Государственная гидрометеорологическая служба Украины

Гидрометеорологический центр
Черного и Азовского морей

ВЕСТНИК

Гидрометцентра Черного и Азовского морей

№ 1 (9)

Одесса - 2009

Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. — 2009. — № 1(9). — 260 с. — Языки: укр., рус.

Редакционная коллегия

Главный редактор:	Сытов В. Н.
Зам. гл. редактора:	Савилова А. И.
Члены редколлегии:	Чумак П. К. Лаврентьева В. Н. Драган А. Н.
Компьютерная верстка:	Щеголева М. А.

Адрес редакционной коллегии: Украина, 65009, г. Одесса,
ул. Французский б-р, 89
ГМЦ ЧАМ
тел. (0482) 63-16-10
www.odessabul@ukr.net

ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ У 2008 РОЦІ
(за даними мережі спостережень гідрометслужби)

Оцінка стану забруднення атмосферного повітря на території України в 2008 р. здійснена за даними спостережень, які проводились у 53 містах на 162 стаціонарних та 2 маршрутних постах державної системи моніторингу гідрометслужби.

В атмосферному повітрі визначався вміст 31-ї забруднювальної домішки, включаючи вісім важких металів і бенз(а)пірен. Основний обсяг визначень припадає на речовини, які мають найбільше розповсюдження: завислі речовини (пил), діоксид сірки, оксид вуглецю, діоксид азоту.

Найбільший рівень забруднення атмосферного повітря, який оцінювався за індексом забруднення атмосфери (ІЗА), як дуже високий та високий, зареєстровано у 27 містах України: Донецьку, Дніпродзержинську, Макіївці, Маріуполі, Одесі, Дзержинську, Горлівці, Дніпропетровську, Лисичанську, Єнакієвому, Рубіжному, Сєвєродонецьку, Слов'янську, Запоріжжі, Херсоні, Красноперекопську, Краматорську, Ужгороді, Ялті, Армянську, Хмельницькому, Луцьку, Кривому Розі, Львові, Черкасах, Миколаєві, Алчевську. У першу десятку входять міста з дуже високим рівнем забруднення атмосфери, інші 17 — відносяться до міст з високим рівнем забруднення атмосфери.

Більша кількість міст з дуже високим і високим рівнем забруднення атмосферного повітря знаходиться у Донецькій області — 8 міст, в Луганській області — 4, у Дніпропетровській області — 3, в Автономній Республіці Крим — 3 міста. Інші міста є центрами дев'яти областей країни.

Високий рівень забруднення атмосферного повітря вказаних міст був обумовлений здебільшого підвищеним вмістом специфічних шкідливих речовин — формальдегіду, фенолу, фтористого водню, бенз(а)пірену, аміаку, з основних домішок — завислих речовин, діоксиду азоту, оксиду вуглецю.

Середньорічні концентрації шкідливих речовин в цілому по містах України, де поводились спостереження, перевищували відповідні середньодобові ГДК з формальдегіду — у 3,0 рази, з діоксиду азоту і фенолу — у 1,3 рази, з завислих речовин — у 1,2 рази. середньорічна концентрація фтористого водню була на рівні 1,0 ГДКс.д.

У цілому, в країні, рівень забруднення повітря у 2008 році оцінювався, як високий.

Формальдегід. Вміст формальдегіду визначався в 43 містах, з них у 36 містах (84 % від кількості міст, де проводились спостереження) спостерігалось перевищення ГДК за середньорічними концентраціями. У 5 містах середньорічні концентрації формальдегіду були на рівні 1,0 ГДКс.д. Найбільші середньорічні концентрації спостерігались у Дніпродзержинську і Маріуполі — 6,7 ГДКс.д.; Лисичанську і Одесі — 6,0; у Рубіжному і Сєвєродонецьку — 5,7; у Дзержинську — 4,7; у Дніпропетровську і Донецьку — 4,3; у Краматорську і Ужгороді — 4,0 ГДКс.д. Максимальні концентрації перевищували максимально разову ГДК у 20 містах (46 %) і становили: у Краматорську — 4,3 ГДКм.р.; Слов'янську — 3,2; Ужгороді — 3,1; Маріуполі — 3,0; Дніпропетровську — 2,8; Луцьку — 2,4 ГДКм.р. У порівнянні з попереднім роком середньорічний вміст формальдегіду у цілому по країні не змінився. У 13 містах спостерігалось підвищення середніх за рік концентрацій формальдегіду, причому помітне — у Дніпропетровську, Рубіжному і Сєвєродонецьку. У 15 містах країни вміст формальдегіду дещо знизився.

Діоксид азоту. Вміст діоксиду азоту визначався у 53 містах. Перевищення ГДК за середньорічними концентраціями спостерігалось у 30-ти містах (57 %). Ще у 9 містах середньорічний вміст цієї домішки знаходився на рівні середньодобової ГДК. Найбільші середньорічні концентрації спостерігались у Донецьку — 4,0 ГДКс.д.; Херсоні — 2,8; Дзержинську, Дніпропетровську, Хмельницькому — 2,3; Горлівці, Єнакієвому, Запоріжжі, Макіївці, Чернігові — 2,0 ГДКс.д. Перевищення максимально разової ГДК спостерігалось у 48 містах країни (91 %). Максимальні концентрації на рівні 5,4 ГДКм.р. відмічено у Керчі; 4,9 — у Києві і Херсоні; 4,8 — у Запоріжжі; 4,7 — у Дніпропетровську, Донецьку, Краматорську і Слов'янську; 4,6 ГДКм.р. — в Алчевську і Харкові. Протягом року з діоксиду азоту зафіксовано один випадок високого забруднення повітря у Керчі (проти 28 випадків у 2007 р. у трьох містах країни). У порівнянні з попереднім роком вміст діоксиду азоту у середньому по країні не змінився. У 13 містах спостерігалось незначне підвищення середнього вмісту цієї домішки, і в такій же кількості міст деяке зниження середньорічного вмісту діоксиду азоту.

Фенол. Рівень забруднення фенолом визначався у 23 містах, з яких у 11 містах (48 %) спостерігалось перевищення ГДКс.д. за середньорічними концентраціями. У 5 містах середньорічні концентрації фенолу були на рівні 1,0 ГДКс.д. Найбільші середньорічні концентрації спостерігались у Дзержинську, Донецьку, Запоріжжі і

Одесі — 2,0 ГДКс.д.; у Дніпродзержинську — 1,8; у Горлівці, Єнакієвому — 1,7; у Луцьку, Рівному, Слов'янську і Херсоні — 1,3 ГДКс.д. Максимально разові концентрації перевищували рівень ГДКм.р. у 22 містах (96 %). У Донецьку максимальна концентрація фенолу становила 4,6 ГДКм.р.; у Херсоні — 4,0; у Краматорську і Рівному — 3,9; у Кременчуці — 3,6; у Дніпропетровську, Запоріжжі і Слов'янську — 3,4; у Макіївці — 3,3 ГДКм.р. Середньорічна концентрація фенолу по містах, де проводились спостереження, у порівнянні з попереднім роком, не змінилась.

Бенз(а)пірен. Визначення бенз(а)пірену проводилось у повітрі 50-ти міст країни. За даними спостережень середньорічні концентрації бенз(а)пірену перевищили відповідну ГДК у 8 містах (16 %). Середньорічні концентрації цієї домішки становили: у Макіївці — 3,6 ГДКс.д.; у Ялті — 2,3; у Запоріжжі — 2,2; у Донецьку — 2,0; у Слов'янську — 1,9; у Маріуполі — 1,8; у Дніпропетровську — 1,7; у Єнакієвому — 1,2 ГДКс.д. Найбільші з середньомісячних концентрацій бенз(а)пірену перевищували ГДКс.д. у 27 містах (54 %) і становили: у Запоріжжі — 12,4 ГДКс.д.; Донецьку — 11,1; Макіївці — 10,0; Ялті — 6,9; у Києві — 6,6; у Маріуполі — 6,2; у Краматорську — 5,2; у Кривому Розі — 5,1 ГДКс.д. Середньорічна концентрація бенз(а)пірену по містах країни порівняно з попереднім роком не змінилась. В 19 містах спостерігалось підвищення середнього рівня цієї домішки, в такій же кількості міст вміст бенз(а)пірену дещо знизився.

Запиленість повітря. Вміст завислих речовин у повітрі визначався в 53 містах. Перевищення ГДКс.д. за середньорічними концентраціями спостерігалось у 24 містах (45 %). Найбільші середньорічні концентрації завислих речовин відмічені у Макіївці — 3,3 ГДКс.д.; у Алчевську і Горлівці — 2,9; у Єнакієвому — 2,8; у Дзержинську — 2,7; у Хмельницькому — 2,6; у Красноперекопську, Армянську і Кривому Розі — 2,5 ГДКс.д. Максимальні концентрації перевищували максимально разову ГДК у 30 містах (57 %). У Дніпродзержинську максимальна концентрація завислих речовин дорівнювала 6,0 ГДКм.р.; у Макіївці і Харкові — 4,4; у Алчевську, Донецьку, Сімферополі і Хмельницькому — 4,0; у Кременчуці і Маріуполі — 3,6 ГДКм.р. У 2008 р. відмічено 1 випадок високого забруднення завислими речовинами у Дніпродзержинську (проти 4 випадків у 2007 р. у 3 містах країни). У порівнянні з попереднім роком запиленість повітря підвищилась у 9 містах; у 8 — дещо знизилась. У цілому по країні вміст завислих речовин у повітрі порівняно з 2007 р. не змінився.

Аміак. Спостереження за забрудненням повітря аміаком проводились у 23 містах, з яких у 4 (17 %) середньорічний вміст цієї домішки перевищував рівень ГДКс.д. У 3 містах середньорічна концентрація аміаку була на рівні 1,0 ГДКс.д. Найбільші середньорічні концентрації спостерігались у Горлівці — 3,5 ГДКс.д.; Дніпродзержинську — 1,8; Рівному — 1,5; Черкасах — 1,3 ГДКс.д. Максимальні концентрації аміаку перевищували максимально разову ГДК у 9 містах (39 %) і становили: у Донецьку — 3,5 ГДКм.р.; Рівному — 3,4; Черкасах і Дніпродзержинську — 3,2; Красноперекопську — 2,7; Горлівці — 2,2; Армянську — 1,6 ГДКм.р. Незначне підвищення середньорічного вмісту аміаку відмічено у 3 містах; зниження — у 5 містах. У порівнянні з попереднім роком концентрація аміаку в середньому по країні майже не змінилась.

