоны, тогда как у крутых берегов, в результате ветровой и волновой нагрузки, происходит размыв и разрушение коренных пород. Это приводит к возникновению обвальных явлений, нарушению технического и экологического состояния и возникновению чрезвычайных ситуаций [1].

Наблюдения колебаний уровня моря по сравнению с другими видами океанографических элементов характеризуются значительной длительностью непрерывных измерений. В связи с этим они представляют собой ценный натурный материал для исследования широкого диапазона пространственно-временной изменчивости [2]. Долгопериодная изменчивость уровня моря определенно связана с климатическими процессами [2], в том числе с глобальными явлениями в океане, такими как явление Эль-Ниньо, и зависит от многих факторов. Анализ долгопериодной климатической изменчивости, проводимый по различным характеристикам [3, 4] позволил выделить в океане низкочастотные колебания 10-летнего масштаба, которые генерируются в атмосфере путем изменения потоков тепла на границе океан – атмосфера, что дает возможность оценивать климатические тенденции соответ-

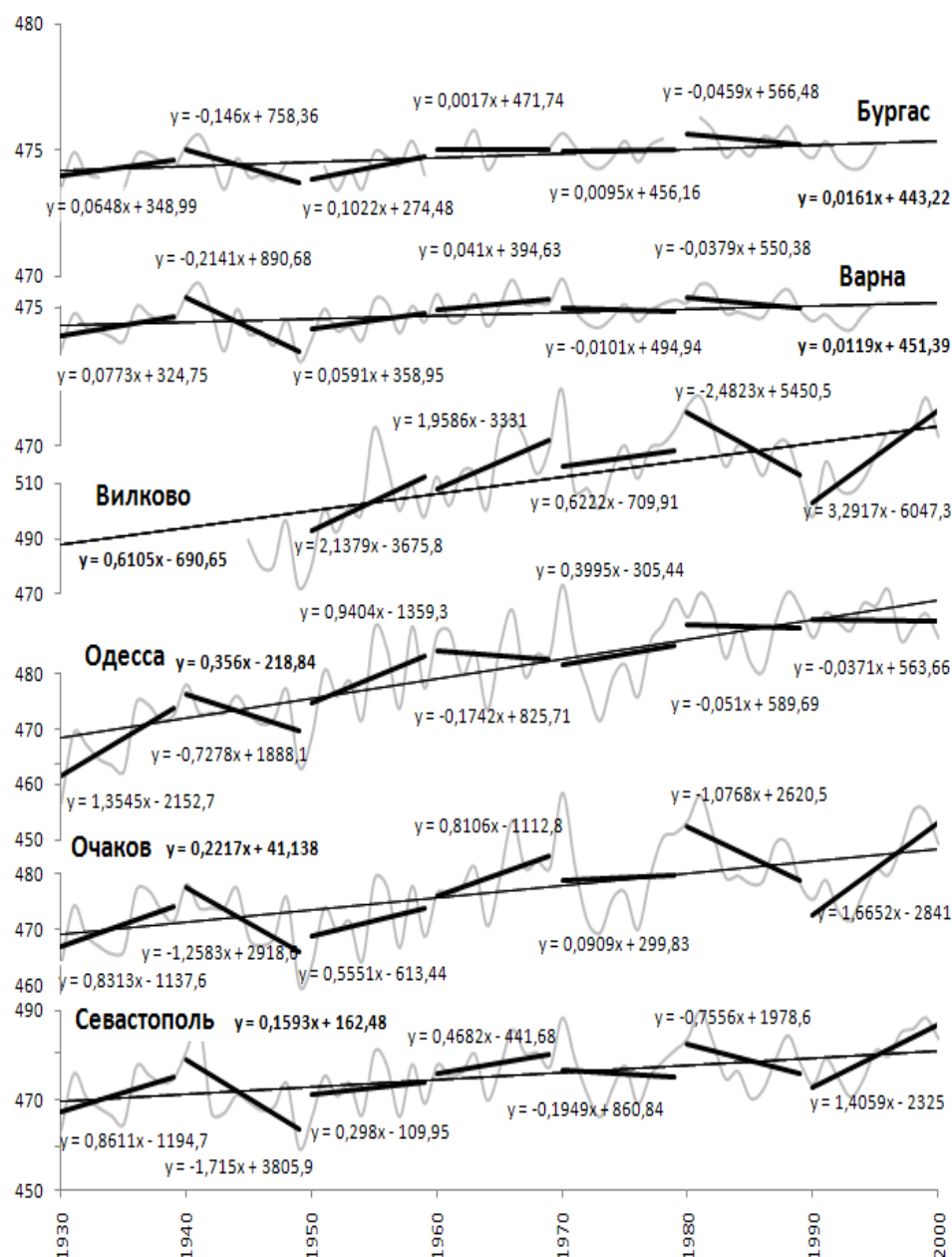
ствующего масштаба и даже прогнозировать их [4]. В крупномасштабных изменениях и уровня Черного моря должна прослеживаться связь с изменениями уровня в других регионах. Кроме того, изменения уровня моря носят четко выраженный сезонный характер. И, несмотря на то, что сезонная изменчивость уровня Черного моря считается одной из наиболее изученных, много региональных особенностей этой изменчивости и их влияние на экологическое состояние прибрежной зоны остаются не отраженными в научных исследованиях. В частности, сезонный характер изменчивости имеют и стгонно-нагонные явления, без учета влияния которых на гидрологический и гидрохимический режимы акватории невозможна оценка рекреационных возможностей экосистем разных районов Черного моря [5]. Поскольку для разнообразных запросов практики не всегда достаточно сведений о различных средних и предельных положениях уровня моря, то нередко случаи, когда море затопляет и разрушает сооружения, построенные недостаточно осмотрительно [1].

