

ОЦЕНКА СВЯЗИ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ЧЕРНОГО МОРЯ НА СТАНЦИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ С РАСХОДАМИ РЕК ДНЕПР И ДУНАЙ

Показано присутствие второго (зимнего) максимума в годовом ходе (40-60% случаев), как расходов рек Дунай и Днепр, так и уровня Черного моря на станциях северо-западного побережья. В межгодовой изменчивости отмечена общая тенденция роста уровня моря, как по среднегодовым, так и по среднезимним данным, которая не связана с увеличением объемов речного стока. Уровень моря в Одесском регионе зависит от расходов Дуная ($r=0.8-0.9$), а с расходами Днепра ($r\approx 0.5$) связь присутствует с ближайшими станциями – Очаков, Одесса и Ильичевск. В характере колебаний расходов Днепра наблюдаются отличия относительно остальных рассмотренных параметров.

Ключевые слова: *уровень моря, расходы рек, Дунай, Днепр, сезонная и межгодовая изменчивость, Черное море, колебания, доминирующие периоды, коэффициент корреляции.*

Вступление. Можно говорить о многих и разносторонних следствиях, определяемых колебаниями уровня моря у берегов с различными геологическими и климатическими условиями. Зона северо-западного шельфа Черного моря является районом активного судоходства и экономической деятельности государства Украина, поэтому исследование закономерностей изменения уровня этого региона необходимо при решении многих практических задач. В том числе, установление факторов влияющих на изменение уровня моря и процессов его определяющих, необходимо при подготовке мер по поддержанию экологического баланса вод прибрежной зоны моря. Известно, что самые крупные реки, пополняющие Черное море, впадают в него в северо-западном районе, а климатические процессы, протекающие в этом регионе [1], связаны и со значениями уровня моря, и с расходами рек. Установить взаимосвязь между этими характеристиками моря, оценить их изменчивость и климатические тенденции – основные цели предлагаемой работы. Были сформулированы следующие задачи:

- исследовать сезонные и межгодовые колебания уровня моря на ряде станций северо-западного побережья Черного моря и аналогичные колебания расходов рек Дуная и Днепра;
- оценить наличие и величину корреляционной связи между колебаниями уровня моря рассмотренных станций и расходами рек Днепр и Дунай;
- провести спектральный анализ изменчивости исходных рядов и определить периоды доминирующих колебаний.

Выполненные ранее оценки изменений уровня Черного моря [2-4] показали общее его повышение и локальное опускание суши в отдельных частях северо-западного и западного побережья (Одесса-порт, Вилково и Варна). О колебаниях расходов рек не сложилось однозначного мнения в литературных источниках, возможно потому, что они имеют волнообразный характер и отмечаются периоды их роста и падения. В общем, отмечается, что за последние 50 лет преобладает возрастание стока рек Дуная и Днепра [5-7].

Изменения уровня Черного моря и расходов рек, впадающих в его северо-западную часть, имеют свои сезонные особенности, которые рассмотрены

соответственно в работах [8] и [6]. С учетом накопленного вышеупомянутыми исследованиями опыта, в предлагаемой работе анализируются общие тенденции в ходе этих характеристик, и сделана попытка установить их взаимосвязи в соответствии с сезонными особенностями.

Материалы и методы исследований. Исходными данными для выполнения поставленных задач были наблюдения над расходами рек Дунай и Днепр, и уровнем моря по станциям вдоль побережья Черного моря. Продолжительность рядов исходных данных была различна, ниже приведены годы анализируемых наблюдений для каждой характеристики:

- по среднегодовым данным: Дунай – 1860-2001, Днепр – 1851-2000, Вилково – 1945-2002, Прорва – 1958-2002, Приморское – 1951-2002, Ильичевск – 1960-2002, Одесса – 1875-2002, Очаков – 1874-2002;
- по среднемесячным данным: Дунай – 1947-2001, Днепр – 1947-2000, Вилково – 1947-1985, Прорва – 1958-1985, Приморское – 1951-1985, Ильичевск – 1960-1985, Одесса – 1947-1985.

