

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ НА СТОК ДНЕСТРА

В результате проведения корреляционного и спектрального видов анализа выявлено статистически значимое влияние Северо-Атлантической и Арктической осцилляций на временные ряды среднегодовых расходов некоторых рек бассейна Днестра. Наиболее выраженное влияние АО проявляется с периодичностью 2,3-2,5 и 3,6-4,0 года. Влияние САО наиболее заметно с периодичностью 8-9 и 17-18 лет. Значимое влияние Южной осцилляции на сток рек исследуемой территории не выявлено.

Ключевые слова: река Днестр, климатические осцилляции, среднегодовые расходы, корреляционный анализ, спектральный анализ.

Постановка проблемы. Пристальное изучение временной изменчивости гидрометеорологических характеристик как глобального, так и регионального масштаба обусловлено отмечаемыми на данном этапе тенденциями изменения климата [8, 9, 15]. В связи с этим очень важно выделять глобальные изменения климата и их периодические составляющие – осцилляции, или колебания.

Северо-Атлантическая осцилляция (САО) и Арктическая осцилляция (АО) являются одними из основных влияющих на Причерноморский регион природных источников климатической изменчивости в системе океан - атмосфера [8]. Наряду с ними значимое влияние на климатические процессы Земли оказывает Южная осцилляция (ЮО), состоящая из теплой и холодной фаз – Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Однако большему влиянию ЮО подвергается климат Южного полушария [14]. Утверждение о влиянии этой осцилляции на территорию Европы, по мнению А.Б. Полонского, Е.Н. Воскресенской, In. Solomon, D. Qin, M. Manning [3, 8, 9, 14], носит спорный характер и подлежит дальнейшему изучению.

Исследование влияний климатических осцилляций на сток рек бассейна Днестра позволит усовершенствовать процесс управления водными ресурсами Днестра, повысить его качество и надежность.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах А.Б. Полонского, Н.П. Смирнова, В.Н. Воробьева, С.Ю. Качанова [8, 11] рассматривается взаимосвязь изменений индекса САО с колебаниями различных климатических характеристик Северной Атлантики и прилегающих регионов Северной Америки и Европы. Рассмотрены сезонные и многолетние изменения интенсивности и положения Исландского минимума и Азорского максимума давления, которые определяют интенсивность циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой. Установлена взаимосвязь изменений индекса САО с колебаниями различных климатических характеристик (температуры воздуха, количества осадков, температуры воды в океанах).

Метеорологи Д. Томпсон и Дж. Уоллес дали более детальное объяснение влияния АО [15]. По их мнению, Арктическая осцилляция проявляется в том, что температура и атмосферное давление в высоких широтах Северного полушария (включая географический полюс, южные районы Аляски и всю Центральную Европу) подвержены циклическим колебаниям. Когда АО вступает в положительную фазу, над полярной шапкой давление падает, а в районах, расположенных вдоль 55° с. ш., поднимается, приводя к усилению западных ветров. В связи с этим штормы в океане смещаются к северу, принося, например, влагу в Скандинавию и на Аляску и лишая осадков Испанию и Калифорнию. Тепло вторгается в Евразию, в центральных районах Европы учащаются оттепели.

В.В. Ефимов, А.А. Сизов и др. [5] установили, что влияние структур Северо-Атлантического и Евро-Азиатского колебаний особенно заметно в зимний сезон. В их работе показано, что процессы переувлажнения и атмосферной засухливости в регионе Черного моря и других регионах Европы в зимние сезоны 80-90-х гг. можно описывать, используя структуру барического поля в разные фазы САО. Позднее А.А. Сизов и А.Е. Чехлан [10] уточнили, что в годы четного цикла солнечной активности преобладают положительные индексы САО и отрицательные аномалии осадков в причерноморском регионе. В годы нечетного цикла – наоборот: отрицательные индексы САО и положительные осадков.

Влияние климатических осцилляций на водные ресурсы Европы и Украины отмечено в работах А.Б. Полонского [8, 9]. Он описывает статистически значимую взаимосвязь аномалий температур поверхности океана со стоком Дуная и других крупных рек Европы. Температурные аномалии океана определяются САО и ЮО, а также их взаимодействием, усиливающимся в зимний период.

