

УДК 911. 504

**О. В. ХОЛОПЦЕВ**, д-р геогр. наук, доц., **Е. В. ТРОЯК**  
*Севастопольський національний технічний університет*

### **СУЧАСНІ ТА ВІРОГІДНІ ТЕНДЕНЦІЇ ДИНАМІКИ ТЕРМІЧНОГО РЕЖИМУ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ ТА ГІРЛОВИХ ЗОН РІЧОК, ЩО ВПАДАЮТЬ ДО НЬОГО**

Досліджено тенденції міжрічних змін термічного режиму поверхневого шару шельфової зони моря на прикладі Північно-Західної частини моря та гирлових зон річок Дунай, Дніпро та Південний Буг. Встановлено, що процес потепління поверхневого шару моря йде повільніше, ніж вод у гирлових зонах цих річок, тому тривалість часу, коли утворюється потік  $O_2$ , що бере участь у окисненні  $H_2S$ , зменшується. Останнє може згодом призвести до порушення загального балансу  $H_2S$  у Чорному морі. Проаналізовані вірогідні тенденції мінливості зазначених характеристик при реалізації одного з можливих сценаріїв змін клімату у Північноатлантичному регіоні.

**Ключові слова:** термічний режим, анаеробна зона, баланс  $H_2S$ , потік  $O_2$ , метод триангуляції Делоне, Північноатлантичний регіон

### **Холопцев А. В., Трояк Е. В. СОВРЕМЕННЫЕ И ВЕРОЯТНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ И УСТЬЕВЫХ ЗОН РЕК, КОТОРЫЕ В НЕГО ВПАДАЮТ**

Исследованы тенденции межгодовых изменений термического режима поверхностного слоя шельфовой зоны моря на примере Северо-западной части моря и устьевых зон рек Дунай, Днепр и Южный Буг. Установлено, что процесс потепления поверхностного слоя моря идет медленнее, чем вод в устьевых зонах этих рек, поэтому длительность времени, когда образуется поток  $O_2$ , который берет участие в окислении  $H_2S$ , уменьшается. Последнее может впоследствии привести к нарушению общего баланса  $H_2S$  в Черном море. Проанализированы достоверные тенденции изменчивости отмеченных характеристик при реализации одного из возможных сценариев изменений климата в Североатлантическом регионе.

**Ключевые слова:** Термический режим, анаэробная зона, баланс  $H_2S$ , поток  $O_2$ , метод триангуляции Делоне Североатлантический регион

### **Kholopcev A., Troyak E. MODERN AND CREDIBLE TENDENCIES OF WATERS THERMAL MODE OF BLACK SEA NORTH-WESTERN PART AND ESTUARINE AREAS OF THE RIVERS WHICH FALL IN HIM**

The stream of  $O_2$  is determined by the thermal mode of superficial layer of shelfy area of sea and estuarine areas of the rivers which fall in him. The tendencies of interannual changes of these modes are in-process investigational on the example of North-western part of sea and estuarine areas of the rivers Danube, Dnepr and South Bug. The reliable tendencies of changeability of the noted descriptions are analysed during realization of one of possible scenarios of changes of climate in the Northern Atlantic region.

**Key words:** thermal mode, anaerobic area, balance of  $N_2 S$ , stream of  $O_2$ , method of triangulation of Delone, Northern Atlantic region

**Постановка проблеми.** Термічний режим водних об'єктів визначає особливості розвитку поля щільності їх вод та характеристик вертикального обміну речовин, що існує у них, а через це, також мінливість їх гідрохімічних полів та біоценозів. Тому визначення особливостей його змін, що відбуваються у період сучасного потепління клімату, є актуальною проблемою фізичної географії та екології.

Найбільший інтерес викликає її розв'язання по відношенню до акваторій, які вже тривалий час використовуються у господарський діяльності та рекреації. Одними з них є акваторії шельфової зони Чорного моря та гирлових зон річок, що впадають до нього.

Дослідження термічного режиму цих акваторій, почались ще на початку XIX сторіччя, коли академіки Паллас та Міддендорф вперше здійснили дослідження його вод та фауни. У сучасному періоді щодобові режимні спостереження за його змінами відбуваються у багатьох пунктах, що розташовані на територіях всіх держав Причорноморського регіону. Суттєву інформацію додають також маршрутні спостереження науково-дослідних суднів та моніторинг, який здійснюється штучними супутниками Землі

Узагальнення отриманих результатів дозволило визначити роль змін термічного режиму шельфової зони Чорного моря та гирлових зон річок, що впадають до нього у розвитку всієї його екосистеми. Встановлено, що саме через ці зони відбувається її обмін багатьма речовинами, що визначає сучасний гідрохімічний режим моря. Інтенсивність цього процесу суттєво залежить від їх термічного режиму, який також суттєво впливає на екологічні умови, що існують на морських узбережжях.

Однією з важливіших особливостей гідрохімічного режиму Чорного моря є існування у його глибоководній частині анаеробної зони, що було встановлено М. Андрусевим у 1894 р. [1].