Фтористий водень. Рівень забруднення фтористим воднем визначався у 14 містах. Середньорічні концентрації перевищували ГДК у 6 містах (43 %). Найбільші середньорічні концентрації становили: в Одесі — 1,8 ГДКс.д.; Армянську, Краматорську і Красноперекопську — 1,6; Слов'янську і Чернівцях — 1,4 ГДКс.д. Максимальні концентрації фтористого водню перевищували максимально разову ГДК у 9 містах (64 %): у 4,9 рази — в Краматорську і Слов'янську; у 3,4 рази — в Рівному; в 3,1 рази — в Красноперекопську; у 2,9 рази — в Армянську; у 2,3 рази — у Луганську. Помітне зниження фтористого водню відмічено у Красноперекопську і Армянську. В цілому, по містах України, середньорічний вміст фтористого водню порівняно з попереднім роком, дещо знизився.

Сірководень. Рівень забруднення повітря сірководнем визначався у 15 містах. Найбільші середньорічні концентрації спостерігались у Дніпродзержинську, Горлівці, Дзержинську, Дніпропетровську, Єнакієвому, Запоріжжі, Маріуполі і Одесі. Максимальні концентрації перевищували максимально разову ГДК у 7 містах (47 %) і становили: у Дніпропетровську — 10,3 ГДКм.р.; Маріуполі — 2,5; Алчевську і Єнакієвому — 2,3; Дніпродзержинську — 1,8; Горлівці і Дзержинську — 1,5 ГДКм.р. Протягом року відмічено 8 випадків високого забруднення повітря сірководнем у Дніпропетровську (проти 1 випадку у 2007 р.). У порівнянні з попереднім роком рівень забруднення повітря сірководнем підвищився у Дніпропетровську; дещо знизився — у Дніпродзержинську. Середньорічна концентрація сірководню в містах країни порівняно з попереднім роком не змінилась.

Оксид вуглецю. Вміст оксиду вуглецю визначався у 50 містах. У 9 містах (18 %) середньорічні концентрації перевищували серед-

ньодобову ГДК. У 3 містах середньорічні концентрації були на рівні 1,0 ГДКс.д. У Рубіжному середньорічна концентрація досягала 1,8 ГДКс.д.; Красноперекопську — 1,5; Алчевську, Дзержинську, Лисичанську і Сєвєродонецьку — 1,3; Горлівці і Єнакієвому — 1,2 ГДКс.д.. Максимальні концентрації перевищували ГДК у 36 містах (72 % від загальної кількості міст, де проводились спостереження) і досягали: 6,4 ГДКм.р. — у Києві; 4,4 — Алчевську, Слов'янську; 4,2 — Дніпропетровську і Краматорську; 3,4 — Рівному і Харкові; 3,2 ГДКм.р. — Кременчуці. Протягом року відмічено 3 випадки високого забруднення оксидом вуглецю у Києві (проти 2 випадків у 2007 р. у 2 містах країни). У порівнянні з попереднім роком помітне зростання середньорічних концентрацій оксиду вуглецю відмічено у Краматорську, Слов'янську і Ужгороді; зниження — у Вінниці, Харкові, Львові. Середня концентрація оксиду вуглецю по країні порівняно з попереднім роком не змінилась і дорівнювала 0,7 ГДКс.д.

Діоксид сірки. Рівень забруднення повітря діоксидом сірки визначався в 53 містах. Середньорічні концентрації діоксиду сірки в атмосфері міст країни не перевищували відповідну ГДКс.д. Максимальна концентрація діоксиду сірки тільки у Донецьку перевищила ГДКм.р. у 1,1 рази. У порівнянні з попереднім роком підвищення вмісту діоксиду сірки відмічено у Донецьку, Алчевську, Макіївці, Дзержинську. Зниження середньорічного вмісту діоксиду сірки відмічено у повітрі Армянська, Красноперекопська, Слов'янська, Краматорська. Середня концентрація діоксиду сірки по країні порівняно з попереднім роком не змінилась.

Розчинні сульфати. Вміст розчинних сульфатів визначався в атмосфері 20 міст країни. Найбільші середньорічні концентрації спостерігались у Львові, Одесі, Сумах. Максимальні концентрації в межах 0,06-0,08 мг/м^3 відмічені у Кременчуці, Одесі, Ужгороді, Луганську, Львові. Середня концентрація розчинних сульфатів по країні порівняно з попереднім роком не змінилась.

Оксид азоту. Спостереження за вмістом оксиду азоту проводились у повітрі 28 міст країни. Перевищення середньорічних концентрацій з оксиду азоту спостерігалось тільки у Херсоні в 1,3 рази. У Запоріжжі середньорічна концентрація оксиду азоту була на рівні 1,0 ГДКс.д. З максимальних концентрацій перевищення ГДКм.р. в 1,1 рази відмічено у Донецьку. У Луганську і Херсоні максимальні концентрації досягали 1,0 ГДКм.р. У порівнянні з попереднім роком незначне підвищення оксиду азоту відмічено у 4 містах. В

цілому, по країні, середньорічна концентрація оксиду азоту порівняно з попереднім роком дещо підвищилась і дорівнювала 0,6 ГДКс.д.

Хлористий водень. Вміст хлористого водню визначався в 11 містах. Перевищення середньорічних концентрацій у повітрі спостерігалось тільки у Чернівцях — в 1,1 рази. Максимальні концентрації перевищували максимально разову ГДК у 5 містах (45 %) і становили: у Красноперекопську — 9,5 ГДКм.р.; у Комсомольську — 7,9; у Чернівцях — 4,9.; у Рівному — 4,3; у Хмельницькому — 1,9 ГДКм.р. Протягом року у Красноперекопську зафіксовано 14 випадків високого забруднення повітря хлористим воднем (проти 8 випадків у 2007 р.), у Комсомольську — 1 випадок (проти 3 випадків у 2007 р.). У порівнянні з попереднім роком відмічено підвищення хлористого водню в Красноперекопську, Чернівцях. Середньорічна концентрація хлористого водню у цілому по містах країни порівняно з попереднім роком майже не змінилась і становила 0,4 ГДК.

Сірчана кислота. Вміст сірчаної кислоти визначався в атмосферному повітрі Армянська і Красноперекопська. Перевищень ГДК за середньорічними та максимально разовими концентраціями, як і в попередньому році, не спостерігалось. Порівняно з 2007 р. вміст сірчаної кислоти в атмосфері Красноперекопська дещо знизився.

Сажа. Вміст сажі визначався у 6 містах. Середньорічна концентрація, як і у попередньому році, перевищувала ГДКс.д. в Одесі — в 1,2 рази. Максимальні концентрації становили: у Кременчуці — 2,1 ГДКм.р.; Олександрії — 1,7; Кіровограді і Одесі — 1,3. У порівнянні з попереднім роком дещо знизився вміст сажі у повітрі Одеси, Кіровограда і Харкова.

Вуглеводні. Вміст насичених і ненасичених вуглеводнів визначався у Кременчуці, ароматичних вуглеводнів (бензолу, толуолу, етилбензолу, ксилолів) — у Кременчуці і Черкасах. Середньорічні концентрації цих речовин не перевищували відповідні ГДКсд. Максимальні концентрації перевищували максимально разові ГДК з етилбензолу у 4,5 рази; з бензолу — у 2,3 рази; з толуолу — у 1,3 рази у Кременчуці. Порівняно з попереднім роком у повітрі Кременчука підвищився середній вміст насичених вуглеводнів, ксилолів; дещо знизився середній вміст бензолу і толуолу. У повітрі Черкас підвищився середній вміст бензолу, толуолу, орто-ксилолу, знизився середній вміст мета-пара-ксилолів.

Анілін. Вміст аніліну визначався у повітрі Рубіжного. Середньорічна і максимальна концентрації цієї домішки досягали рівнів відповідних гранично допустимих концентрацій. Порівняно з попе-

реднім роком середній вміст аніліну у повітрі Рубіжного дещо підвищився.

Важкі метали. Спостереження за вмістом важких металів проводились у 49 містах. Визначалось вісім металів: залізо, кадмій, марганець, мідь, нікель, свинець, хром, цинк. Вміст цих металів в атмосферному повітрі усіх міст не перевищував відповідні ГДКс.д. Середньорічні концентрації свинцю були в межах 0,1-0,4 ГДКс.д., максимальні з середньомісячних — у межах 0,4-0,9 ГДКс.д. у повітрі Макіївки, Донецька, Одеси, Краматорська, Дніпродзержинська, Маріуполя, Дзержинська. Середньорічні концентрації кадмію досягали 0,3 і 0,7 ГДКс.д., максимальні з середньомісячних — 0,6 і 0,9 ГДКс.д. у Дзержинську і Єнакієвому відповідно. З міді середньорічні концентрації досягали 0,2 ГДКс.д. у повітрі Керчі, Харкова і Луцька. Максимальні з середньомісячних концентрацій міді становили у цих містах 0,7-0,8 ГДКс.д. Середньорічні концентрації заліза на рівні 0,1 і 0,3 ГДКс.д., максимальні — 0,6 і 0,8 ГДКс.д. відмічені повітрі Одеси і Горлівки.

За даними мережі спостережень гідрометслужби загальний рівень забруднення атмосферного повітря в Україні за індексом забруднення атмосфери становив 9,2 і характеризувався, як високий. Порівняно з 2007 роком спостерігалось незначне зниження ІЗА: з 9,4 — у 2007 р. до 9,2 — у 2008 р. за рахунок незначного зниження середньорічного вмісту фтористого водню.