По рассчитанному среднемноголетнему годовому ходу уровня всех станций Одесского региона Черного моря исследован климатический годовой ход – максимальные значения в сезонном ходе уровня моря отмечены в апреле-июне, а минимальные – в октябре-ноябре. В среднемноголетнем годовом ходе расходов рек также выявлены сезонные климатические закономерности: период паводка Дуная приходится на апрель-май, Днепра – на май-июнь, а период межени обеих рек – на октябрь-ноябрь. При детальном анализе ежегодного сезонного хода расходов рек и уровня моря, отмечено эпизодическое нарушение «правильного» климатического годового хода, которое проявляется в присутствии зимнего максимума в ходе исследуемых характеристик. Рассчитанный по всем данным процент нарушений климатического годового хода от общего числа анализируемых лет (по среднемесячным данным) приведен на рисунке 1.

В расходах Дуная и Днепра нарушение «правильного» сезонного хода происходило в 64% и в 67% случаев соответственно. В отдельные годы зимний максимум в расходах Днепра превосходит весенний, а иногда появляется и третий максимум.

Анализ особенностей сезонного хода уровня моря станций Одесского региона показал, что в 40-60% случаев происходит нарушение климатического годового хода. Зимний максимум уровня превосходит весенний значительно чаще, чем по расходам рек. На рисунке 1 отражено общее число лет с нарушениями относительно всех анализируемых наблюдений, а также для сравнения приведено число нарушений в 1960-1985 годах, поскольку этот период лет перекрывался всеми данными. В 60-80-х годах отмечается увеличение нарушений климатического годового хода (до 58-77%), по сравнению с предыдущим периодом, рассмотренным нами по всем рядам (рис.1), за исключением Дуная (уменьшение с 64 до 58%).

Таким образом, подробный анализ внутригодового хода уровня и расходов рек позволил выявить ряд особенностей, которые согласуются с ранее приводимыми различными авторами результатами [8, 9]. В частности, авторы [6] одной из основных причин выхолаживания северо-западной части моря считают увеличение речного стока в холодное время года (с ноября по март). Установленный факт появления зимнего максимума в расходах рек требует пересмотра и сезонных особенностей воздействия этих вод на экологическое состояние северо-западной части моря, поскольку речной сток наиболее существенный источник поступления загрязняющих веществ в море.