Згідно сучасним уявленням про закономірності розвитку цієї зони, головним чинником є динаміка балансу  $H_2S$ , що утворюється у неї. Переважаючим компонентом витратної частини цього балансу є процес бактеріального окислення  $H_2S$ , який відбуваєть-

ся у прошарку вод, що розташований безпосередньо понад її верхньою межею [2-4]. Інтенсивність цього процесу у сучасному періоді є такою, що баланс  $H_2S$  у Чорному морі є практично нульовим [3]. Внаслідок цього у шарах його вод, що розташовані вище від зазначеного прошарку,  $H_2S$  майже відсутній.

Майже повне окислення у зазначеному прошарку всього потоку  $H_2S$ , який утворюється за рік у анаеробній зоні Чорного моря, можливе лише за умови, що реакційний потік  $O_2$ , який потрапляє до нього у той же час, є достатнім [5]. Якщо зазначений потік  $O_2$ , зменшиться то баланс між утворенням та окисленням  $H_2S$  стане позитивним, а залишок цієї речовини, буде надходити до шарів кисневої зони, а згодом і до атмосфери. Внаслідок цього умови існування організмів - аеробів у Чорному морі, та населення на його узбережжях суттєво погіршаться. Тому питання про те, як з часом змінюється потік  $O_2$ , що потрапляє до шару, де відбувається окислення  $H_2S$ , має не тільки теоретичний, але й суттєвий практичний інтерес.

Внаслідок характерних для Чорного моря особливостей поля щільності його вод [6,7], головна складова потоку  $O_2$ , що потрапляє до зазначеного шару, формується у зоні конвергенції, що розташована на межі його шельфової та глибоководної частини. Тут  $O_2$  потрапляє у відповідний шар морських вод у складі вод шельфу, які взаємодіють із мезомасштабними антициклонічними вихорами [8-10].

Основна частина потоку  $O_2$  потрапляє до згаданого шару вод Чорного моря таким чином у холодну пору року [8, 11], коли температури вод річок, що впадають до нього, є мінімальними, а розчинність у них  $O_2$  максимальна. У цей період щільність річкових вод може бути більше ніж щільність вод морських, завдяки чому вони розповсюджуються у шельфовій зоні поблизу дна. Потік  $O_2$ , що транспортується шельфовими водами, може збільшуватись також як слідство посилення термічної конвекції, яка у холодну пору року інколи розповсюджується до придонного шару. При цьому не тільки виникає аерація придонного шару вод шельфової зони Чорного моря, але й потік  $O_2$ , що

вони несуть у собі, потрапляє до зони конвергенції.

У місяці, що належать до теплої пори року, щільність річкових вод суттєво менша ніж щільність вод морських, тому структура гідрофронтів на ділянках шельфової зони моря, що відповідають гирлам річок суттєво змінюється: річкові води розповсюджуються у поверхневому шарі моря, а потік  $O_2$  до його глибин практично припиняється. Образно кажучи, через свою шельфову зону та гирлові зони річок, що впадають до моря у холодну пору року воно робить «вдих», а у теплу «видих».

Неважко бачити, що кількість  $O_2$ , який потрапив під час такого «вдиху» до прошарку морських вод, де здійснюється бактеріальне окислення  $H_2S$ , визначається його тривалістю. Остання визначається термічним режимом вод поверхневого шару шельфової зони моря та гирлових зон річок, що впадають до нього у холодну пору року. В наслідок цього зміни цього режиму є суттєвими чинниками динаміки анаеробної зони та всієї екосистеми Чорного моря.

Головну частину потоку прісних вод, що потрапляють до Чорного моря, несуть води річок Дунай, Дніпро та Південний Буг, що впадають до його Північно-Західної (ПЗЧ). Суттєві частини їх басейнів, на яких формується термічний режим їх гирл, розташовані на території південних регіонів України [12].

Згідно сучасним уявленням про закономірності, що обумовлюють зміни термічного режиму цих водних об'єктів, останні безпосередньо зв'язані з динамікою термічних умов на морських узбережжях та на територіях, що прилягають до гирлових зон річок. Внаслідок цього до суттєвих чинників реакційного потоку  $O_2$ , що бере участь у окисленні  $H_2S$ , який утворюється у анаеробній зоні Чорного моря, належать міжрічні зміни середніх температур вод його поверхневого шару, що належать до шельфової зони, та повітря у приземному шарі атмосфери понад його узбережжями та гирловими зонами річок, які впадають до нього, що розраховані за періоди кожного року з листопаду до квітня. Зміни цих характеристик кліматичних умов на зазначених територіях, є відображеннями

динаміки відповідних характеристик стану атмосфери понад всім Північноатлантичним регіоном, частиною якого є басейн Чорного моря [13-16]. Тому зміни клімату цього регіону викликають динаміку термічного режиму вод шельфової зони Чорного моря та гирлових річок, що впадають до нього, а через них також впливають на розвиток анаеробної зони моря та всієї його екосистеми.

Незважаючи на це, дослідженість сучасного термічного режиму вод ПЗЧ Чорного моря та гирлових річок, що впадають до нього є недостатньою, а його можлива динаміка при вірогідних сценарію змін клімату Північноатлантичного регіону раніше не вивчалась. Це не дозволяє урахувати їх можливі наслідки при плануванні соціально-економічного розвитку південних регіонів України та інших держав Причорномор'я.