Таблиця 1

Комплексний індекс забруднення атмосфери (КІЗА) по містах України за 2008 рік

Населений пункт	КІЗА	Речовини, які визначають високий рівень забруднення	Галузі промисловості, підприємства яких впливають на рівень забруднення
1	2	3	4
Алчевськ	7,4	Завислі речовини, діоксид азоту, оксид вуглецю, формальдегід, діоксид сірки	Металургія, коксохімія, виробництво будматеріалів, автотранспорт
Армянськ	9,7	Формальдегід, завислі речовини, фтористий водень, діоксид азоту, аміак	Нафтохімічна, хімічна, підприємства тепло-комунгоспу, автотранспорт
Біла Церква	3,2	Діоксид азоту, оксид вуглецю, завислі речовини, діоксид сірки, мідь	Машинобудування, нафтохімія, переробна промисловість, автотранспорт
Бровари	2,2	Діоксид азоту, діоксид сірки, завислі речовини, оксид вуглецю, залізо	Машинобудування, виробництво будматеріалів, переробна, автотранспорт
Вінниця	6,7	Формальдегід, фтористий водень, завислі речовини, оксид вуглецю, аміак	Паливно-енергетика, автотранспорт, переробна, хімічна, харчова

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Горлівка	15,2	Формальдегід, аміак, завислі речовини, діоксид азоту, фенол	Хімічна, вугільна, автотранспорт, теплокомунгосп.
Григорівка	2,2	Завислі речовини, оксид вуглецю, діоксид азоту, діоксид сірки, аміак	Хімічна, автотранспорт, морський транспорт
Дзержинськ	16,8	Формальдегід, діоксид азоту, завислі речовини, фенол, оксид вуглецю	Хімічна, вугільна, машинобудування, автотранспорт
Дніпродзержинськ	19,4	Формальдегід, фенол, діоксид азоту, завислі речовини, аміак	Металургійна, хімічна, енергетика, виробництво будматеріалів, автотранспорт
Дніпропетровськ	14,7	Формальдегід, діоксид азоту, бенз(а)пірен, завислі речовини, фенол	Металургійна, енергетика, хімічна, автотранспорт, виробництво будматеріалів
Донецьк	20,1	Формальдегід, діоксид азоту, бенз(а)пірен, фенол, завислі речовини	Металургійна, вугільна, енергетика, автотранспорт
Єнакієве	14,0	Формальдегід, завислі речовини, діоксид азоту, фенол, бенз(а)пірен	Металургійна, хімічна, вугільна, автотранспорт
Житомир	4,8	Діоксид азоту, завислі речовини, бенз(а)пірен, оксид вуглецю, діоксид сірки	Хімічна, машинобуду-вання, легка, харчова, деревообробна, автотранспорт
Запоріжжя	12,2	Бенз(а)пірен, діоксид азоту, фенол, формаль-дегід, оксид вуглецю	Металургійна, машино-будування, енергетика, автотранспорт
Івано-Франківськ	5,1	Діоксид азоту, завислі речовини, оксид вуглецю, діоксид сірки, оксид азоту	Авто- та залізничний транспорт, виробництво будматеріалів, легка промисловість, енергетика
Ізмаїл	4,3	Діоксид азоту, діоксид сірки, формальдегід, бенз(а)пірен, завислі речовини	Автотранспорт, морський і залізничний транспорт, легка промисловість, енергетика
Керч	5,1	Формальдегід, діоксид азоту, завислі речовини, бенз(а)пірен, оксид вуглецю	Металургійна, енергетика, житлокомунгосп., автотранспорт
Київ	6,9	Формальдегід, діоксид азоту, фенол, завислі речовини, оксид вуглецю	Автотранспорт, енергетика, хімія та нафтохімія, машинобудування, харчова та переробна промисловість, будіндустрія
Кіровоград	4,8	Завислі речовини, формальдегід, оксид вуглецю, сажа, діоксид азоту	Енергетика, будіндустрія, харчова та переробна, автотранспорт
Комсомольськ	1,7	Завислі речовини, оксид вуглецю, фенол, хлористий водень, сажа	Металургійна, будіндустрія, житлокомунгосп., автотранспорт
Краматорськ	10,9	Формальдегід, фтористий водень, оксид вуглецю, діоксид азоту, фенол	Машинобудівна, металургійна, будіндустрія, енергетика, автотранспорт

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Красноперекопськ	11,6	Формальдегід, завислі речовини, фтористий водень, діоксид азоту, оксид вуглецю	Хімічна, нафтохімічна, теплокомунгосп., автотранспорт
Кременчук	3,8	Завислі речовини, оксид вуглецю, формальдегід, бенз(а)пірен, діоксид азоту	Нафтохімічна, машинобудування, енергетика, автотранспорт
Кривий Ріг	8,6	Формальдегід, завислі речовини, оксид вуглецю, діоксид азоту, аміак	Гірничо-металургійна, виробництво будматеріалів, енергетика, автотранспорт
Лисичанськ	14,1	Формальдегід, оксид вуглецю, діоксид азоту, завислі речовини, аміак	Хімічна, нафтохімічна, вугільна, автотранспорт, будіндустрія
Луганськ	4,1	Формальдегід, бенз(а)пірен, діоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю	Машинобудівна, металургійна, вугільна, виробництво будматеріалів, енергетика, автотранспорт
Луцьк	9,0	Формальдегід, фенол, діоксид азоту, завислі речовини, оксид азоту	Автотранспорт, енергетика, легка і хімічна, виробн. будматеріалів
Львів	7,9	Формальдегід, діоксид азоту, завислі речовини, оксид вуглецю, діоксид сірки	Автотранспорт, енергетика, виробництво будматеріалів, машинобудування
Макіївка	18,6	Бенз(а)пірен, завислі речовини, формальдегід, діоксид азоту, фенол	Металургійна, вугільна, машинобудування, автотранспорт
Маріуполь	18,0	Формальдегід, бенз(а)пірен, завислі речовини, діоксид азоту, фенол	Металургійна, енергетика, машинобудування, виробництво будматеріалів, хімічна, автотранспорт
Миколаїв	7,7	Формальдегід, фтористий водень, діоксид азоту, завислі речовини, оксид вуглецю	Автотранспорт, машинобудування, енергетика, морський порт
Обухів	3,0	Діоксид азоту, завислі речовини, оксид вуглецю, діоксид сірки, залізо	Енергетика, біохімічна, виробництво будматеріалів, харчова, легка, автотранспорт
Одеса	17,4	Формальдегід, фенол, фтористий водень, діоксид азоту, сажа	Нафтохімічна, машинобудування, енергетика, будіндустрія, авто- та морський транспорт
Олександрія	—*	завислі речовини, сажа, діоксид азоту, діоксид сірки	Вугільна, електротехнічна, машинобудування, автотранспорт
Полтава	3,9	Завислі речовини, формальдегід, оксид вуглецю, діоксид азоту, оксид азоту	Автотранспорт, енергетика, машинобудування, залізничний транспорт, переробна
Рівне	6,0	Фенол, аміак, діоксид азоту, формальдегід, завислі речовини	Машинобудування, енергетика, хімічна, виробництво будматеріалів, харчова, автотранспорт
Рубіжне	13,4	Формальдегід, оксид вуглецю, діоксид азоту, завислі речовини, діоксид сірки	Хімічна, нафтохімічна, приладобудування, вугільна, переробна, автотранспорт

* Комплексний індекс забруднення атмосфери не розраховувався, тому, що спостереження проводились по менш, ніж 5 інгредієнтах, які необхідні для розрахунку ІЗА.

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
Світловодськ	6,9	Формальдегід, завислі речовини, діоксид азоту, оксид вуглецю, оксид азоту	Автотранспорт, машинобудування, енергетика, металургія, харчова
Севастополь	3,0	Формальдегід, діоксид азоту, оксид вуглецю, завислі речовини, діоксид сірки	Суднобудівна, будіндустрія, теплокомунгосп., морський транспорт, автотранспорт
Сєвєродонецьк	13,4	Формальдегід, оксид вуглецю, діоксид азоту, завислі речовини, аміак	Хімічна, виробництво будматеріалів, переробна, енергетика, автотранспорт
Сімферополь	4,0	Формальдегід, оксид вуглецю, діоксид азоту, завислі речовини, діоксид сірки	Автотранспорт, підприємства енергетики, теплокомунгосп., харчова та легка
Слов'янськ	12,4	Формальдегід, бенз(а)пірен, діоксид азоту, фтористий водень, фенол	Хімічна, енергетика, машинобудування, виробництво будматеріалів, харчова, автотранспорт
Суми	5,5	Завислі речовини, формальдегід, діоксид азоту, бенз(а)пірен, аміак	Хімічна, машинобудування, харчова, автотранспорт
Тернопіль	3,9	Діоксид азоту, формальдегід, оксид вуглецю, завислі речовини, оксид азоту	Автотранспорт, енергетика, машинобудування, легка, деревообробна, будіндустрія
Ужгород	9,8	Формальдегід, діоксид азоту, бенз(а)пірен, оксид вуглецю, оксид азоту	Автотранспорт, енергетика, виробництво будматеріалів, нафтохімічна, деревообробна
Українка	2,4	Діоксид азоту, діоксид сірки, завислі речовини, оксид вуглецю, залізо	Енергетика, біохімічна, паперова, харчова, легка, автотранспорт
Харків	3,7	Формальдегід, завислі речовини, діоксид азоту, оксид вуглецю, фенол	Машинобудування, енергетика, металургія, виробництво будматеріалів, автотранспорт
Херсон	11,7	Формальдегід, діоксид азоту, фенол, оксид азоту, оксид вуглецю	Нафтопереробна, енергетика, автотранспорт, хімічна, деревообробна, суднобудівна
Хмельницький	9,0	Діоксид азоту, завислі речовини, формальдегід, фенол, діоксид сірки	Виробництво будматеріалів, харчова, автотранспорт, теплокомунгосп.
Черкаси	7,7	Формальдегід, аміак, діоксид азоту, завислі речовини, оксид азоту	Хімічна, енергетика, виробництво будматеріалів, деревообробна, автотранспорт
Чернівці	5,6	Фтористий водень, формальдегід, хлористий водень, бенз(а)пірен, фенол	Автотранспорт, хімічна, машинобудування, деревообробна, теплокомунгосп.
Чернігів	3,4	Діоксид азоту, діоксид сірки, бенз(а)пірен, завислі речовини, залізо	Енергетика, хімічна, машинобудування, деревообробна, харчова, будіндустрія
Ялта	9,7	Бенз(а)пірен, формальдегід, завислі речовини, діоксид азоту, оксид вуглецю	Автотранспорт, виробн. будматеріалів, житлокомунгосп., харчова

Комплексний індекс забруднення атмосфери по містах України за 2008 рік (середній) становив 9,2 (у 2007 р. — 9,4).