Е.Н. Воскресенская, В.Н. Маслова совместным влиянием САО и ЮО объясняют более 50 % межгодовой изменчивости циклонов в Средиземноморско-Черноморском регионе [4]. Такого же порядка величины были получены при оценке связи САО и ЮО с расходами рек Черноморского бассейна (Днепра, Дуная и Южного Буга) в весенний сезон, обусловленными преимущественно циклонической активностью над площадями водосборов.

А.А. Сизов и А.Е. Чехлан [10] наряду с долговременной изменчивостью аномалий гидрометеорологических характеристик находят и относительно короткопериодную флуктуацию, которая определяется экстремальными значениями индексов САО и СЧМ (градиент температуры между Саргассовым и Черным морями). Ими установлено, что при САО и СЧМ ≥ 1 формируются отрицательные аномалии температуры воздуха, воды, осадков и скорости ветра. При этом наблюдается отрицательная аномалия стока Дуная.

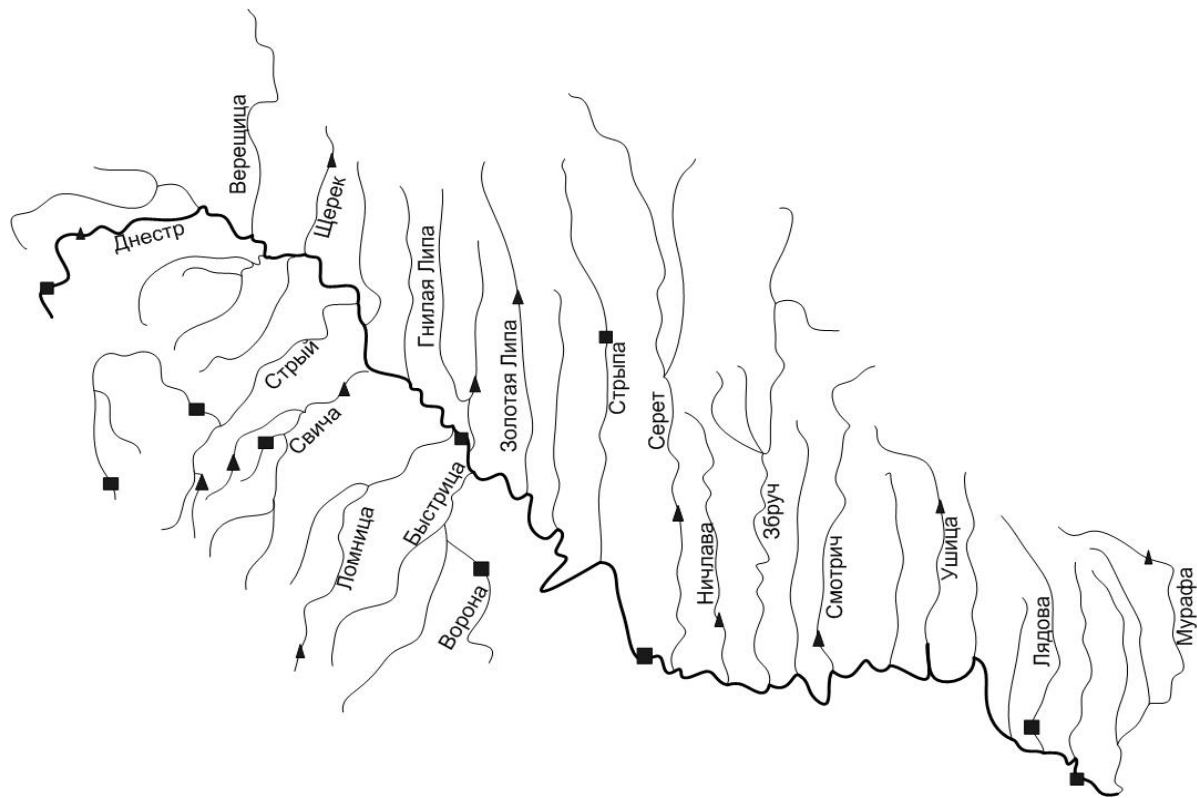
Исследования Н.С. Лободы и А.А. Коробчинской [6, 7] показали статистически значимую связь между индексами Скандинавского и Северо-Атлантического колебания с гидрометеорологическими характеристиками и среднегодовым стоком ряда рек Украины. В работах также выявлено, что воздействие атмосферных процессов, происходящих в Северной Атлантике, на формирование полей годового стока более явно прослеживается в западной части Украины.