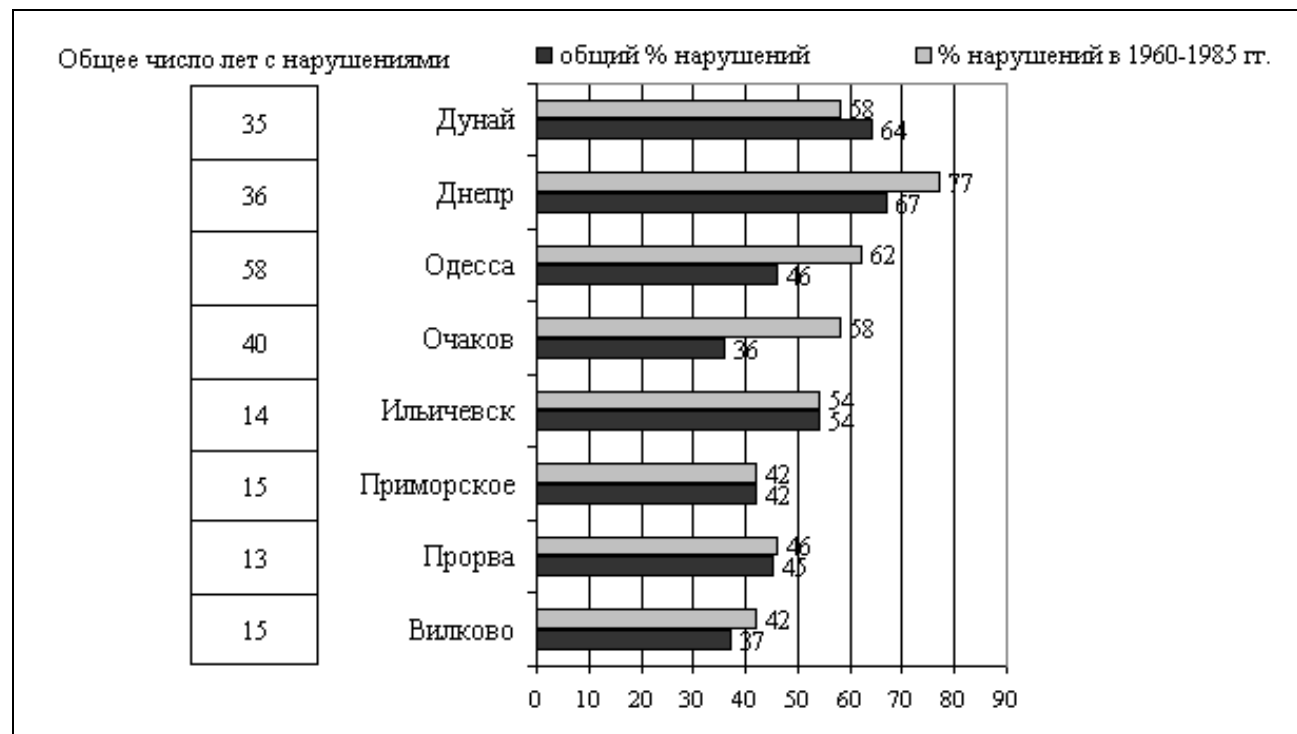


Рисунок 1 – Процент нарушения «правильного» годового хода в рассматриваемых рядах уровня моря на станциях северо-западного побережья Черного моря и расходов рек Днепр и Дунай

Результаты исследований и их анализ. Основываясь на полученных результатах анализа сезонного хода, в дальнейшем исследование было сосредоточено на соответствующих изменениях в климатическом ходе расходов рек и уровня моря. А именно, анализ межгодовой изменчивости проводился не только на основе среднегодовых характеристик расходов рек и уровня моря, а также по среднезимним значениям (осредненным за декабрь, январь и февраль).

В межгодовой изменчивости уровня в Одесском регионе Черного моря отмечена общая тенденция роста его значений (табл. 1), как по среднегодовым, так и по среднезимним данным. Повышение уровня на станциях Вилково, Одесса и Очаков происходит преимущественно за счет зимних месяцев, а на остальных трех станциях (Прорва, Приморское и Ильичевск) рост уровня по среднегодовым значениям происходит интенсивнее, чем по зимним месяцам.

Таблица 1 – Повышение уровня моря на станциях Одесского региона

Станции	Вилково	Прорва	Приморское	Ильичевск	Одесса	Очаков
За весь период наблюдений						
Повышение всего, см	32	15	12	8	61	18
Повышение за год, см	0,56	0,34	0,24	0,19	0,48	0,14
За 1960-1985 годы (с декабря по февраль)						
Станции	Вилково	Прорва	Приморское	Ильичевск	Одесса	Очаков
Повышение всего, см	31,0	4,5	5,5	3,0	21,0	5,0
Повышение за год, см	1,19	0,17	0,21	0,12	0,81	0,19

Во временном ходе уровня на всех станциях с декабря по февраль наблюдается его повышение, степень этого повышения различна, как и различны анализируемые периоды, поэтому оценка повышения проводилась и за период с 1960 по 1985 годы, когда имелись среднемесячные данные на всех станциях. Во временном ходе расходов Дуная с декабря по февраль за 1948-2001 годы отследить тенденций не удалось, в ходе расходов Днепра с декабря по февраль за 1948-2000 годы отмечается незначительное повышение (0,04 км³ за год). Поэтому, несмотря на общую тенденцию повышения уровня моря в Одесском регионе объяснить это увеличением объемов речного стока нельзя. Причину этого по нашему мнению следует искать в особенностях геологических изменений в регионе.