В данной работе нам представилось интересным рассмотреть декадную межгодовую изменчивость среднемесячных и экстремальных высот уровня на станциях в западной части Черного моря и выделить наличие связи между этими характеристиками по отдельным пунктам на побережье, а также с расходами рек, определяющими водный баланс региона.

Исходными данными послужили среднемесячные и максимальные за месяц данные о высотах уровня в западной части Черного моря (украинской и болгарской части побережий), которые были обработаны с целью восстановления пропусков в рядах наблюдений и таким образом подготовлены для анализа. Для удобства сопоставления, расчетов и нахождения связующих зависимостей был выбран период с 1930 по 2000 гг., когда на всех рассматриваемых станциях ряд данных был максимально полным. На украинском побережье были выбраны станции: Севастополь, Очаков, Одесса и Вилково (совмещенная с Усть-Дунайском для максимальных за месяц данных: 1945 – 1985 гг. (Вилково), 1986 – 2000 гг. (Усть-Дунайск)); на болгарском побережье – Варна и Бургас (1930 – 1996 гг.). Для сравнения изменчивости были привлечены данные о среднемесячных расходах рек Дунай, Днестр и Днепр за 1947 – 2000 гг., которые использовались при попытке нахождения возможных корреляционных связей.

С целью изучения временного хода изменчивости по декадам для средних и максимальных высот уровня в западной части Черного моря были построены для каждой декады соответствующие линейные тренды и показаны уравнения линейной регрессии, отражающие тенденцию изменения уровня (угол наклона тренда), представленные на рис.1 и 2.