В данных работах исследуется связь климатических осцилляций с водными ресурсами на больших территориях крупных рек. Бассейн Днестра в этом вопросе мало изучен.

Климатические осцилляции воздействуют на обширные территории, но на одних территориях, по результатам статистического анализа, это влияние выделяется, а на других оно перекрывается действием региональных факторов. В настоящей работе оценивается влияние осцилляций не только на бассейн Днестра в целом, но и на региональные водные ресурсы.

Цель работы - оценить воздействия климатических осцилляций (Северо-Атлантической, Арктической и Южной) на сток рек бассейна верхнего и среднего Днестра.

Изложение основного материала исследования. Бассейн реки Днестр находится под воздействием климатических изменений [5, 8, 9], которые должны выражаться в изменениях его гидрологического режима. В качестве показателя гидрологического режима выберем среднегодовой расход на 23 постах бассейна верхнего и среднего Днестра. Схема расположения постов приведена на рис. 1.



- ▲ - гидрологические посты, по данным с которых не выявлена связь с индексами САО;
 ■ - гидрологические посты, где выявлена связь с индексами САО

Рис. 1 - Схема расположения постов.

Временные ряды используемые в исследовании начинаются с момента начала наблюдений на постах. Для большинства постов это непрерывный ряд в 65 лет (с 1945 по 2009 гг.). Для трех постов на Днестре этот период составляет 115 лет, для некоторых рек промежуточные значения (р. Смотрич 80 лет, р. Ущица - 74 года). Восстановление пропущенных значений выполнялось на основе методики и с использованием данных работы А.Н. Бефани, О.Н. Мельничук [2].

Индексы САО рассчитываются как максимальное значение разности атмосферных давлений в Азорском максимуме и Исландском минимуме за зимне-весенний период. Северо-Атлантическое колебание рассматривается как часть более масштабного Арктического колебания. АО выражается в изменении давления в Арктике и противоположных изменениях в районе 37-45° с. ш. Индекс АО определяется как первая мода разложения на естественные ортогональные функции аномалий высоты поверхности 1000 гПа. Индекс ЮО вычисляется как разность давлений над Таити и над Дарвином (Австралия). Отрицательные значения индекса свидетельствуют о фазе Эль-Ниньо, а положительные — о Ла-Нинья.

В качестве одного из методов исследования использован корреляционный анализ - совокупность основанных на математической теории корреляции методов обнаружения корреляционной зависимости между двумя случайными признаками или факторами. Корреляционный анализ экспериментальных данных основан на: 1) составление корреляционной таблицы; 2) вычисление коэффициентов корреляции, или корреляционного отношения; 3) проверка статистической гипотезы значимости связи.

Применение этих приемов к индексам САО и среднегодовым расходам рек показало, что статистически значимые коэффициенты корреляций колеблются от - 0,26 до - 0,38. Эти значения приблизительно соответствуют тем, что были получены в

работе [6] при сравнении индексов САО с амплитудными функциями разложения полей годового стока на естественные ортогональные функции.

Как видно из рис. 1, посты, по данным с которых установлена корреляционная зависимость с индексами САО, расположены преимущественно в юго-западной части бассейна.

Корреляционная зависимость с индексами АО установлена на 7 постах. Расположение их по территории бассейна аналогично расположению постов, на которых установлена зависимость с индексами САО. Эти результаты вполне логичны с учетом выводов [6, 15] о том, что Северо-Атлантическая осцилляция является лишь составной частью Арктического колебания.