Ураховуючи на це, **об'єктом дослідження** обрано термічні режими поверхневого шару вод ПЗЧ Чорного моря та гирлових зон річок, які впадають у нього.

**Предметом** дослідження є тенденції міжрічних змін середніх температур поверхневого шару цього водного об'єкту, а також повітря у приземному шарі атмосфери понад його узбережжями та гирловими зонами річок, які впадають до нього, які розраховані за місяці що належать до холодної пори року.

**Метою роботи** є визначення сучасних та вірогідних тенденцій мінливості зазначених характеристик, а також особливостей їх подальшого розвитку при реалізації одного з можливих сценаріїв змін клімату у Північноатлантичному регіоні.

**Методика дослідження та фактичний матеріал.** Незважаючи на те що спостереження за станом атмосфери та вод ПЗЧ Чорного моря та річок, які впадають у нього відбуваються вже тривалий час, наявна інформація про зміни їх термічного режиму була отримана лише у окремих пунктах.

Тому для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Оцінити середні за період з листопада по квітень температури приземного шару атмосфери на територіях, що прилягають до гирлових зон річок Дунай, Дніпро та Південний Буг, на яких формується термічний режим їх стоку до Чорного моря, а також на

репрезентативних ділянках узбережжя його ПЗЧ, для кожного року, що належить до періоду сучасного потепління клімату.

2. Визначити середні за той же період температури поверхневого шару вод акваторій ПЗЧ, що розташовані поблизу гирл зазначених річок.

3. Проаналізувати сучасні тенденції змін термічного режиму цих акваторій та приземного шару атмосфери над територіями, що визначають термічний режим стоку річок Дунай, Дніпро та Південний Буг.

4. Розглянути можливі зміни цих тенденцій при вірогідних сценаріях змін клімату у Північноатлантичному регіоні.

Перша задача розв'язана шляхом інтерполяції наявних результатів спостережень у всі репрезентативні пункти відповідних територій з використанням модифікації [17] методу триангуляції Делоне, що ураховує реальний рельєф Південно-Східної Європи. Як фактичний матеріал при цьому використана інформація про зміни у період з 1980 по 2009 рік середньомісячних температур повітря понад регіо-

нами Південно-Східної Європи [18], що відображені на рисунку 1.

на деяких з 184 метеостанцій України. Інформація, яка була отримана на інших її метеостанціях, використовувалась при оцінці систематичних та абсолютних похибок інтерполяції, що були здійснені для кожного місяця за період з 1980 по 2009 рр.

Як приклад, на рисунку 2 відображений розподіл по території України абсолютних похибок інтерполяції середньомісячних температур у січні. Точність інтерполяції (рис.2) є достатньою для встановлення кількісних закономірностей.

Для кожної з річок інтерполяція була здійснена у пункти їх басейнів, координати яких представлені у таблиці 1, що розташовані на територіях, де визначається термічний режим їх стоку до Чорного моря.

Пункти (табл.1), для яких здійснювалась інтерполяція, розташовані безпосередньо у поймах річок. Для порівняння урахувались також результати інструментальних спостережень змін температури повітря, у п. Херсон.

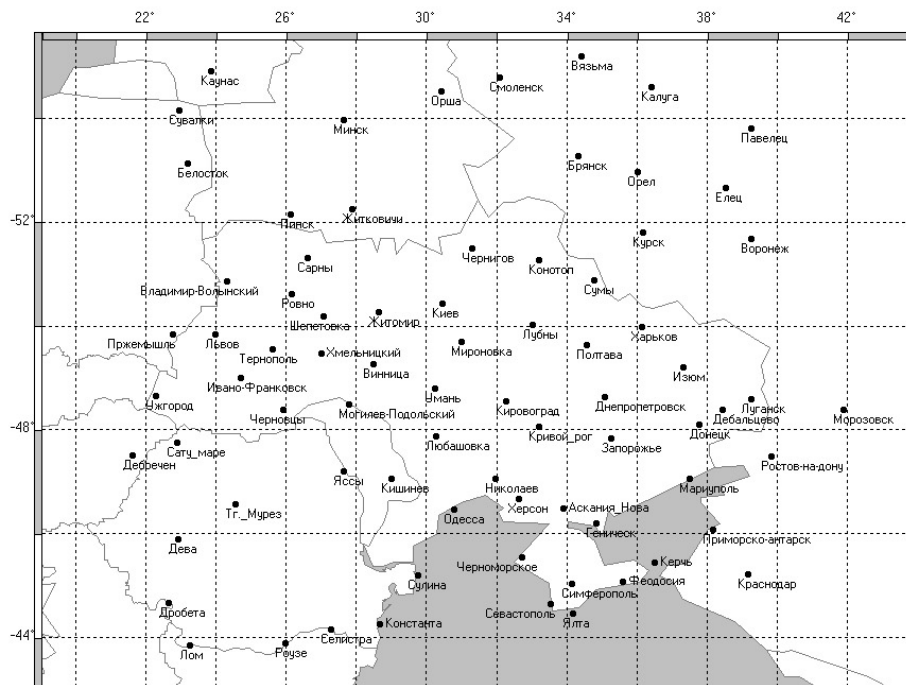
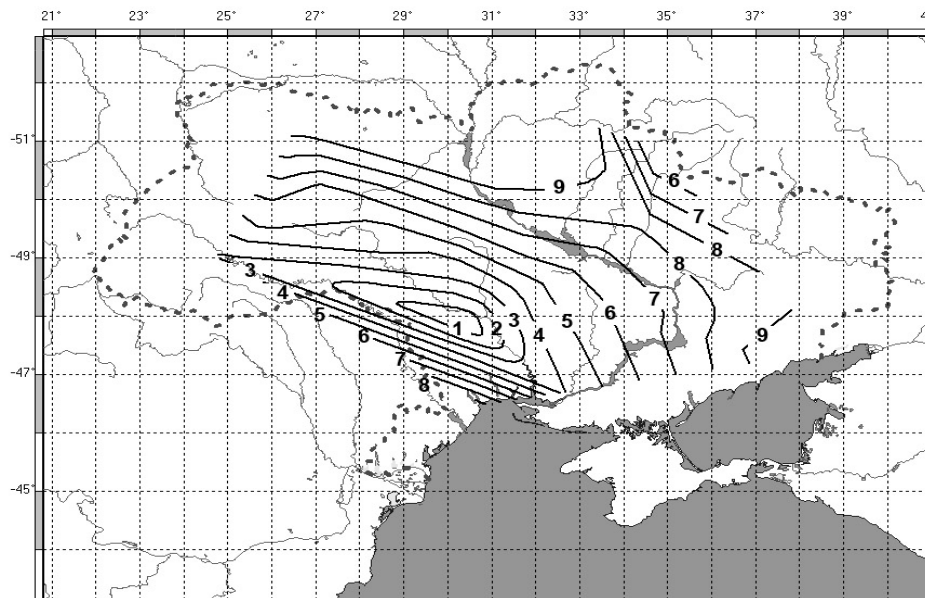