Анализ зависимости между среднегодовыми значениями расходов рек и уровня моря, проведенный по коэффициентам корреляции (табл. 2) показал, что преобладающее влияние на уровень моря станций региона оказывает Дунай ($r=0,59-0,87$), даже на Очаков, находящийся непосредственно в устье Днепро-Бугского лимана. Это может быть обусловлено общими климатическими закономерностями, отражающимися на водности рек. Коэффициент корреляции расходов Дуная с уровнем моря в Одессе ($r=0,34$) свидетельствует о необходимости детализации этой связи и учета геологических факторов. По коэффициентам корреляции между значениями уровня моря и расходами рек в периоды паводка и межени также установлено (табл.2), что воздействие Дуная ощутимо во всем регионе, особенно в период паводка ($r=0,57-0,94$). Влияние Днепра в период паводка также ощутимо ($r=0,53-0,70$) на значениях уровня региона (за исключением Вилково и Одессы). В период межени общее влияние

Днепра незначительно. Результаты расчетов зависимости зимних значений (декабрь-февраль) уровня моря и расходов Днепра ($r=0,51-0,73$) показывают наличие связи между этими параметрами и свидетельствуют о существенном воздействии речного стока в зимний период. Это относится к Дунаю даже в большей степени ($r=0,56-0,99$), за исключением Одессы и Очакова ($r=0,15$), которые находятся, соответственно, на берегу Одесского залива и Днепро-Бугского лимана (табл.2).

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между значениями уровня моря и расходами рек

Станции		Вилково	Прорва	Приморское	Ильичевск	Одесса	Очаков
Период, реки							
По среднегодовым данным							
Дунай		0,87	0,80	0,71	0,71	0,34	0,59
Днепр		0,30	0,34	0,40	0,53	0,04	0,24
По данным в периоды паводка и межени							
Паводок	Дунай	0,94	0,83	0,68	0,70	0,57	0,74
	Днепр	0,27	0,70	0,53	0,65	0,34	0,47
Межень	Дунай	0,90	0,75	0,67	0,72	0,47	0,72
	Днепр	0,31	0,13	0,15	0,22	0,34	0,46
По среднезимним данным							
Дунай		0,71	0,56	0,99	0,72	0,15	0,15
Днепр		0,63	0,51	0,63	0,69	0,66	0,73

Анализ временного хода коэффициентов корреляции между внутригодовыми распределениями уровня моря на станциях и расходами рек показал, что уровень моря в Одесском регионе зависит, преимущественно от расходов Дуная ($r=0,8-0,9$), а с расходами Днепра $r \approx 0,5$ связан по близлежащим станциям – Очаков, Одесса и Ильичевск. Пример рассчитанных значений коэффициента корреляции для Одессы и Очакова приведен на рисунке 2. Обращают на себя внимание отрицательные значения коэффициентов корреляции для Днепра в отдельные годы. В связи с этим был детально рассмотрен внутригодовой ход расходов обеих рек и уровня моря на станциях в 1965 году – когда отрицательные значения коэффициента корреляции со стоком Днепра достигали $-0,7$ для Одессы, Ильичевска и Очакова. Анализ годового хода исследуемых характеристик (уровня и расходов рек) в 1965 г. показал, что расходы Дуная и Днепра находятся в противофазе, а коэффициент корреляции между всеми станциями и расходами Дуная в этом году составил $0,9$. Одной из причин возникновения отрицательных коэффициентов корреляции в эти годы могут быть дальние проявления Эль-Ниньо, поскольку они отмечаются в те же годы [3].

По обобщенным данным за весь период наблюдений был проведен спектральный анализ и выявлены преобладающие возмущения в среднегодовых высотах уровня Черного моря и расходах Дуная и Днепра. Установлено, что в расходах Дуная и высотах уровня моря на анализируемых станциях доминируют колебания с периодом в 2,4; 3,5; 4,3 и 14 лет. В расходах Днепра присутствовали несколько иные колебания с периодами в 2,4; 4,2 и 12,5 лет. Это подтверждает отмеченные выше результаты об отличии характера колебаний расходов Днепра относительно остальных рассмотренных параметров.