Безусловно, все климатические колебания воздействуют на значительные площади океанов, морей и суши. Влияние САО и АО не ограничивается водосбором отдельных, указанных на рис. 1, рек или даже всего Днестра. Это воздействие распространяется на всю Европу, Причерноморский регион [5, 6, 7, 10] и ряд других регионов Земного шара. Но действие климатических осцилляций на водосборы отдельных малых рек может статистически не проявляться ввиду более значительного влияния на них природных азональных факторов и результатов хозяйственной деятельности. На водосборах других рек это воздействие статистически значимо. Выделение таких регионов позволит учитывать влияние климатических осцилляций при прогнозировании динамики водных ресурсов.

При расчете корреляции между индексами ЮО и среднегодовыми расходами не получено статистически значимых величин. Это объясняется тем, что коэффициенты корреляции параметров черноморских циклонов с индексом ЮО в 1,5-2,0 раза слабее по сравнению с индексами САО и имеют сдвиг в 4-7 месяцев для всех районов [9]. Для обработки этих данных необходима другая методика, что может являться предметом дальнейших исследований.

Природные системы развиваются путем циклических колебаний, а среднегодовой расход является подсистемой региональных и глобальных изменений. Соответственно его динамика также является циклической [12]. Поэтому для проверки результатов корреляционного анализа проведем сравнение периодических составляющих во временных рядах осцилляций и стока рек с помощью спектрального анализа.

Спектральный анализ - один из методов обработки сигналов, который позволяет охарактеризовать частотный состав измеряемого сигнала. Преобразование Фурье является математической основой, которая связывает временной или пространственный сигналы с его представлением в частотной области. Проводился спектральный анализ временных рядов индексов САО, АО и среднегодовых расходов на постах. На рисунке 2 показана спектрограмма временного ряда индексов САО.

Как видно из рис. 2, на средних и больших частотах спектры имеют пики, которые соответствуют циклическости в 2,5; 3,6-4,0; 5,0 и 8-9 лет. На низких частотах САО имеет пик, соответствующий 18 и 57 годам. Исследование спектральной плотности АО показало аналогичные результаты, но отсутствовала периодичность в 57 лет.

По данным Д. Томпсона, Дж. Уоллеса [15] и Эндрю У. Робертсона [13], периодичность АО должна составлять 2-4 года. Исходя из этого, показатели циклическости индекса АО продолжительностью 5 и более лет объясняются наложением других периодичностей, например, той же САО, солнечных циклов и др.

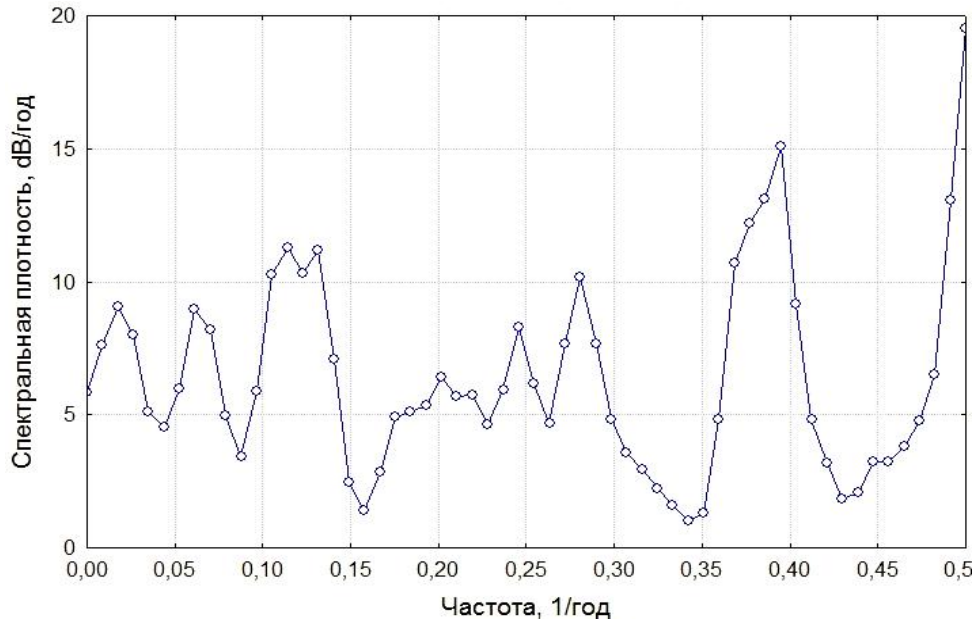


Рис. 2 - Распределение спектральной плотности индексов САО (длина ряда 115 лет).