Рис. 1 – Розташування метеостанцій, інформація з яких урахувувалась при інтерполяції

Значення середньомісячних температур у пунктах, що розташовані у басейнах кожної ріки, які були інтерпольовані для місяців холодної пори року (з листопада по квітень) були усереднені. При цьому для кожної річки був

отриманий один часовий ряд, який відображав міжрічні зміни оцінених таким чином середніх температур у її гирлової зони, що розглядався як характеристика її термічного режиму.



**Рис. 2** – Розподіл по території України абсолютних похибок інтерполяції середньомісячних температур (0.001°C) у січні

**Таблиця 1**

**Розташування пунктів у басейнах річок Дунаю, Дніпра та Південного Бугу, що розташовані на територіях, де визначається термічний режим їх стоку до Чорного моря**

| Номер пункту | Дунай  |          | Дніпро |          | Південний Буг |          |
|--------------|--------|----------|--------|----------|---------------|----------|
|              | широта | довгота  | широта | довгота  | широта        | Довгота  |
| 1            | 45.344 | 28.00243 | 46.528 | 32.54678 | 47.52         | 31.113   |
| 2            | 45.216 | 28.46416 | 46.656 | 32.8384  | 47.376        | 31.42892 |
| 3            | 45.36  | 29.12029 | 46.72  | 33.22722 | 47.216        | 31.69623 |
| 4            | 45.008 | 28.99878 | 46.8   | 33.66464 | 47.024        | 31.84204 |
| 5            | 45.12  | 29.14459 | 47.088 | 33.85905 | 46.864        | 31.96355 |

Аналогічний підхід був використаний також при розв'язанні задачі 2. Як фактичний матеріал при цьому урахувались данні [19] про зміни температур у поверхневому шарі акваторій ПЗЧ Чорного моря, що розташовані поблизу пунктів, перелічених у таблиці 2.

Інформація з інших пунктів на узбережжі ПЗЧ Чорного моря, де здійснювались аналогічні спостереження, що міститься у [19], урахувалась при оцінці похибок інтерполяції, рівні яких також визначились як задовільні.

При розв'язанні третьої задачі як кількісна міра тенденції кожного процесу, що вивчається, розглядався кутовий коефіцієнт лінійного тренду його часового ряду, що був попередньо осереднений у ковзаючому вікні тривалістю 10 років. Як приклад, на рисунку 3 представлені отримані таким чином часові ряди середніх температур води у п. Очаків, та у повітрі понад відповідними частинами басейнів річок Дніпро та Південний Буг.

Таблиця 2

Розташування пунктів біля узбережжя яких здійснювався режимний моніторинг температур у поверхневому шарі ПЗЧ Чорного моря, данні якого ураховувались при інтерполяції

| Номер пункту | Назва     | Довгота | Широта  |
|--------------|-----------|---------|---------|
| 1            | Ильичевск | 30.3996 | 46.1872 |
| 2            | Одесса    | 30.4549 | 46.2969 |
| 3            | Очаков    | 31.3338 | 46.3653 |

Як визначено з рисунку 3, залежності, що розглядаються, є зростаючими, а їх середні швидкості трохи відрізняються. При цьому вони є практично монотонними, внаслідок чого похибки оцінки значень середніх швидкостей змін відповідних характеристик є мінімальними.

При вирішенні четвертої задачі ураховувалось, що всі відомі сценарії змін клімату у Пів-

нічноатлантичному регіоні, що можуть бути віднесені до вірогідних, можуть бути віднесені до однієї з трьох груп.