Таблиця 2

Вміст металів та інших показників в ґрунтах м. Іллічівськ (Одеська обл.) у 2008 році

№ проби	Пункт відбору, віддаль, напрямок	Вміст металів та ін., млн$^{-1}$							Механічний склад ґрунту
		pH	кадмій	марганець	мідь	нікель	свинець	цинк	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Суднoремонтний завод: 200 м на ПнПнС від огорожі заводу, 400 м від звалища побутового сміття	7,0	0,00	5855	510	116	262	1056	супісь
2	- між I і II блоками цехів	7,0	0,00	5153	615	89	137	1044	легкий суглинок
3	- 100 м на ПдЗ від паркану, 500 м від траси Одеса-Іллічівськ	6,9	0,25	4253	575	748	39	1097	пісок
4	Паромна переправа: 500 м на З від будівлі управління	7,0	0,00	700	35	28	31	63	важкий суглинок
5	- 200 м на ПнЗ від будівлі управління	6,8	0,00	573	41	27	26	51	важкий суглинок
6	- 100 м на Пд від паркану	7,4	0,00	651	23	25	19	60	супісь
7	Одеський завод рибної гастрономії: 100 м на С від паркану	7,6	0,00	730	514	203	49	560	легкий суглинок
8	- 100 м на ПнЗ від прохідної	6,7	0,00	1607	74	58	21	70	важкий суглинок
9	Завод крабових паличок: 100 м на ПнС	6,8	0,00	739	34	35	44	265	важкий суглинок
10	Іллічівський морський порт: IV район, 200 м на ПнЗ від будівлі управління	6,9	0,00	4373	63	70	39	375	пісок
11	- стик III і IV причалів, 50 м від залізничної колії	7,1	0,00	823	37	23	63	63	супісь
12	- II район, 200 м на З від складу №15	6,7	0,00	842	17	34	22	33	важкий суглинок

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	Завод «Квант»: 100м на С від будівлі управління заводу	6,7	0,00	681	17	31	19	48	глина
14	Міська котельня: 50 м на Пд від паркану	6,9	0,00	744	24	36	20	48	важкий суглинок
15	Фекально-насосна станція: 50 м на ПнЗ від паркану	6,8	0,00	602	32	23	27	252	середній суглинок
16	Одеська птахофабрика: 300 м на С від паркану	6,8	0,00	798	28	35	31	261	легкий суглинок
17	Завод залізобетонних виробів: 50 м на ПнЗ, біля прохідної	6,8	0,00	641	18	31	12	47	легкий суглинок
18	- 10 м на Пд від паркану	6,9	0,00	710	21	34	15	57	середній суглинок
19	Товарно-закупівельна база: 10 м на ПнЗ від паркану	7,0	0,00	666	21	26	18	59	легкий суглинок
20	Іллічівський морський порт: склад калійних добрив	6,9	0,00	764	26	39	12	57	важкий суглинок
21	База Іллічівський зовніштранс: 50 м на ПнЗ від паркану	6,9	0,00	705	26	36	91	142	легкий суглинок
22	Автобаза Іллічівського порту: 50 м на Пн від прохідної	7,1	0,00	935	41	35	52	166	супісь
23	Біля залізничного мосту (в'їзд до сел. Олександрівка)	9,1	0,00	769	45	25	34	142	важкий суглинок
24	Судноремонтний завод: 10 м від доків цеху	8,0	0,00	2735	510	71	365	511	важкий суглинок
25	ВО «Антарктика»: 50 м на ПнЗ від прохідної	7,2	0,50	3005	548	180	342	114	супісь

Т. В. Стоянова
В. М. Ситов
А. Ф. Мізевич

СТАН НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ У 2008 Р.

Одеська область — приморський і прикордонний регіон України, розташований на крайньому південно-заході країни. Загальна площа території області складає 33,3 тис. км2 (5,5 % території України). Вона межує з Вінницькою, Кіровоградською, Миколаївською областями, а також на суші та на морі з Республікою Молдовою, Румунією, Болгарією, Турцією. На півдні Одеська область своєю окраїною виходить до Чорного моря. Довжина морських і лиманних узбереж від гирла ріки Дунай до Тілігульского лиману досягає 300 км. Одеська область є частиною морського фасаду України. Вона розташована на перетині найважливіших міжнародних водних шляхів.

Область відноситься до зони інтенсивного степового хліборобства з розвиненим зрошенням. Прибережною частиною вона потрапляє до рекреаційної зони Північно-Західного Причорномор'я, розміщена близько від великих промислових регіонів. Північна частина області розташована в лісостеповій, а південна — в степовій зоні.

Поряд з дуже вигідним транспортно-географічним розташуванням, Одещина має сприятливі умови, що в цілому формують високий природно-ресурсний потенціал регіону. Головне природне багатство області — її земельні ресурси, що представлені переважно чорноземними ґрунтами з високою природною родючістю. У сполученні з теплим степовим кліматом вони формують високий агропромисловий (сільськогосподарський) потенціал регіону.

Клімат краю, особливо в південній частині області, посушливий. Тому тут майже 10 % оброблюваних земель зрошуються. Тепле море, лікувальні грязі, мінеральні води, морські пляжі створюють виняткова високий рекреаційний потенціал Одещини. У пониззі великих річок (Дунай, Дністер) і лиманів, на морських узбережжях і в шельфовій зоні розташовані високо цінні й унікальні природні комплекси, водно-болотні угіддя, екосистеми, що формують високий біосферний потенціал регіону, який має національне і міжнародне, глобальне значення. Економіка Одещини відіграє дуже помітну роль у господарському комплексі України.

Тому охорона довкілля та раціональне використання природних ресурсів залишається однією з найбільших актуальних проблем.

Протягом 2008 р. в атмосферне повітря, водні та земельні ресурси потрапило 398,8 тис. т забруднюючих речовин. У розрахунку на 1 км^2 території області у повітря потрапило 5,8 т шкідливих речовин, наявність відходів I-III класу небезпеки становить 35 кг. Щорічне підвищення частки сплати екологічних зборів створює сприятливі умови для здійснення екологічної політики щодо збереження та відновлення ресурсів навколишнього природного середовища.

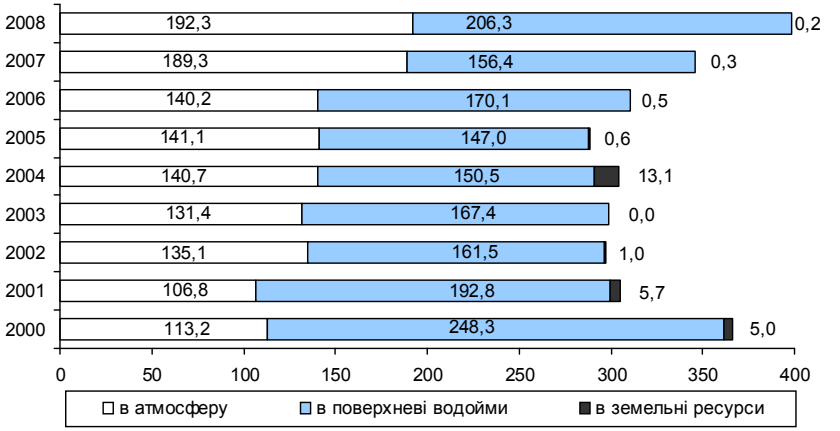


Рис. 1. Надходження забруднюючих речовин у довкілля, тис. т

Під дією процесів, що відбуваються у пограничному шарі атмосфери (1-1,5 км), шкідливі речовини, які викидаються джерелами забруднення, розповсюджуються у цьому шарі атмосфери, утворюючі поле концентрацій інгредієнтів у приземному шарі.

Основними механізмами цього процесу є переніс і турбулентна дифузія домішок. Характер цих механізмів визначається, по-перше, атмосферними процесами синоптичного масштабу і, по-друге, порою року. Якщо розглядати у середньому за рік, то для Одеси більш властивим є антициклонічне поле атмосферного тиску, яке, на жаль, не сприяє очищенню атмосферного повітря, а навпаки, є дуже сприятливим для накопичення у приземному повітрі шкідливих домішок, як від більш високих стаціонарних джерел, так і від пересувних транспортних засобів.

Атмосферне повітря

Основна частина шкідливих речовин, викинутих у повітряний басейн протягом 2008 р., потрапила від усіх видів транспорту — 157,8 тис. т, у тому числі від автотранспорту — 136,2 тис. т, авіаційного, залізничного, водного та виробничої техніки — 21,6 тис. т.

Основними токсичними інгредієнтами, якими забруднювалось повітря під час експлуатації рухомих транспортних засобів, були оксиди вуглецю (71,5 %, або 112,9 тис. т), оксиди азоту (14,0 %, або 22,0 тис. т), НЛОС (11,3 %, або 17,8 тис. т), сажа (1,6 %, або 2,5 тис. т), сірчистий ангідрид (1,3 %, або 2,1 тис. т), метан (0,3 %, або 0,5 тис. т).

78 % сумарних обсягів забруднювальних речовин (106,0 тис. т), надійшло у повітря від автомобілів, що перебували у приватній власності населення. Основним видом палива, яке використовується на автотранспорті, є бензин. Від його споживання в атмосферу протягом 2008 р. потрапило 112,2 тис. т (82,4 %) шкідливих речовин. Від двигунів, які працювали на дизельному паливі, в повітря надійшло 22,1 тис. т (16,2 %) забруднень, на стисненому та зрідженому газах — 1,9 тис. т (1,4 %). Надходження шкідливих речовин від рухомих джерел домінували над викидами від стаціонарних джерел майже в усіх районах та містах області, крім міста Южного та Ренійського району (табл. 1).