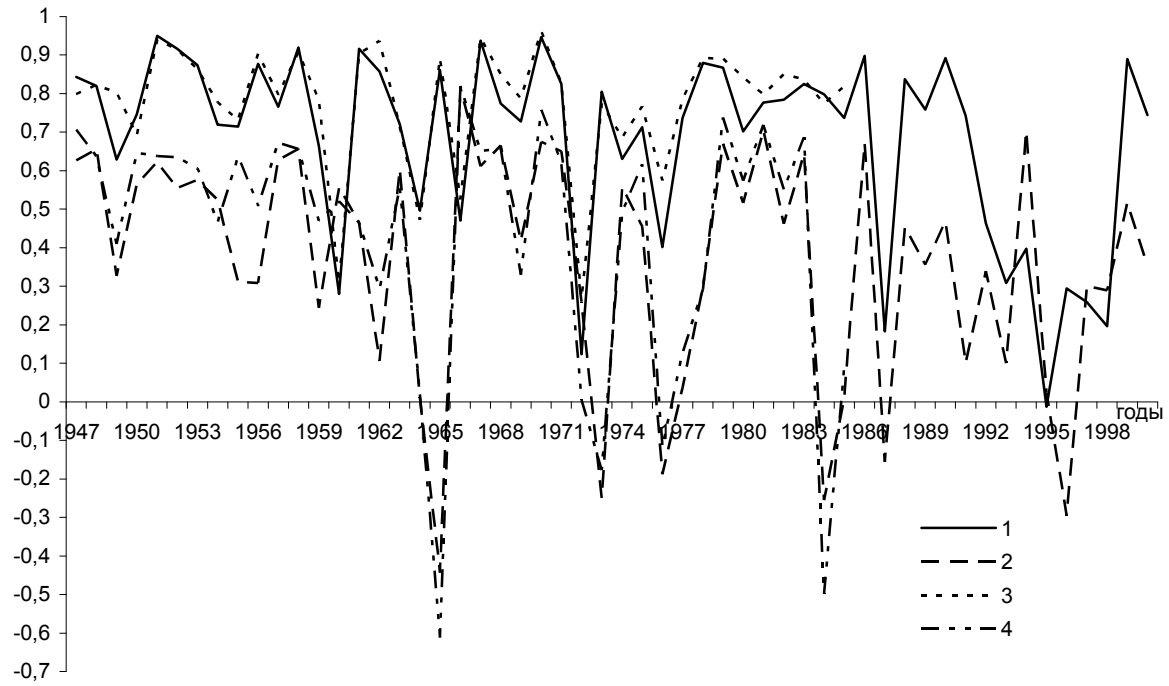


Рисунок 2 – Временной ход коэффициентов корреляции между годовым распределением уровня моря и расходов рек (1 – Одесса-Дунай, 2 – Одесса-Днепр, 3 – Очаков-Дунай, 4 – Очаков-Днепр)_

Выводы. Обобщая результаты проведенного исследования необходимо обратить особое внимание на появление второго зимнего максимума в годовом ходе как расходов Дуная и Днестра, так и уровня моря станций Одесского региона. В связи с этим, имеет смысл провести анализ других гидрологических и гидрохимических характеристик в Одесском регионе с целью уточнения сезонных особенностей в их распределении для корректировки проведения природоохранных мероприятий.

Исходя из полученных корреляционных зависимостей, можно заключить, что уровень моря станций Одесского региона зависит, преимущественно, от расходов Дуная, однако на колебания уровня моря могут оказывать влияние и другие факторы, но не расходы Днестра. Установленные закономерности в изменениях уровня моря станций Одесского региона (в частности, общее повышение уровня, не связанное с расходами рек) представляют несомненный интерес не только для океанологов, а также для геологов, специалистов инженерных служб и требуют дальнейшего исследования учеными этих профилей.