Типовим для групи А є сценарій, згідно до якого зміни клімату у регіоні викликані головним чином глобальним потеплінням, яке є наслідком посилення парникового ефекту [20].

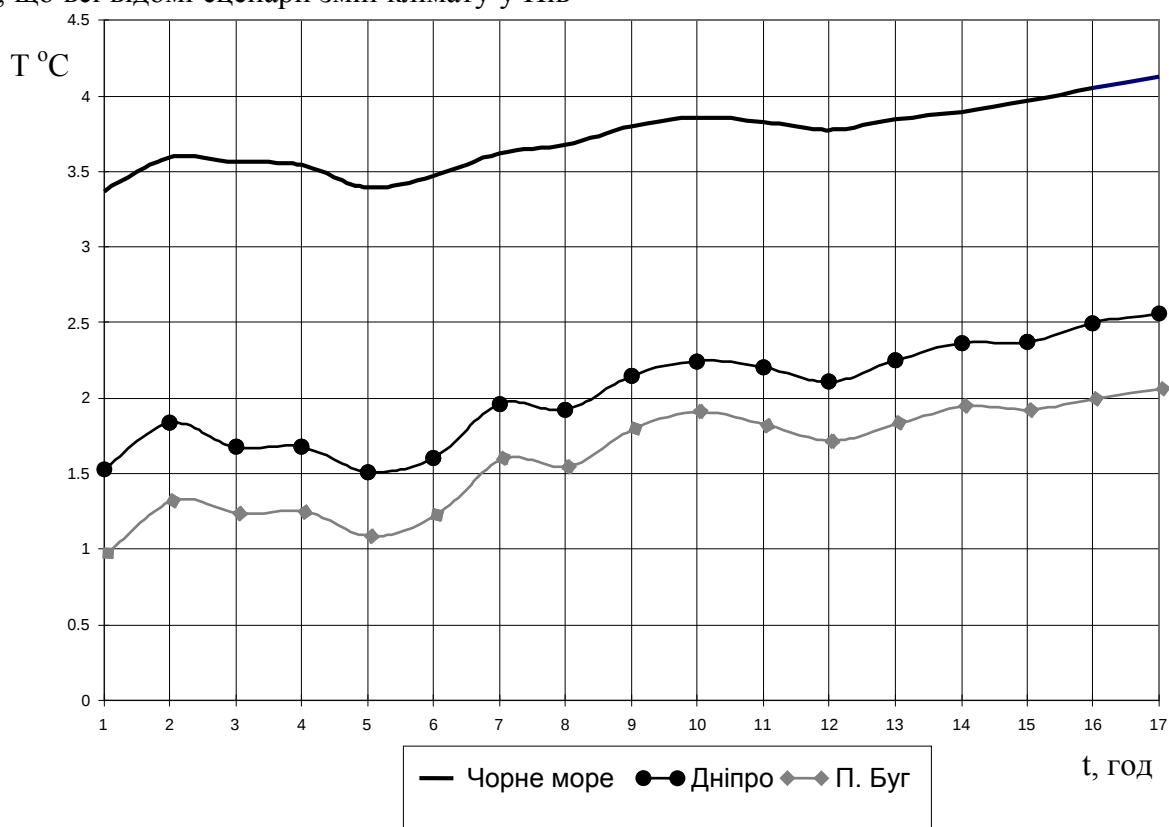


Рис. 3 – Залежності від року початку «ковзаючого вікна» тривалістю 10 років осереднених значень середніх температур морської води біля п. Очаків, та повітря понад гірловими частинами басейнів річок Дніпро та Південний Буг

При цьому вплив цього чинника викликає відповідні зменшення щільності як вод, що потрапляють з Арктики до Північної Атлантики,

так і вод Гольфстріму. Як результат – солоність вод у поверхневому шарі Північноатлантичної течії залишається незмінною, а зупинки глоба-

льного теплового океанічного конвеєра [14], або «прориву» у поверхневий шар Атлантики Лабрадорських вод [21,22] не виникає.

До групи Б належать сценарії, відповідно до яких внаслідок глобального потепління обсяги талих вод, що потрапляють з Арктики до Атлантики зростатимуть більш суттєво ніж температури вод Гольфстріму [23]. Следствием цього є зменшення температури та солоності вод у поверхневому шарі Північноатлантичної течії, а також у акваторії, що відповідає Ісландському мінімуму. Розвиток цього процесу згодом викличе зупинку глобального теплового океанічного конвеєра, все частіші «прориви» холодних вод Лабрадорської течії на поверхню Північної Атлантики, зниження середньорічних температур у Північноатлантичному регіоні, як найменше на 3-5 °C [14], а також суттєве потепління у регіонах, що розташовані поблизу екватору.

Значне похолодання у Північноатлантичному регіоні викличе прискорений ріст його гірських льодовиків, а згодом й нове Всесвітнє зледеніння [21, 22].