Екологічна обстановка у багатьох районах м. Одеса продовжує залишатися незадовільною, а концентрація деяких шкідливих речовин перевищує граничнодопустимі. Основна частина забруднюючих речовин відноситься до викидів транспортних засобів; інтенсивність забруднення атмосфери автомобільним транспортом безперервно збільшується із-за зростання кількості приватного автотранспорту.

Кліматичні особливості Одеського регіону, значне збільшення автомобільного парку, його старіння та поганий стан доріг, збільшення інтенсивності потоку на дорогах стали причиною збільшення рівня забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту. Результати контролю свідчать, що у 2008 р. 15,5 % автомашин експлуатувалися з перевищенням кількості токсичних речовин у відпрацьованих газах.

Забруднення діоксидом азоту, оксидом вуглецю відмічалося на всіх ПСЗ (пост спостереження забруднення), але біля автомагістралей з інтенсивним рухом на ПСЗ № 10, 15, 17, 18, 19, 20 процент повторюваності концентрацій був найбільшим і перевищував ГДК (граничнодопустимі концентрації).

Максимальні з разових концентрацій діоксиду азоту — 1,9 ГДК (ПСЗ № 17, 18), оксиду вуглецю — 1,8 ГДК (ПСЗ № 18), формальдегіду — 1,5 ГДК (ПСЗ № 19), фенолу — 1,4 ГДК (ПСЗ № 15), пилу — 1,4 ГДК (ПСЗ № 18), сажі — 1,3 ГДК (ПСЗ № 18).

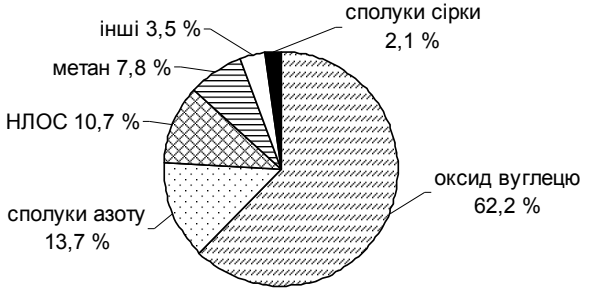


Рис. 2. Хімічний склад викидів шкідливих речовин від стаціонарних та пересувних джерел у 2008 році

У річному ході максимальні концентрації спостерігались: сажі — у червні; пилу, діоксиду сірки — у квітні; діоксиду азоту — у січні, квітні, серпні; оксиду азоту — у січні, липні, серпні; формальдегіду — у серпні; оксиду вуглецю — у березні; сірководню — у березні, червні, серпні; фториду водню — у серпні; фенолу — з січня-серпня.

Розсіювальна здатність атмосфери в районі м. Одеса знижена.

Негативний вплив на довкілля області мали викиди шкідливих речовин у повітря, які утворювались внаслідок виробничої діяльності підприємств. Від стаціонарних джерел забруднення протягом 2008 р. у повітряний басейн надійшло 34,4 тис. т шкідливих речовин. Порівняно з 2007 р. викиди в атмосферу зменшились на 1,3 тис. т (або на 3,7 %). Порівняно з попереднім роком збільшення викидів небезпечних речовин у повітря відбулося в 13 районах області. Негативно впливали на екологічну обстановку в регіоні підприємства, які виробляють та розподіляють електроенергію, газ та воду, підприємства переробної промисловості, підприємства діяльності транспорту та зв'язку.

У складі викинутих забруднювальних речовин 14,6 тис. т (42,3 %) метану, 6,7 тис. т (19,3 %) оксиду вуглецю, 3,9 тис. т (11,3 %) речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, 4,4 тис. т (12,7 %) сполук азоту, 1,9 тис. т (5,5 %) діоксиду та інших сполук сірки, 2,8 тис. т (8,0 %) неметанових летких органічних сполук, 0,3 тис. т (0,9 %) металів та їх сполук (табл. 2).

Щільність викидів у розрахунку на км^2 території області склала 1034 кг шкідливих інгредієнтів, у середньому на одну особу населення припадає 14 кг шкідливих речовин. Однак у містах цей показник значно перевищує середній по області, зокрема, у м. Южне обсяги викидів у розрахунку на 1 км^2 були більшими у 280 разів,

а на одну особу населення — у 6,8 разів, у м. Одеса — відповідно у 125 разів (на 21,5 %), у м. Котовськ — у 45 разів (на 18,8 %), у м. Ізмаїл — у 27 разів (на 36,8 %).

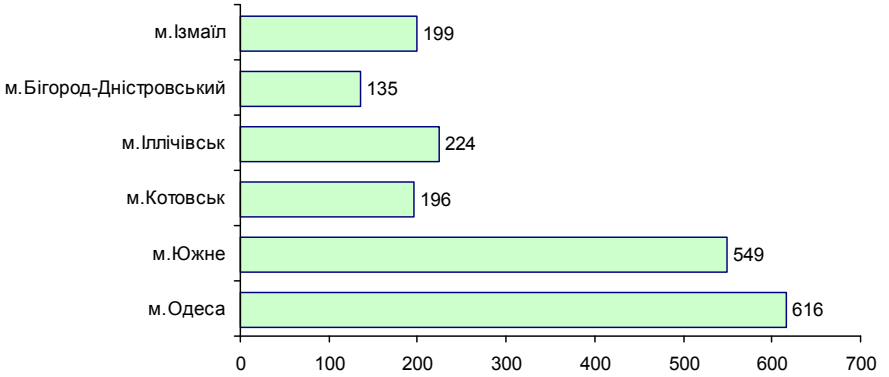


Рис. 3. Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел у розрахунку на км^2 у 2008 році по містах області, т

Рівень забруднення повітря за 2008 р. по м. Одеса (індекс забруднення атмосфери ІЗА=17,5), вищий за середній по Україні (ІЗА = 9,4). Високий ІЗА обумовлений значним рівнем забруднення повітря формальдегідом (ІЗА = 10,27), фенолом (ІЗА = 2,46), фтористим воднем (ІЗА = 2,15), діоксидом азоту (ІЗА = 1,34), сажею (ІЗА = 1,26). Середній вміст формальдегіду у 6,0 рази перевищує середньодобову ГДК, фенолу — у 2,0 рази, фториду водню — в 1,8 рази, діоксиду азоту та сажі — в 1,3 рази.

Індекс забруднення на більшості ПСЗ (ІЗА = 9-21) високий, за виключенням ПСЗ № 8, розташованого у курортній зоні (ІЗА = 3,9). Найбільший рівень забруднення повітря основними та специфічними речовинами відмічається у північній та північно-західній промислових частинах міста (ПСЗ № 10, 17, 18, 19). Тут концентрації основних речовин вище, ніж в інших районах міста. Повторюваність перевищення ГДК (граничнодопустимих концентрацій) діоксиду азоту на ПСЗ № 10, 15 складає 19 та 23 % відповідно.

У північній та північно-західній частинах міста, розташованих в понижуванні рельєфу, находяться основні джерела забруднення міста. Тут дуже велика запиленість повітря. Аерозольні частинки сірки, пилу та інших шкідливих речовин від промислових викидів погіршують видимість та перешкоджають проникненню до приземного слою атмосфери сонячної радіації.

Серед численності метеорологічних факторів найбільший вплив на ступінь забруднення повітряного басейну чинить режим вітру, вологість та температурна стратифікація. В Одеському регіоні переважними є вітри з північною складовою, повторюваність яких складає близько 38 %. У весняно-літній період збільшення повторюваності південних напрямків вітру обумовлено бризовою циркуляцією, яка чинить значний вплив на потенціал забруднення атмосфери в Одеському регіоні. Велику роль у формуванні рівня забруднення атмосфери протягом року грають приземні та піднесені інверсії температури. Повторюваність приземних інверсій максимальна влітку у нічні часи (55 %). У грудні підвищена повторюваність піднесених інверсій (до 68 %). Під ними накопичується забруднене повітря, і місто опиняється як «шапкою» зачинене для надходження чистого повітря. У вересні 37,0 % застоїв; повторювальність туманів найбільша у квітні (21 %).

У цілому по місту порівняно з 2007 р. загальний рівень забруднення не змінився. Спостерігалося незначне зниження концентрацій діоксиду сірки, оксиду вуглецю, діоксиду азоту, оксиду азоту, сажі; збільшення середніх концентрацій сульфатів. Концентрації пилу, сірководню, фенолу, фтористого водню, формальдегіду залишились на тому ж рівні. За останні 5 років намітилася тенденція до зменшення забруднення повітря пилом, діоксидом сірки, діоксиду азоту, оксиду азоту, сажею, сірководнем, фтористим воднем, бенз(а)піреном; збільшення концентрацій оксиду вуглецю, сульфату, формальдегіду. Концентрації фенолу залишились на тому ж рівні.

Практично не виконується рішення відносно виносу промислових підприємств із жилої зони міста за його територію або в промислові зони. Дуже повільно здійснюється перехід автотранспорту на електрифікований транспорт. Транспортні розв'язки у місті відсутні, кількість підземних переходів недостатня. Нові житлові масиви проектуються і будуються без підземних переходів. У 2008 р. обсяг витрат на здійснення повітряохоронних заходів підприємствами області склав 1312,5 тис. грн., що сприяло зменшенню надходжень небезпечних речовин у повітряний басейн на 34,7 т.

Водні ресурси

У межах області розташовані ділянки басейнів трьох великих річок — Дунаю, Дністра та Південного Бугу. До водного фонду області відносяться також 1140 малих річок та струмків загальною довжиною 7632 км, 55 водосховищ, 15 лиманів, більш ніж

800 ставків. За останні роки половина малих річок області припинила своє існування. Проблема екологічного стану водно-ресурсного потенціалу залишається для області актуальною. Одеська область характеризується слабкою і надто нерівномірною забезпеченістю підземними водними ресурсами, придатними для господарсько-питного водопостачання.