Список литературы

1. *Ефимов В.В., Еремеев В.Н.* Изменение климата Украины в XX столетии // Доклады НАН Украины. – 2003. – №1. – С. 106 – 111.
2. *Богуславский С.Г., Кубряков А.И., Иващенко И.К.* Изменения уровня Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 1997. – № 3. – С.47-57.
3. *Андрианова О.Р., Белевич Р.Р., Скипа М.И.* Динамика суши и уровня побережья Одесского региона Черного моря // Геофизический журнал. 2005. – №3. – С.463-469.
4. *Горячкин Ю.Н., Иванов В.А.* Пространственно-временное распределение экстремальных значений уровня в Черном море // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. НАН Украины, МГИ ИнБЮМ. – Севастополь, 2000. – С.72-78.
5. *Белевич Р.Р., Орлова И.Г.* Особенности межгодовой изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик вод на северо-западном шельфе Черного моря в последние десятилетия (1960-90-е годы) // Морской гидрофизический журнал. 1996. – №2. – С. 62 – 73.
6. *Полонский А.Б., Воскресенская Е.Н.* О причине понижения температуры поверхностного слоя Черного моря // Доповіді НАН України. – 2003. – №12. – С. 108-111.
7. *Андрианова О.Р.* О влиянии сезонной и межгодовой изменчивости речного стока на соленость прибрежных вод в северо-западной части Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 1996. – №2. – С.54-61.
8. *Фомичева Л.А.* Сезонный и годовой ход уровня Черного моря // Тр. ГОИН. 1986. – вып.168. – С.19-26.
9. *Андрианова О.Р., Белевич Р.Р., Скипа М.И.* О некоторых особенностях климатической изменчивости расходов рек Дуная, Днестра и уровня моря в Одессе в XX столетии // Тез. доп. V Міжнародний симпозіуму «Екологічні проблеми Чорного моря». – Одеса, 2003. – С.17-22.

Оцінка зв'язку коливань рівня Чорного моря на станціях північно-західного узбережжя та розходів річок Дніпро та Дунай. Андріанова О.Р.

Показана присутність другого (зимового) максимуму у річному ході (40-60% випадків), як розходів річок Дунай та Дніпро, так і рівня Чорного моря на станціях північно-західного узбережжя. У міжрічній мінливості відзначена загальна тенденція росту рівня моря, як по середньорічним, так і по середньозимовим даним, яка не має зв'язку із збільшенням обсягу річного стоку. Рівень моря в Одеському регіоні залежить від розходів Дунаю ($r=0.8-0.9$), а з розходами Дніпра ($r\approx 0.5$) зв'язок присутній із найближчими станціями – Очаків, Одеса та Іллічівськ. У характері коливань розходів Дніпра спостерігаються відмінності відносно розглянутих параметрів.

Ключові слова: рівень моря, розходи річок, Дунай та Дніпро, сезонна та міжрічна мінливість, Чорне море, коливання, домінуючі періоди, коефіцієнт кореляції.

The estimation of the fluctuations of the Black sea level at stations of northwest coast and the volumes of the river's waters (Danube and Dnepr). Andrianova O.R.

The presence of the second (winter) maximum at an annual distribution (40-60 % of cases) as volumes of the river's waters (Danube and Dnepr) so the Black sea level at stations of northwest coast is shown. The general tendency of the growth of a sea level on mid-annual and mid-winter data is marked in interannual variability which is not connected with increase the volumes of the river's waters. The sea level in the Odessa region depends on Danube waters ($r=0.8-0.9$) but on Dnepr waters ($r\approx 0.5$) connection is present with the nearest stations – Ochakov, Odessa and Ilyichevsk. The differences in character of fluctuations of volumes of the Dnepr waters to other considered parameters are observed.

Key words: a sea level, the volumes of the river's waters, Danube, Dnepr, seasonal and interannual variability, Black sea, the fluctuations, the dominating periods, the coefficient of correlation.