Сценарії, що належать до групи В, виходять з того, що зміни термічного режиму Північноатлантичного регіону є результатом спільної дії глобальних чинників (що викликають потепління) [16], та більш потужного регіонального чинника – Арктично-Атлантичного коливання (ААК) [15], яке є следствием теплообміну між сегментом кріосфери, що розташований у Арктиці та водами Північної Атлантики та викликає зміни річних обсягів талих вод, що потрапляють до неї з періодом наближеним до 55 років [13]. Якщо фаза ААК є зростаючою, у Північноатлантичному регіоні від-

бувається потепління, як це й було у останні десятиріччя, але якщо вона стане від'ємною, тут розпочнеться похолодання, що триватиме 10-20 років. Цей процес розпочався приблизно 1.8 млн. років тому, після утворення Панамського перешийку, і триватиме у майбутньому незалежно від зусиль людства по обмеженню обсягів техногенних викидів до атмосфери парникових газів. Таким чином ніяких радикальних змін клімату у Північноатлантичному регіоні не відбувається (все буде йти, як і в минулому - «своєю чергою»).

**Результати та їх аналіз.** З використанням розглянутої методики були сформовані часові ряди, що відображають динаміку середніх температур холодної пори року на територіях у басейнах річок Дунай, Дніпро та Південний Буг, де визначається термічний режим їх стоку до Чорного моря. Також були отримані часові ряди температур на північному узбережжя його ПЗЧ на ділянці від п. Очаків до п. Одеса, та на західному узбережжі моря – від п. Одеса до входу до протоки Босфор.

Визначено, що на всіх територіях, що розглядались у період з 1980 по 2009 рік відбувалось стійке зростання середніх температур холодної пори року.

У таблиці 3 представлені значення кутового коефіцієнту лінійного тренду змін середніх температур повітря та води, що розраховані для всіх часових рядів що вивчались.

Визначено з наведених даних (табл. 3) що на всіх ділянках узбережжя Чорного моря, що вивчались, та у гирлових зонах головних річок, що впадають до нього у період з 1980 по 2009 рік відбувалось стійке потепління повітря із

**Таблиця 3**

**Значення кутового коефіцієнту К лінійного тренду змін середніх температур повітря та води**

| Пункт у морі | К, °C/рік | Повітря        | К, °C/рік |
|--------------|-----------|----------------|-----------|
| Іллічевськ   | 0.048008  | Гирло Дунаю    | 0.061598  |
| Одеса        | 0.048297  | Західне узбер. | 0.05086   |
| Очаков       | 0.041101  | Гирло Дніпра   | 0.0631    |
|              |           | Гирло П. Буга  | 0.064398  |
|              |           | Північне узбер | 0.054827  |
|              |           | Херсон         | 0.065952  |
|              | 0.04582   |                | 0.06012   |

середньою швидкістю  $0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{рік}$ . Таку ж тенденцію визначено й для змін температур вод поверхневого шару відповідних акваторій ПЗЧ Чорного моря. Разом з тим швидкість зростання середніх температур повітря вище. Останнє дозволяє припускати, що середня температура стоку, що потрапляє у холодну пору року з річок Дунай, Дніпро та Південний Буг, зростає швидше, ніж середня температура поверхневого шару вод моря. Внаслідок цього тривалість періоду, коли щільність річкових вод перевищує щільність вод моря, стійко зменшується.

*Оскільки при потеплінні води, розчинність у неї кисню стає менше, визначені тенденції дозволяють стверджувати, що потік  $\text{O}_2$ , що бере участь у окисненні  $\text{H}_2\text{S}$ , який утворюється у анаеробній зоні Чорного моря, щороку зменшується.* Останнє свідчить про те, що у випадку, коли сучасні тенденції змін клімату у Причорноморському регіоні збережуться, рано, чи пізно баланс  $\text{H}_2\text{S}$  у морі стане позитивним, що викличе поступове поширення анаеробної зони до його поверхні, та вихід цієї речовини до атмосфери.

Це матиме катастрофічні наслідки не тільки для екосистеми моря, але й для населення прибережних територій, де дихати у повітрі без аквалангу стане неможливо.

Такий сценарій розвитку екосистеми Чорного моря (що може розглядатись як її колапс) здійсниться, якщо у Причорномор'ї буде й далі тривати потепління. Ураховуючи, що воно матиме «летальний» кінець, актуальним є пошук відповіді на питання, а чи можливе воно.

При реалізації сценарію А, сучасна структура баричного поля над Північною Атлантикою залишиться незмінною. Тому збережуться й сучасні особливості атмосферної циркуляції у Північній півкулі. Разом з тим, випаровування з поверхні Атлантики стане більш потужним, а повітряні маси, що рушають на схід, та зокрема до Причорномор'я, більш вологими. Посиляться також над ним циклонічні процеси, що викличе зростання інтенсивності атмосферних опадів, водності її річок та рівня водойм. Оскільки при цьому відбуватиметься потепління, розчинність  $\text{O}_2$  у річкових водах, що потрапляють до Чорно-

го моря зменшиться, як і тривалість періоду, коли їх щільність більше ніж у вод поверхневого шару ПЗЧ Чорного моря.

В наслідок цього потік  $\text{O}_2$ , що у зимові місяці потрапляє у придонний шар шельфової зони моря буде поволі зменшуватись. Згодом це викличе порушення балансу  $\text{H}_2\text{S}$  у морі та розглянуту вище катастрофу, тому сценарій А, будемо розглядати як жорстокий.