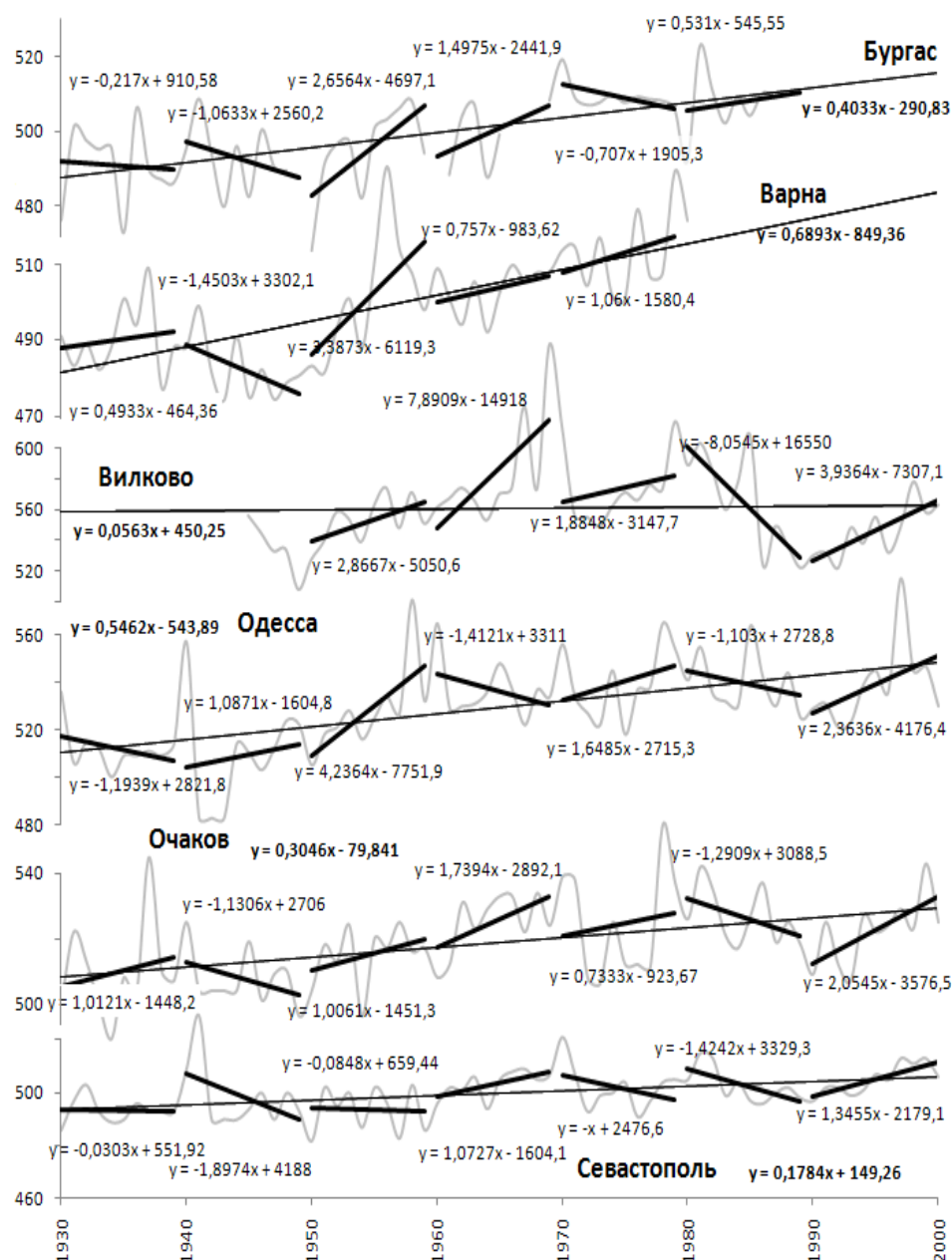
Визуальный анализ временного хода трендов по декадам среднемесячного уровня показал хорошую согласованность всех станций по углу наклона тренда (рис.1), что дает возможность выделить общие черты изменчивости. С 30-е по 60-е гг. декадная изменчивость характеризовалась переменным ростом и падением; в 1960 – 1970 гг. отмечался рост, по всем станциям, кроме Одессы (исключительность ст.Одесса возможно связана с вертикальными колебаниями суши на ней), в 1970 – 1980 гг. – ход стал относительно ровным. С 1980 г. практически на всех станциях вновь наблюдался пере-



Р и с . 1 . Временной ход 10-летних трендов по средним годовым уровням на станциях западной части Черного моря.

менный характер изменчивости. Можно отметить, что наиболее значимые величины угла наклона наблюдаются с 1940 по 1960 и в 1990 – 2000 гг. (0,7 – 3,2 на станциях Севастополь, Очаков и Вилково).

Временной ход максимальных уровней моря по декадам (рис.2), аналогично изменчивости по среднемесячным данным, показывает хорошую согласованность и переменный характер колебаний. Обращает на себя внимание изменчивость по декадам на станциях Одесса (1930 – 1970 гг.),



Р и с . 2. Временной ход 10-летних трендов по максимальным годовым уровням на станциях западной части Черного моря.