Периодичность САО, по данным разных авторов, колеблется в очень широких пределах. В работах А.Б. Полонского [8, 9] периодичность САО составляет 6-8 лет, в работах М.Ю. Бардина и Е.Н Воскресенской [1] 8-25 лет. Таким образом, полученные в результате спектрального анализа САО низкие периодичности (2,5; 3,6-4,0; 5,0 лет) и длинные (55-60 лет) не могут относиться к циклам САО. Выявленные периодичности САО, которые входят в общепринятый диапазон, имеют продолжительности 8-9 и 18-20 лет.

Цикличность осцилляций сравнивалась с цикличностью среднегодовых стоков рек бассейна. Цикличность стока рассмотрим на примере р. Днестр – с. Стрелки. Спектральная плотность ее временных рядов представлена на рис. 3.

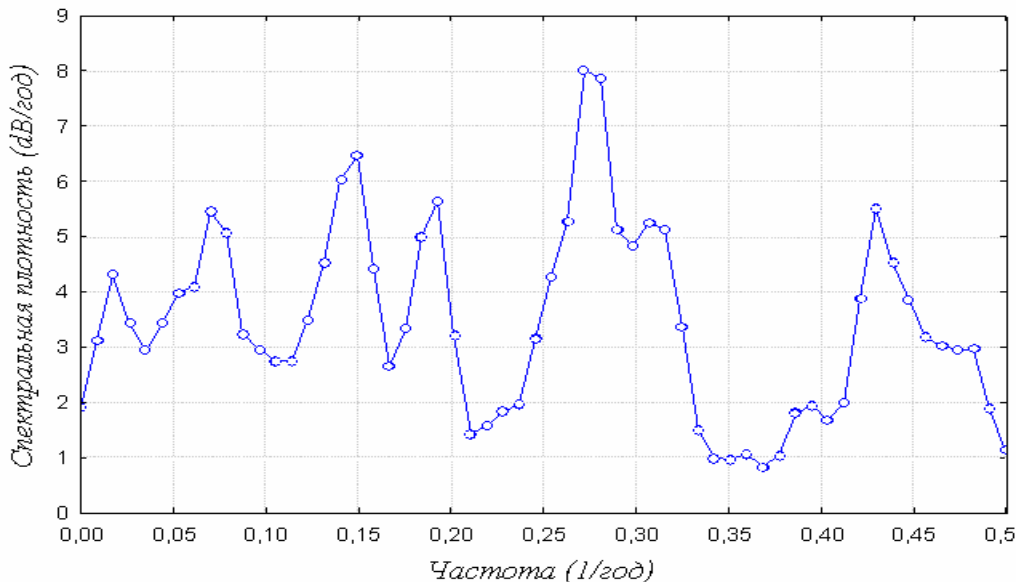


Рис. 3 – Спектральная плотность временных рядов стока р. Днестр – Стрелки (длина ряда - 115 лет).

Наличие общих циклов продолжительностью 2,3 и 3,6 года в спектрограммах АО и рек (например, рис. 3) подтверждает корреляцию между этими рядами.

Циклы продолжительностью 8-9 и 17-18 лет, общие в спектрограммах рек и САО, также свидетельствуют о закономерности корреляционной связи между ними.

Для углубления анализа проведем кросс-спектральный анализ. Этот вид анализа позволяет определить наличие или отсутствие общих гармонических составляющих в исследуемых рядах динамики и дать оценку тесноты связи между этими рядами. Показателем тесноты связи между гармоничными составляющими рядов на соответствующих частотах является функция когерентности, которая определяется как отношение оценки спектра мощности, т. е. модуля взаимного спектра, к произведению оценок индивидуальных спектров обоих рядов. Когерентность интерпретируется как квадрат коэффициента корреляции между двумя временными рядами на соответствующей частоте. Спектр когерентности временных рядов индексов САО и среднегодовых расходов р. Днестр - г. Галич представлен на рис. 4.