Якщо реалізується сценарій Б, клімат Причорномор'я зміниться більш радикально. Зупинка глобального теплового океанічного конвеєру викличе похолодання вод Атлантики у зоні Ісландського мінімуму та їх потепління у зоні Азорського максимуму, а також радикальну зміну баричного рельєфу Північної півкулі. Баричний максимум у Північній Атлантиці із свого сучасного положення зсунеться до півночі (до 50-60 паралелі). Ширина смуги пасатів зросте, як і їх швидкості. Територія Причорномор'я також увійде до неї, що викличе суттєве зменшення потоку вологи, яка потраплятиме до його території лише із сходу. Тому тут є імовірною активізація процесів опустелювання та зменшення витрат всіх річок, що впадають до Чорного моря. Оскільки глобальне потепління при цьому триватиме, температури у регіоні будуть далі зростати, а водність її річок зменшиться. Це також викличе зменшення потоку  $\text{O}_2$ , що під час «вдиху» потраплятиме до моря і таку ж саму катастрофу його екосистеми (вихід до атмосфери  $\text{H}_2\text{S}$ ). Оскільки на відміну від сценарію А у розглянутому випадку потік  $\text{O}_2$  буде зменшуватись не тільки внаслідок потепління річкових вод, алей як слідство зменшення сум атмосферних опадів на території Причорномор'я, порушення балансу  $\text{H}_2\text{S}$  буде більш різким. Тому сценарій Б доцільно розглядати як «наджорстокий».

При сценарії В вплив ААК на термічний режим у Північноатлантичному регіоні є більш потужним, ніж глобальні чинники потепління. Внаслідок цього на всій його території, та зокрема у Причорномор'ї визначені тенденції до потепління не будуть стійкими. Через деякий час, що не перевищує одиниць років, тут переважатимуть тенденції до похолодання, які згодом знов перейдуть до тих, що спостерігаються

у сьогоднішній. Тому потік  $O_2$ , який у холодну пору року потрапляє у води придонного шару шельфу Чорного моря, буде здійснювати коливання на рівні, що є наближеним до сучасного. Ніякої катастрофи у екосистемі Чорного моря не виникне. Цей сценарій доцільно вважати «сприятливим».

Попередня історія розвитку географічного середовища у Причорноморському регіоні свідчить про те, що найвірогіднішим є сценарій В. При цьому необхідно пам'ятати про сценарії А та Б, бо кліматична система планети на стільки складна та мало досліджена, що стверджувати їх нереальність є передчасним.

**Висновки.** Таким чином, встановлено:

1. у період сучасного потепління клімату швидкість зростання середніх температур вод поверхневого шару ПЗЧ Чорного моря були менше ніж швидкості зростання середніх температур повітря понад його північним та західним узбережжями, а також територіями у басейнах річок Дунаю, Дніпра та Південного Бугу, термічний режим яких визначає динаміку середніх температур їх стоку;

2. небезпечними для екосистеми Чорного моря є сценарії змін клімату та у Причорноморському регіоні, що відповідають сценаріям А та Б змін Північноатлантичного клімату, за яких сучасні тенденції до потепління триватимуть;

3. наслідком розвитку цієї тенденції може стати порушення балансу  $H_2S$ , що утворюється у анаеробній зоні моря, колапс біоценозів його аеробної зони та потрапляння згаданої речовини до атмосфери;

4. однією з важливіших проблем екології Чорного моря та безпеки населення Причорноморського регіону є створення стаціонарних або супутникових систем режимного гідрофізичного моніторингу стану гідрофронтальних зон у ПЗЧ Чорного моря поблизу гірл річок Дунай, Дніпро та Південний Буг.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М.: Прогресс, 1980. – 327 с.
2. Андрусов Н.И. Проблема дальнейшего изучения Чорного моря и стран, его окружающих, П. Осероводородном брожении в Черном море/ Н. И. Андрусов// Записки Императорской Академии наук по физико-математическому отделению. – 1894. – № 8. – вып.1. – С.1-10.
3. Рябинин А. И. Современное состояние сероводородной зоны Черного моря (1960-1986 годы)/А. И. Рябинин, В. И. Кравец. – М.: Гидрометеиздат, 1989. – 230с.
4. Беляев В. И. Сероводород в Черном море не взорвется/ В. И. Беляев, Е. Е. Совга // Вестник АН СССР – 1991. – №10. – С.47-57.
5. Еремеев В. Н. Черноморский сероводород: геохимические особенности поведения, источники, формы нахождения, динамика и тенденции изменчивости/ В. Н.Еремеев, Е. Е.Совга// Геология и полезные ископаемые Черного моря. – К.: Ин-т. прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии. – 1999. – С.54-60.
6. Троцюк В. Я. Кислород в придонных водах Черного моря/ В. Я. Троцюк, Ю. М. Берлин, А. М. Большаков//Доклады АН СССР. – 1988. – 302. – №4. – С.961-964.
7. Альтман Э. И. Климатические поля солёности и температуры вод Черного моря/ Э. И. Альтман, И. Ф. Гертман //Севастополь: СО ГОИН, 1987. –108с.
8. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря/ А. С.Блатов, Булгаков Н. Г., В. А. Иванов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 240с.
9. Овчинников И. М. Зимние исследования экосистемы Черного моря./ И. М.Овчинников, М. Е. Виноградов// Океанология. – 1991. – т.30. – вып.6. – С. 1081-1088.
10. Овчинников И. М. К вопросу о формировании холодного промежуточного слоя в Черном море. / И. М. Овчинников, Ю. И. Попов// Доклады АН СССР. – 1984. – Т.279. – вып. 4. – С.986-989.
11. Андрианова О. Р. Особенности трансформации распресненных вод в Западной части Черного моря. / О. Р. Андрианова, И. М. Овчинников// Метеорология и гидрология. – 1991. – №7. – С.74-79.
12. Блатов А. С. Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря/ А. С.Блатов, В. А. Иванов. – К.: Наукова думка, 1992. – 242 с.
13. Вишневський В. І. Гідрологічні характеристики річок України/ В. І. Вишневський, О. О. Косовець. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
14. Волошук В. М. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти/ В. М. Волошук, С. Г. Бойченко, С. М. Степаненко та ін. – К.: ВПЦ Київський університет, 2002. – 115с.
15. Gagosian R. Резкие изменения климата. Должны ли мы беспокоиться//Woods Hole Oceanographic Institution //www.whoi.edu /institutes/occs/hottopics\_climatechange.html.
16. Холопцев О. В. Взаємодія між Арктикою та Північною Атлантикою та можливі зміни ландшафтів України/ О. В. Холопцев//Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2009. - №1(12). – С. 17-28.
17. Холопцев О. В. Деякі сценарії потепління у Арктиці