Бургас (1970 – 1990 гг.), которая имеет обратный характер к соседним рассматриваемым станциям, что может быть обусловлено вертикальными движениями суши.

С целью нахождения статистических зависимостей нами был проведен корреляционный анализ для каждого ряда попарно между рассматриваемыми станциями для годовых величин, выбранных по средним и максимальным месячным значениям высот уровня. Суть этого анализа заключалась в

Т а б л и ц а 1. Суммарные коэффициенты корреляции между всеми станциями.

станции уровень	Севастополь	Очаков	Одесса	Вилково + Усть-Дунайск	Бургас	Варна
среднемесячн.	5,427367	5,484919	4,965047	5,29193	5,373764	5,401731
максимальн.	4,669714	4,650837	4,670982	4,027958	4,404221	4,050037

построении симметричной матрицы, для установления станции, наиболее определяющей остальные, которая может считаться реперной станцией. Матрица заполнялась коэффициентами корреляции между всеми станциями, включая и коэффициент автокорреляции, в нашем случае равный 1, которые затем суммировались для каждой станции. В табл.1 представлены суммарные значения коэффициентов корреляции для годовых величин, выбранных по средним и максимальным месячным значениям высот уровня.

Из табл.1 следует, что для среднемесячных уровней, наиболее информативными станциями являются Очаков и Севастополь, а для максимальных уровней – Одесса, Очаков и Севастополь.

Затем был проведен подекадный корреляционный анализ между рассматриваемыми станциями для годовых величин, выбранных по средним и максимальным месячным значениям высот уровня, а также выполнена оценка возможных связей этих же параметров с аналогичными значениями расходов рек Дунай, Днепр и Днестр (годовые значения выбраны только по среднемесячным). Полученные результаты расчетов представлены в табл.2.

Т а б л и ц а 2. Осредненные за весь период декадные величины коэффициентов парной корреляции по высотам уровня на станциях западной части Черного моря и расходами рек.

станции	Севаст-ль	Очаков	Одесса	Вилково	Бургас	Варна						
	по средним значениям						Севаст-ль	Очаков	Одесса	Вилково	Бургас	Варна
Севаст-ль		0,91	0,72	0,84	0,88	0,92		0,45	0,15	0,55	0,53	0,28
Очаков	0,91		0,73	0,87	0,83	0,89	0,45		0,36	0,4	0,32	0,18
Одесса	0,72	0,73		0,64	0,71	0,84	0,15	0,36		0,23	0,17	0,22
Вилково	0,84	0,87	0,64		0,71	0,81	0,55	0,40	0,23		0,36	0,32
Бургас	0,88	0,83	0,71	0,71		0,86	0,53	0,32	0,17	0,36		0,45
Варна	0,92	0,89	0,84	0,81	0,86		0,28	0,18	0,22	0,32	0,45	
Дунай	0,73	0,76	0,54	0,96	0,57	0,72	0,67	0,49	0,38	0,57	0,32	0,32
Днестр	0,61	0,66	0,36	0,77	0,39	0,48	0,60	0,45	0,30	0,62	0,25	0,37
Днепр	0,69	0,77	0,44	0,61	0,58	0,53	0,69	0,59	0,29	0,57	0,42	0,24
ср	0,79	0,80	0,62	0,78	0,69	0,76	0,49	0,41	0,26	0,45	0,35	0,30
макс	0,92	0,91	0,84	0,96	0,88	0,92	0,69	0,59	0,38	0,62	0,53	0,45
мин	0,61	0,66	0,36	0,61	0,39	0,48	0,15	0,18	0,15	0,23	0,17	0,18

По результатам проведенной парной корреляции среднегодовых значений уровня для станций западной части Черного моря и расходов рек по декадам установлено, что для средних величин наблюдалась наиболее тесная связь с характеристиками Севастополя, Очакова и Вилково (0,78 – 0,80), с характеристиками станций Одесса и Бургас связь была слабая (0,62 – 0,69). Для максимальных величин этих же характеристик зависимость была выше (коэффициент корреляции в пределах 0,84 – 0,96 для всех станций), а для минимальных, наоборот, связь была для всех станций низкой и не превышала 0,66, для Одессы и болгарских станций менее 0,48.