За даними Одеського обласного виробничого управління по водному господарству в 2008 р. з природних водних об'єктів було забрано 2587,0 млн. $м^3$ води, що на 15,4 % більше, ніж у 2007 р., 7,0 % (178 млн. $м^3$) води втрачено при транспортуванні (табл. 3). Основними водокористувачами в області були 736 підприємств, організацій та установ, якими спожито 320,3 млн. $м^3$ води, що на 39,3 млн. $м^3$ (на 10,9 %) менше порівняно з 2008 р., а з 1990 р. — у 4,1 рази. 40,1 % всієї використаної води припав на побутово-питні потреби. Частка витрат води на виробничі потреби склала 25,2 %, на зрошення — 19,9 %, сільськогосподарське водопостачання — 3,8 %. Порівняно з 1990 р. обсяги води, спожитої на зрошення, зменшились у 11,1 рази, на сільськогосподарські потреби — у 8,2 рази, на виробничі — у 3,2 рази, побутово-питні — у 2,0 рази.

У використанні води на побутово-питні, промислові потреби та сільськогосподарське водопостачання спостерігається зменшення у зв'язку з загальним зниженням виробництва у галузях народного господарства, лімітованою подачею електроенергії до водозабірних споруд та споживачів. Зберігається тенденція до скорочення загального водовідведення, яке у 2008 р. склало 266,8 млн. $м^3$. Порівняно з 1990 р. цей показник зменшився удвічі, а з попереднім — на 4,6 %.

Скидання забруднюючих стоків та безповторний водозабір негативно впливають на водні ресурси. Обсяги використаної води мають тенденцію до зменшення, проте ступінь антропогенного навантаження на водний потенціал залишається майже на рівні 1990 р. Так, протягом 2008 р. у водойми скинуто 187,6 млн. $м^3$ забруднюючих стоків проти 134,0 млн. $м^3$, а частка забруднюючих зворотних вод у загальному водовідведенні зросла утричі: з 22 % у 1990 р. до 70 % у 2008 р. У водойми України скинуто 2,7 млрд. $м^3$ забруднених стоків тільки за 2008 р., а частка забруднених зворотних вод у загальному водовідведенні становила 32 %. Значного техногенного навантаження зазнали поверхневі води не тільки Одеської області, але й водні об'єкти Кіровоградської (частка забруднених зворотних вод у загальному водовідведенні — 47 %), Луганської

(45 %), Дніпропетровської (44 %) областей, міст Києва та Севастополя (відповідно 51 та 44 %).

Найчастіше забруднювались водні ресурси області сухими рештками 137,5 тис. т, сульфатами — 36,6 тис. т, хлоридами — 24,2 тис. т, завислими речовинами — 2,7 тис. т, нітратами — 1,1 тис. т, амонійним азотом — 0,9 тис. т тощо.

Земельні ресурси

Серед основних факторів життя і виробничої діяльності людини, поряд з повітрям і водою, земля займає чи не найважливіше місце. Водночас земля — це економічний ресурс області, що потребує підтримання родючості та охорони від негативного впливу антропогенних та природних факторів.

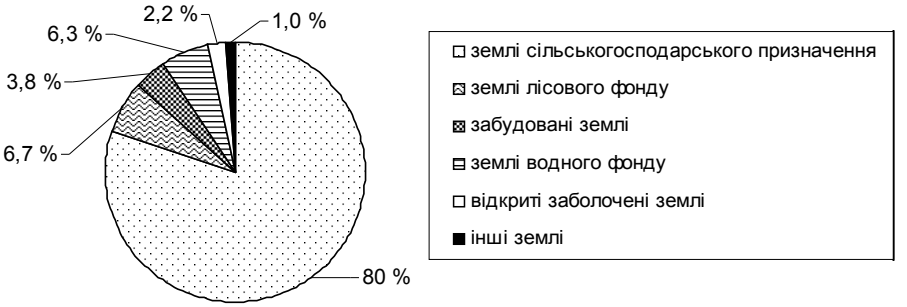


Рис. 4. Структура земельного фонду Одеської області на 1 січня 2009 р., %

На початок 2009 р. земельний фонд Одеської області складав 3331,3 тис. га. Значна частка земельної площі 2593,4 тис. га (77,8 %) — це сільськогосподарські угіддя, з них 2067,6 тис. га (79,7 %) припадає на ріллю. Сільськогосподарське освоєння території досягло 83 %, ступінь розораності земельної площі — 66 %.

Під урожай 2008 р. сільськогосподарськими підприємствами Одеської області було внесено 474,2 тис. ц мінеральних добрив (у перерахунку на 100 % поживних речовин), що на 0,7 тис. ц більше, ніж у попередньому році. У структурі використання мінеральних добрив, як і в минулі роки, найбільшу питому вагу займають азотні добрива 77,2 % (у 2007 р. — 76,2 %), а фосфорні та калійні — відповідно лише 13,9 % та 8,9 %. Такий дисбаланс елементів живлення призводить до виснаження ґрунтів та не дозволяє підвищувати урожайність сільськогосподарських культур. У 2008 р. 768,7 тис. га — удобрена площа мінеральними добривами (внесені

на 58,6 % загальної посівної площі сільськогосподарських культур), що на 19,9 тис. га вище рівня 2007 р. На 1 га посівної площі сільськогосподарських культур у середньому по області було внесено 36 кг. Органічних добрив було внесено 124,4 тис. т, або на 40,9 % менше, ніж у 2007 р. Удобрено органікою лише 14,2 тис. га посівів сільськогосподарських культур, що складає 1,1 % загальної посівної площі. У середньому у розрахунку на 1 га загальної посівної площі було внесено 0,1 т органіки.

На якісний стан земельних ресурсів істотно впливають агротехнічні заходи, які проводять з метою запобігання виникненню деградації ґрунтового покриву, до них відносяться вапнування ґрунтів, вапнування та гіпсування ґрунтів. У 2008 р. гіпсування поводилося у 4 господарствах Біляївського району, внесено 6221 т гіпсу, фосфогіпсу та гіпсовмістимих порід на площі 1018,9 га.

Небезпечні відходи

Величезні обсяги накопичень небезпечних відходів, реальна небезпека, яку несуть вони собою для населення і навколишнього середовища, є на сьогодні складною проблемою, яка потребує нагального розв'язання.

Протягом 2008 р. на підприємствах області утворилось 7984 т небезпечних відходів. 91,3 % утворених відходів належить до III класу небезпеки (7292 т), відходи II класу небезпеки склали 638 т та I класу — 54 т, з яких утворилось у м. Одеса — 43,8 т, у м. Южне — 3,3 т, у м. Ізмаїл — 1,0 т (табл. 4). Найбільша кількість відходів утворилась на підприємствах переробної промисловості (3009 т, або 37,7 % до загального обсягу утворених відходів), діяльність транспорту та зв'язку (4604 т, або 57,7 %). Частка відходів, які були повністю використані для одержання тієї чи іншої продукції, або знешкоджені, у загальному обсязі утворених склала 11,7 %.

Станом на 1 січня 2009 р. у сховищах організованого складування та на території підприємств області накопичилось 1182 т небезпечних відходів, з них 381т (або 32,2 % до загальної кількості) належать до I класу небезпеки та 130 т (або 11,0 %) до II класу небезпеки. Майже половина сумарної кількості відходів області, що належать до I-III класів небезпеки, зберігаються на території м. Одеса та Ренійського району. 71 % відходів I класу небезпеки розміщено у сховищах організованого складування Ізмаїльського, Саратського, Фрунзівського районів. У загальній кількості відходів, що зберігаються у сховищах організованого складування та на території підприємств, найбільшу питому вагу скла-

дають відходи відпрацьованих нафтопродуктів та продуктів нафтопереробки (465 т, або 39,3 % до загального обсягу), відходи, що містять метали та їхні сполуки (157 т, або 13,3 %), відходи пестицидів і агрохімікатів, непридатних чи заборонених пестицидів (341 т, або 28,8 %), відходи виробництва та застосування органічної хімії, або відходи, що містять органічні сполуки (161 т, або 13,6 %).

Вторинна сировина

Використання технологічних відходів є однією з актуальних проблем сучасної економіки. Відходи є важливими, але недостатньо застосовуваним резервом ресурсозбереження. Вони можуть використовуватись майже в усіх галузях промисловості як джерела сировини та енергії. Їхнє використання сприяє збільшенню випуску промислової продукції, споживчих товарів та охорони навколишнього середовища від забруднення цими відходами.

За 2008 р. підприємствами та організаціями було враховано 839,2 тис. т знову утворених відходів, з яких 334,4 тис. т, або 40 %, повторно залучено в господарський оборот. У порівнянні з 2007 р. утворення вторинної сировини і відходів виробництва зменшилось на 141,3 тис. т (табл. 5). Загальний обсяг вторинних ресурсів по підприємствах та організаціях Одеської області становив 1535,5 тис. т, що на 67,5 тис. т менше, ніж у 2007 р. На підприємствах та організаціях Одеської області із 60 видів відходів, що обліковуються в цілому по Україні, враховано 37.

Використання значної кількості утворених відходів безпосередньо на підприємствах та в організаціях області дає економічний ефект і зберігає природні ресурси. У 2008 р. рівень використання вторинної сировини у загальному обсязі ресурсів становив 21,8 %, а в обсязі знов утвореної — 39,8 %. Порівняно з 2007 р. рівень використання вторинної сировини та відходів виробництва в обсязі знов утвореної зменшився на 2,0 в. п. Рівень знищення відходів у загальному обсязі ресурсів і в обсязі знов утвореної у 2008 р. вторинної сировини та відходів виробництва збільшився.

Важливим напрямком подальшого розвитку економіки Одеської області повинно стати реалізація питань ресурсозбереження та охорони навколишнього середовища. Вирішення цих гострих питань неможливо без контролю за утворенням, а особливо за використанням та знищенням вторинної сировини та відходами виробництва.

На паливні потреби використовуються, як і раніше, соняшникове лушпиння — 93,1 %, стержні початків кукурудзи — 88,7 %, відходи деревини — 32,6 %.