та вірогідні зміни особливостей атмосферної циркуляції у Північноатлантичному регіоні і ландшафтів України/ О. В. Холопцев//Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2009. – №2(13). – С. 15-26.

18. Холопцев А.В. О возможностях использования метода триангуляции Делоне при экстраполяции значений среднемесячных температур приземного слоя атмосферы над различными пунктами территории Украины / А. В. Холопцев, А. В. Буракова, В. В. Севриков // Культура народов Причерноморья. – 2006. – № 147. – С.128 – 132.

19. <http://www.tutiempo.net/en/Climate>

20. Электронный атлас «Гидрометеорологические условия в Азовском и Черном морях». МГИ НАНУ.2005.

21. Climate Change 2007 – Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to

Assesment Report Four of the Intergovernmental Panes of Climate Change (IPCC). Cambridge Unsversity Press.- Cambridge. UK, 2007.- 973p.

22. Карнаухов А. В. Новая модель оледенений в Северном полушарии/ А. В. Карнаухов, В. Н. Карнаухов //2003. <http://www.poteplenie.ru/doc/karn-golfst0.htm>

23. Карнаухов А. В. Динамика оледенений в Северном полушарии как автоколебательный релаксационный процесс./ А. В. Карнаухов// Биофизика. – т. 39, №6. – С. 1094-1098.

24. Кондратьев К. Я. Глобальные изменения климата: факты, предположения и перспективы разработок / К. Я.Кондратьев // Известия РАН. Сер. ФАО. – 2002. – Т. 15. – № 10. – С.1– 6.

Надійшла до редколегії 8.04.2010

УДК 911.2 + 502.57(076)

**М. В. БОЯРИН**, ст. викл., **І. М. НЕТРОБЧУК**, канд. геогр. наук, доц.  
*Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ У БАСЕЙНОВІЙ СИСТЕМІ РІЧКИ ЗАХІДНИЙ БУГ**

Проаналізовано галузеву структуру водокористування, визначено першочергові оптимізаційні заходи щодо покращення стану водних ресурсів басейнової системи річки Західний Буг у межах Волинської області.

**Ключові слова:** річковий басейн, водні ресурси, водокористування, оптимізація

### **Boyarin M., Netrobchuk I. THE OPTIMIZATION OF NATURES USE WATER RESOURCES OF WEST BUG RIVER BASIN SUSTEM**

It is analysed the condition of water resources and the level of its usage. It is predetermined the optimization of natures use of West Bug river basin sustem on the territoru of Volun region.

**Keywords:** . river basin, water resources, the optimization of natures use, nature resources, usage of water resources

### **Боярин М. В., Нетробчук І. М. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В БАСЕЙНОВОЙ СИСТЕМЕ РЕКИ ЗАПАДНЫЙ БУГ**

Проанализировано отраслевую структуру водопользования, определены приоритетные оптимизационные решения для улучшения состояния водных ресурсов бассейновой системы реки Западный Буг на территории Волинской области.

**Ключевые слова:** речной бассейн, водные ресурсы, водопользование, оптимизация природопользования

**Постановка проблеми.** При системному вивченні території основною просторовою одиницею виступає річковий басейн – геосистема, в межах якої формується водний баланс території, визначаються об'єми, характер утворення і розподілу стоку (у тому числі поверхневого) [1, 4, 8]. Басейн річки, а в його межах водозбори малих річок є цілісною екологічною, гідрологічною і господарською

одиницею з чіткими межами та комплексом природних умов. Прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо оптимізації природокористування й підвищення стійкості геосистеми річкового басейну неможливе без проведення постійних спостережень за динамікою стану природних ресурсів і чинниками негативного впливу.