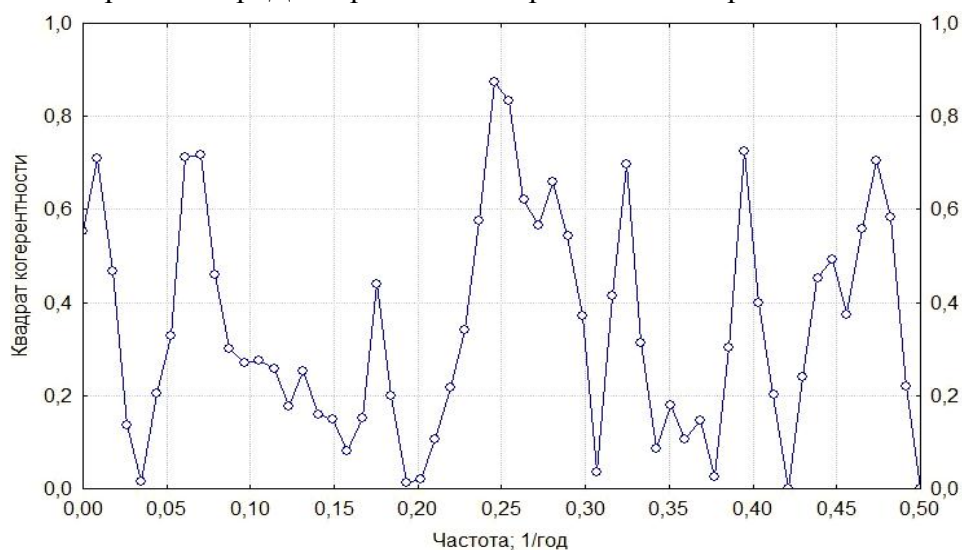


Рис. 4 – Частотное распределение квадрата когерентности временных рядов индексов САО и среднегодовых расходов р. Днестр - г. Галич.

На этом графике также видны циклы с классической периодичностью САО 8-9 и 17-18 лет, которые имеют довольно высокую когерентность, хотя наивысшая соответствует 4 годам.

Таблица 1 - Значения когерентности при анализе индексов САО и среднегодовых расходов рек Днестр, Стрый, Стрыпа.

Продолжительность циклов, лет	Значение когерентности		
	р. Днестр - г. Галич	р. Стрый – пгт Верхнее Синевидное	р. Стрыпа – с. Каплинцы
8-9	0,66	0,51	0,65
17-18	0,85	0,57	0,80

Сопоставление временных рядов индексов САО и среднегодовых расходов других рек дает аналогичные результаты.

Выводы. Проведенные корреляционный и спектральный анализы позволяют сделать вывод, что Арктическая и Северо-Атлантическая осцилляции оказывают влияние на временные ряды среднегодовых расходов рек бассейна Днестра. Статистически значимое влияние САО отмечено на следующих реках и постах бассейна: р. Ворона-г. Тысьменица, р. Днестр-г. Галич, р. Днестр - г. Залещики, р. Днестр - г. Могилев-Подольский, р. Днестр - с. Стрелки, р. Лужанка - с. Гошев, р. Лядова - с. Жеребиловка, р. Стрыпа - с. Каплинцы, р. Стрый -пгт Верхнее

Синевидное, р. Стрый - с. Матков. Выделение таких регионов позволит учитывать влияние климатических осцилляций при прогнозировании изменения водных ресурсов в тех регионах, где оно статистически значимо.

Колебания стока рек с периодичностью 2,3-2,5; 3,6-4,0 года можно объяснить воздействием АО, а циклы продолжительностью 7-8 и 17-18 лет воздействием САО. Эти периодичности приблизительно совпадают с данными других исследователей климатических осцилляций [1, 8, 9, 15].

Статистически значимого влияния ЮО на сток рек исследуемой территории не выявлено.