За 2008 р. на півдні України, який включає Миколаївську, Одеську, Херсонську області та Автономну Республіку Крим, було враховано 4003,9 тис. т знову утворених відходів, з яких 1038,3 тис. т повторно залучено в господарський оборот. Рівень використання вторинної сировини і відходів виробництва в обсязі знову утвореної в Одеській області становив майже 40 %. Серед областей півдня України цей показник найвищий у Автономній Республіці Крим, найнижчий у Миколаївській області (13,7 %). Завеликою залишається частка знищеної вторинної сировини і відходів виробництва в обсязі знову утвореної в Одеській області (99,2 %). Найнижчий цей показник у Миколаївській області (13,1 %). Із загальної кількості знову утворених відходів (17,9 %) були відходи, утворені при переробці сільськогосподарської продукції. Рівень використання цих відходів достатньо низький (19,0 %), враховуючи їх органічне походження. Економічні труднощі та безгосподарність призвели до знищення 29,8 тис. т (або 3,8 %) цих ресурсів.

Як і раніше, актуальною проблемою області залишається велика кількість твердих побутових відходів, які нагромаджуються в навколишньому природному середовищі, забруднюючи його. У загальній кількості знову утворених відходів 69,0 % займали тверді побутові відходи. Рівень використання цих відходів нульовий. Проте, у порівнянні з 2007 р. збільшилось використання відходів: полімерної сировини, склобою, шлаків доменного виробництва, відходів будівельного виробництва, відходів вуглевидобутку і вуглезбагачення, виноградних вичавок, молочнотоварної сироватки. Площа, яку займали відходи у відвалах і на звалищах, склала 322 га. Витрати на зберігання та знищення вторинних ресурсів по області склали 48732,7 тис. грн.

Знищення, захоронення та спалювання вторинних ресурсів, по-перше, призводять до нераціонального використання вторинної сировини, яка може бути повторно залучена у господарський оборот, по-друге, погіршує екологічну ситуацію та загрожує екологічною катастрофою.

Лісове господарство

Підприємствами, які займалися лісогосподарською діяльністю (вирощуванням лісу, проведенням лісозахисних заходів, заготівлею деревини та інших лісових ресурсів), у 2008 р. вироблено продукції лісового господарства у фактичних цінах на суму 36,9 млн. грн., що на 2,1 млн. грн. більше, ніж у 2007 р. Частка продукції лісозаготівель у загальних обсягах продукції лісового господарства становила 44,6 % (табл. 6).

Лісогосподарськими підприємствами були проведені рубки та очистка лісу від захащеності на площі 5,1 тис. га (у 2007 р. — 5,7 тис. га), що на 10,5 % менше. Площа рубок головного користування склала 38 га, або 0,7 % від загальної площі рубок та очистки лісу від захащеності (порівняно з 2007 р. ця площа зменшилась на 6 га, або на 13,6 %). Від усіх видів рубок та очистки лісу від захащеності загалом по області заготовлено 123,2 тис. $м^3$ деревини, що на 11,4 % менше, ніж у 2007 р., у т. ч. від рубок головного користування — 7,9 тис. $м^3$ та від рубок, пов'язаних з веденням лісового господарства — 115,3 тис. $м^3$ деревини. У загальних обсягах заготовленої деревини ліквідна деревина склала 88,2 % (108,7 тис. $м^3$), з якої 7,0 тис. $м^3$ або 6,4 %, отримано від рубок головного користування.

Лісогосподарські підприємства у 2008 р. займалися також заготівлею продукції побічного лісового користування та лісових матеріалів: деревної зелені (6,5 т), новорічних ялинок (11,7 тис. шт.), сіна (35,5 т). Основним завданням лісогосподарської діяльності є відновлення лісів і лісових ресурсів, забезпечення розширеного відтворення і підвищення продуктивності лісових земель.

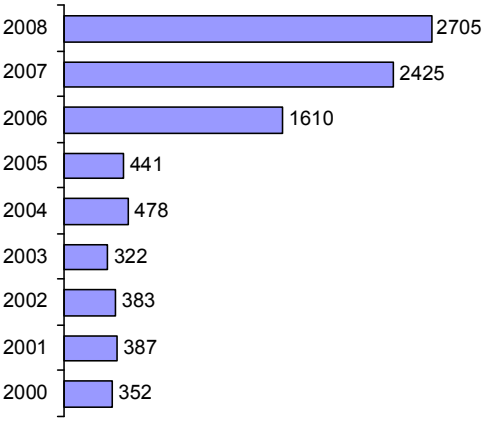


Рис. 5. Динаміка лісовідновлення в лісовому фонді, га

Протягом 2008 р. у вкриті лісовою рослинністю землі в лісовому фонді переведено 290 га лісових культур та ділянок з природним поновленням, що на 20,1 % менше, ніж у 2007 р. Відтворення лісів проведено на 2705 га земель лісового фонду, що на 11,5 % більше, ніж у 2007 р., з них 2498 га — посадка і посів лісу, 207 га — природне поновлення.

Екологічний стан лісу та якість деревини залежать від наявності у лісі залишків невивезеної деревини та неочищених площ лісосік. Станом на 1 травня 2008 р. залишок невивезеної деревини на лісосіках склав 18,6 тис. м^3, що на 12,7 % менше, ніж у 2007 р. У результаті порушень лісового законодавства (112 випадків), якими завдано шкоди на 760,1 тис. грн., було знищено та пошкоджено 484 м^3 деревини, що у 4,5 рази більше, ніж у 2007 р. У 2008 р. у лісовому фонді зафіксовано 44 випадки лісових пожеж, що на 39 випадків (у 1,9 рази) менше, ніж у 2007 р. Площа лісу, пройдена пожежами, в цілому по області порівняно з попереднім роком зменшилась у 4,0 рази і склала 40 га, а заподіяні ними збитки склали 20,0 тис. грн. Під час пожеж згоріло та пошкоджено 69 м^3 лісу на пні та заготовленої лісової продукції (у 2007 р. — 2042 м^3), загальною вартістю 7,1 тис. грн., що становить 35,6 % від загальної суми збитків. Частка лісових земель, що зазнали низових пожеж, склала 97,5 %, або 39 га, верхових — 2,5 %, або 1 га.

На ліси впливає низка абіотичних і антропогенних чинників під дією яких зменшується приріст деревини, відбувається часткова або повна втрата крон, всихання окремих дерев і насаджень. Впродовж 2008 р. від несприятливих погодних умов, хвороб лісу та лісових пожеж загинуло 267 га лісових насаджень, що у 7 разів менше 2007 р. (на 1680 га). В лісах виникло осередків шкідників і хвороб лісу на площі 2613 га, з неї 89,6 % припадає на осередки листогризучих шкідників. Виконання лісозахисних заходів по знищенню осередків шкідників та хвороб лісу проведено на площі 2,2 тис. га проти 4,9 тис. га у 2007 р. Робота по захисту лісів від шкідників на площі 1,5 тис. га проводилась хімічним методом. Після проведення лісозахисних заходів на кінець 2008 р. залишилося 3,8 тис. га пошкодженого шкідниками та хворобами лісу, що становить 1,7 % від площі лісового фонду, проти 3,4 тис. га у 2007 р. 16,0 % площі лісу, ураженої шкідниками та хворобами (0,6 тис. га), потребує негайних заходів боротьби.

Мисливське та заповідне господарство

Для диких тварин, які перебувають у стані природної волі, ліс є основним помешканням, що обумовлює необхідність комплексного підходу до вирішення проблем забезпечення стійкості лісових біоценозів та підвищення ефективності мисливства.

У 2008 р. мисливський фонд області налічував 3 види копитних тварин (4,2 тис. голів), 13 — хутрових звірів (94,0 тис. шт.),

9 — пернатої дичини (351,9 тис. шт.). Зокрема, в мисливських угіддях області мешкало козуль 2514 голів, 1606 кабанів, 73 олені, 77,7 тис. зайців, 12,1 тис. ондатр, 2,4 тис. лисиць, 326 куниць, 387 борсуків, 466 єнотовидних собак, 171 вовк, 90 диких кроликів, 104 білки, 82,9 тис. сірих куріпок, 70,8 тис. качок, 54,7 тис. куликів, 59,7 тис. лисок, 27,0 тис. голубів, 26,3 тис. фазанів, 20,1 тис. гусей, 7,2 тис. перепілок, 3,2 тис. лебедів. Окремі з мешканців мисливських угідь (борсуки, видри, коти лісові) занесені до Червоної книги України.

Право ведення мисливського господарства з загальною площею угідь 2416,9 тис. га надано 39 господарствам області (табл. 7). В якості мисливських угідь використовується 72,6 % земельного фонду області. Основними користувачами мисливських угідь є підприємства, підпорядковані Українському товариству мисливців та рибалок, які використовують 77,2 % площі мисливських угідь, інші громадські організації (21,8 %), та Держкомлісгоспу (1,0 %). Загальні витрати на ведення мисливського господарства у 2008 р. порівняно з 2007 р. збільшились на 1191,1 тис. грн. і склали 2923,3 тис. грн. На охорону, відтворення, облік диких тварин та впорядкування мисливських угідь витрачено 35,3 % усіх коштів (1033,1 тис. грн.), з яких 50,3 % — витрати на відтворення мисливських тварин та біотехнічні заходи. В середньому по області у розрахунку на 1000 га мисливських угідь на охорону диких тварин витрачено — 160 грн., що на 79 грн. більше, ніж у 2007 р. а на відтворення мисливських тварин (включаючи біотехнічні заходи) — 215 грн., що на 31 більше, ніж у 2007 р.

Від ведення мисливського господарства з 1000 га угідь отримано продукції на 555 грн. (у 2007 р. — 370 грн.). Загальні надходження від ведення мисливського господарства зросли з 897,4 тис. грн. у 2007 р. до 1340,3 тис. грн. у 2008 р.