Из полученных оценок по декадам следует, что наибольшее влияние на высоты уровня для всех станций оказывал расход реки Дунай (около единицы с высотами уровня на станции Вилково), а расходы рек Днестр и Днепр имели значительно меньшее влияние, что согласуется с полученными ранее результатами [6]. Вычисленные по декадам значения коэффициентов корреляции между средними значениями уровня на соседних станциях (0,8 – 0,95), свидетельствуют о тесной связи между ними на этом масштабе изменчивости. И только в Одессе они были немного меньше и составили 0,64 – 0,72, что возможно связано с вертикальными движениями земной коры в зоне расположения пункта наблюдений.

Характер установленной связи максимальных значений высот уровня и средних расходов рек западной части Черного моря по декадам соответствует характеру вышеуказанных связей средних значений, который заключается в существовании более тесных зависимостей со станциями Севастополь, Очаков и Вилково. Отличительная черта этих зависимостей по максимальным значениям состоит в том, что они слабее, чем найденные выше и коэффициенты корреляции составляли 0,41 – 0,49. Интересно заметить, что максимальные рассчитанные коэффициенты корреляции 0,59 – 0,69 отмечались для станций Севастополь, Очаков, Вилково и были результатом более значительного воздействия расходов Днепра и Днестра, чем Дуная в этом случае, что можно отнести к региональным особенностям, которые следует более детально проработать.

Подводя итоги проведенного анализа временного хода изменчивости по декадам для средних и экстремальных высот уровня в западной части Черного моря можно сформулировать следующие результаты:

- десятилетние тренды максимальных и средних высот уровня на станциях западной части Черного моря показывают, что 1930 – 1950 и 1980–2000 гг. характеризуются переменными тенденциями в изменчивости, а 1950 – 1980 гг. – более интенсивным ростом (по углу наклона тренда);
- суммарные коэффициенты корреляции показали, что для среднемесячных уровней, наиболее тесные зависимости наблюдаются со станциями Очаков и Севастополь, для максимальных уровней – Одесса, Очаков и Севастополь;
- коэффициенты корреляции для минимальных значений уровня оказались незначительными и не представляют интерес для детального анализа долговременной его изменчивости;
- корреляционный анализ по декадам показал, что средним значениям высот уровня соответствует более значимая зависимость с расходом Дуная, максимальным высотам уровня – с расходами Днепра и Днестра.

В данном исследовании проанализирована подекадная изменчивость средних и экстремальных значений уровня по станциям западной части Черного моря и показана их зависимость между соседними станциями и от одной, но очень существенной для рассматриваемого района Черного моря, составляющей водного баланса – речного стока. Представляется целесообразным для совершенствования методов прогнозирования тенденций изменения уровня Черного моря и предупреждения возникновения, связанных с ним чрезвычайных ситуаций, проведение подобного детального анализа зависимости аналогичных характеристик и с другими составляющими водного баланса и установления их природных или техногенных проявлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богуславский С.Г., Кубряков А.И., Иващенко И.К.* Изменения уровня Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 1997. – № 3. – С.47-57.
2. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А.* Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее / Под ред. акад. НАН Украины В.Н.Еремеева. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – 210 с.
3. *Полонский А.Б.* Роль океана в изменениях климата. – Киев: Наукова думка, 2008. – 183 с.
4. *Добровольский А.Д., Залогин Б.С.* Моря СССР. – М.: МГУ, 1982. – 192 с.
5. *Бардин М.Ю., Воскресенская Е.Н.* Системы контроля окружающей среды, 2005. – 332 с.
6. *Андрианова О.Р.* Оценка связи колебаний уровня Черного моря на станциях северо-западного побережья с расходами рек Днепр и Дунай // Український гідрометеорологічний журнал. – 2006. – № 1. – С.241-247.

Материал поступил в редакцию 12.10.2010 г.