Список литературы

1. Бардин М.Ю., Воскресенская Е.Н. Тихоокеанская декадная осцилляция и европейские климатические аномалии // Морской гидрофизич. журн. – 2007. - № 4. – С. 13-23.
2. Бешан А.Н., Мельничук О.Н. Расчет нормы стока временных водотоков и горных рек Украинских Карпат // Труды УкрНИГМИ. – 1963. - № 69. - С.105-137.
3. Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В., Маслова В.Н. Особенности гидрометеорологических полей тихоокеанского региона в связи с событиями Эль-Ниньо // Укр. гідрометеоролог. журн. – 2010. - № 6. - С. 234-241.
4. Воскресенская Е.Н., Маслова В.Н. Проявления глобальных процессов в системе океан - атмосфера в циклонической активности в Средиземноморско-Черноморском регионе // Вісник Одес. держ. еколог. ун-ту. – 2010. - № 10. - С. 193-199.
5. Ефимов В.В., Сизов А.А., Шокуров М.В., Чехлан А.Е. Формирование аномалий атмосферных осадков в регионе Черного моря и других регионов Европы в зимние сезоны 80-90-х годов // Морской гидрофизич. журн. – 2001. - № 1. - С. 46-54.
6. Лобода Н.С. Оценка влияния атмосферных процессов Северной Атлантики на формирование полей годового стока рек Украины // Укр. гідрометеоролог. журн. – 2008. - № 3. - С. 167 – 177.
7. Лобода Н.С., Коробчинська А.О. Оцінка впливу мінливості Північно-Атлантичного та Скандинавського коливань на гідрометеорологічні характеристики України // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. - № 18. – С.91-98.
8. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата: моногр. — К. : Наук. думка, 2008. — 182 с.
9. Полонский А.Б., Торбинский А.В., Башарин Д.В. Влияние Северо-Атлантического колебания, Эль-Ниньо - Южного колебания и Индоокеанского диполя на пространственно-временную изменчивость приземной температуры воздуха и атмосферного давления Средиземноморско-Черноморского региона // Вісник Одес. держ. еколог. ун-ту. – 2008. - № 6. - С. 181–197.
10. Сизов А.А., Чехлан А.Е. Гидрометеорологические характеристики в регионе Черного моря в годы с экстремальными значениями саргассовоморско-черноморского индекса // Морской гидрофизич. журн. – 2010. - № 2. – С. 26-35.
11. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Качанов С.Ю. Североатлантическое колебание и климат // СПб.: Изд. РГГМУ. - 1998. - 121 с.
12. Чорноморець Ю.О. Багаторічна динаміка основних елементів водного режиму р. Десна // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. - № 17. – С. 80-93.
13. Robertson Andrew W. Influence of Ocean–Atmosphere Interaction on the Arctic Oscillation in Two General Circulation Models // J. Climate. – Vol. 14. – Issue 15. – pp. 3240–3254.
14. Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M. [et al]. Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Cambridge, UK.: Cambridge University Press, 2007. pp. 235–336.
15. Thompson D., Walles J.M. Arctic oscillation - a new climatic factor // Science. – 1999. – V. 284. No 5412. – P. 241.

Оцінка впливу кліматичних коливань на стік Дністра. Мельник С.В., Багрина К.В.

У результаті проведення кореляційного і спектрального видів аналізу виявлено статистично значимий вплив Північно-Атлантичного (ПАК) і Арктичного коливань (АК) на часові ряди середньорічних витрат деяких річок басейну Дністра. Найбільш виражений вплив АК відбувається з періодичністю 2,3-2,5 й 3,6-4,0 роки. Вплив ПАК найбільш відчутно з періодичністю 8-9 и 17-18 років. Статистично значимого впливу Південного коливання на середньорічні витрати річок досліджуваної території не виявлено.

Ключові слова: річка Дністер, кліматичні коливання, середньорічні витрати, кореляційний аналіз.

Estimation of effect of climatic oscillations on the runoff of Dniester. Melnyk S.V., Bagrina K.V.

As a result of the correlation and spectral analyzes showed a significant effect of the North Atlantic and the Arctic oscillations on the time series of mid-annual intensity of flow of some rivers of the Dniester Basin. The most expressed agency of the NAO is manifested with periodicity 2,3-2,5 and 3,6-4,0 years. Agency CAO is the most appreciable with periodicity of 8-9 and 17-18 years. Significant agency of the Southern oscillation on a runoff of the rivers of investigated territory is not revealed.

Keywords: the river Dniester, climatic oscillations, mid-annual intensity of flow, a correlation analysis.