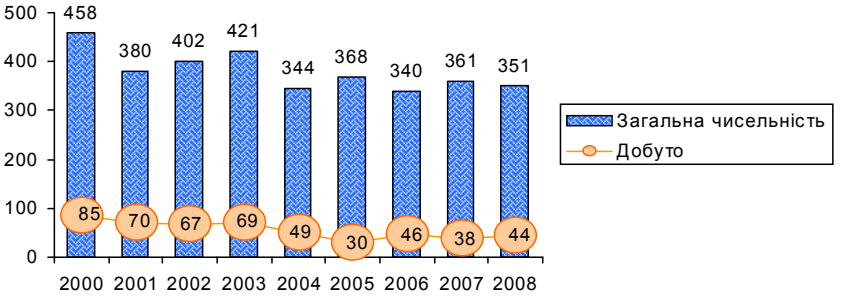


Рис. 6. Динаміка чисельності пернатої дичини, тис. голів

Окупність ведення мисливського господарства зменшилася на 6 в.п. та становить 46,0 %.

Частка добутих копитних тварин у загальній кількості, тих які мешкають у мисливських угіддях, була на рівні 2,7 % (допустимий норматив добування становить до 10 %), хутрових звірів 14,3 % (до 50 %), пернатої дичини 12,5 % (до 50 %). Недостатня підгодівля мисливських тварин та їх охорона протягом року сприяла скороченню поголів'я хутрових звірів на 1,4 % і склала 94,0 тис. голів. Впродовж 2008 р. розселено 10 голів копитних тварин (у 2007 р. — 30 гол.), 52 голови — хутрових звірів (у 2007 р. — 63 гол.) та 300 голів пернатої дичини (у 2007 р. — 475 гол.). Для збільшення чисельності та видового складу мешканців тваринного світу в області функціонував 1 розплідник по штучному розведенню копитних тварин, в якому утримувалось 10 голів кабанів (10 голів у 2007 р.) та 1 розплідник по штучному розведенню пернатої дичини, в якому утримувалось 95 голів пернатої дичини.

На підтримання та вивчення природного розвитку основних екологічних процесів, збереження унікальних та типових екологічних систем, різноманіття генетичних ресурсів біосфери в області спрямована діяльністю Дунайського біосферного заповідника. Його площа склала 49,7 тис. га, з них у постійному користуванні природно-заповідного фонду знаходяться 47,1 % (23,4 тис. га) земель. На утримання біосферного заповідника у 2008 р. витрачено 1623,4 тис. грн., що на 25,6 % більше ніж у 2007 р. Із Державного бюджету обсяги цих витрат склали 1236,7 тис. грн. На кінець року в Дунайському біосферному заповіднику працювало 51 особа, з них 15 наукових співробітників, 16 осіб служби охорони. На території заповідника налічується значна кількість видів рослин і тварин, рослинних угрупувань, що перебувають під загрозою зникнення. Це 18 видів рослин та 104 види тварин, занесених до Червоної книги України, а також 15 рослинних угрупувань, занесених до Зеленої книги України, з яких 2 — степових, 3 — болотних, 10 — водних.

З метою збереження, відтворення та раціонального використання типових та унікальних природних комплексів пониззя річки Дністра, що мають важливе природоохоронне, наукове, естетичне, рекреаційне та оздоровче значення, відповідно до статті 53 Закону України «Про природно-заповідний фонд України», у 2008 р. було створено Нижньодністровський національний природний парк, загальною площею 21,3 тис. га.

Економічний механізм природокористування

Стимулювання забруднювача до скорочення рівнів негативного впливу на довкілля належить до важливих функцій економічного механізму природокористування, і зокрема, зборів за забруднення.

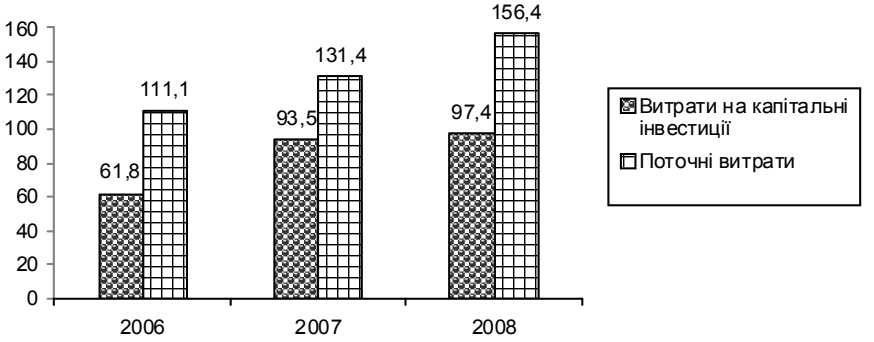
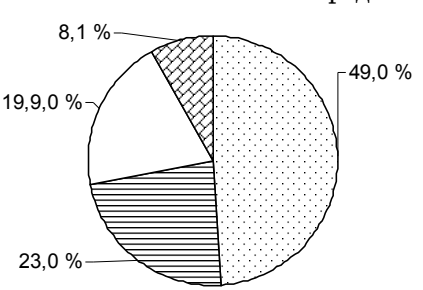


Рис. 7. Витрати на охорону навколишнього природного середовища, млн. грн.



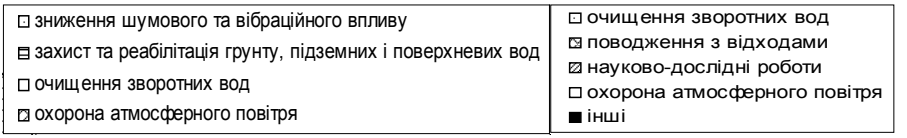


Рис. 8. Структура капітальних інвестицій, % до загального обсягу

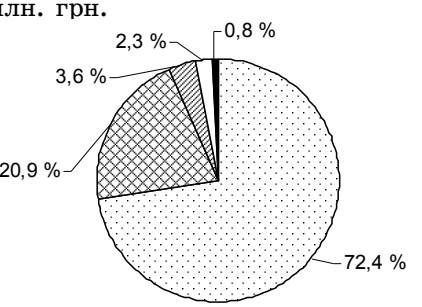


Рис. 9. Структура поточних витрат, % до загального обсягу

Протягом 2008 р. на охорону навколишнього середовища було витрачено 253,8 млн. грн., з яких 62 % (156,5 млн. грн.) — поточні витрати на охорону природи, пов'язані з експлуатацією і обслуговуванням засобів природоохоронного призначення, 24 % (61,9 млн. грн.) — інвестиції в основний капітал, направлені на будівництво і реконструкцію природоохоронних об'єктів, придбання

обладнання для реалізації заходів екологічного спрямування та 14 % (35,4 млн. грн.) — витрати на капітальний ремонт природоохоронного обладнання. Основним джерелом фінансування інвестицій в природоохоронні об'єкти у 2008 р. є кошти державного і місцевого бюджетів складають 75 % усіх інвестицій, власні кошти підприємств та організацій, становили — 14 %, інші джерела фінансування — 11 %. Природоохоронні заходи здійснювалися підприємствами, організаціями та установами області, як і раніше, за рахунок власних коштів, які становили майже 100 % від загальної суми поточних витрат. Найбільше коштів на охорону навколишнього природного середовища у 2008 р. витрачено у сферах виробництва та розподілення електроенергії, газу та води (84,9 млн. грн., або 33,5 % до загальних обсягів по області), державного управління (71,2 млн. грн., або 28,1 %), переробної промисловості (47,0 млн. грн., або 18,5 %), діяльності транспорту та зв'язку (35,8 млн. грн., або 14,1 %).

Протягом 2008 р. підприємствам, організаціям, установам області за забруднення навколишнього природного середовища пред'явлено екологічних зборів на загальну суму 9068,2 тис. грн., з них 72,5 % (6574,9 тис. грн.) — це збори за викиди в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел, 20,6 % (1870,9 тис. грн.) — збори за скиди у водойми, 6,9 % (622,4 тис. грн.) — збори за розміщення відходів (табл. 8). Крім того, штрафи за адміністративні правопорушення в галузі охорони природи, використання природних ресурсів склали 103,6 тис. грн., позови (претензії) про відшкодування збитків і втрат, заподіяних в результаті порушення законодавства про охорону навколишнього природного середовища — 108,6 тис. грн.

Основними платниками зборів за забруднення довкілля були підприємства транспорту та зв'язку (пред'явлено зборів на суму 2611,5 тис. грн., з яких сплачено 98,8 %), підприємства переробної промисловості (пред'явлено зборів на суму 2330,2 тис. грн., з яких сплачено 97,3 %), підприємства, які виробляють та розподіляють електроенергію, газ та воду (пред'явлено зборів на суму 2822,4 тис. грн., з яких сплачено 102,2 %), сільського господарства, мисливства та лісового господарства (відповідно 420,0 та 89,9 %). Підприємствами, організаціями, установами області фактично сплачено протягом 2008 р. 8982,8 тис. грн. екологічних зборів з урахуванням погашення заборгованості за попередні роки, або 99,1 % до загальної суми пред'явлених зборів.

Сплачено 100 та понад відсотків коштів, які були нараховані підприємствам за забруднення навколишнього природного середо-

вища у звітному році та в рахунок погашення заборгованості попередніх років, у 8 районах області, містах Одесі, Білгороді-Дністровському, Ізмаїлі, Котовську та Теплодарі. Серед районів області найнижчою була частка сплати пред'явлених зборів за забруднення довкілля у Татарбунарському (22,0 %) та Савранському (74,0 %) районах. В цілому по області протягом 2008 р. сплачено 124,2 тис. грн. штрафів (119,9 % від пред'явлених) і 39,5 тис. грн. позовів про відшкодування збитків і втрат (36,4 % від пред'явлених), накладених за порушення природоохоронного законодавства.

Виконання програми розвитку області

Протягом 2008 р. для стабілізації екологічної ситуації в регіоні здійснювалася реалізація практичних природоохоронних дій, які були направлені на недопущення активізації процесу підтоплення населених пунктів області.

Для поліпшення водопостачання населення в області реалізується «Державна програма пошуку питних підземних вод та буріння розвідувально-експлуатаційних свердловин на воду в Одеській області...». У 2008 р. за рахунок державного бюджету пробурено 6 артезіанських свердловин на суму 951,3 тис. грн. у селах Котловина Ренійського, Перехрестове Фрунзівського, Бузинове Іванівського, Вознесенка Перша Арцизького, Петровське Біляївського районів та в м. Роздільна.

Все більш актуальною проблемою в області є очистка стічних вод у зв'язку з тим, що в більшості випадків стічні води після каналізаційних очисних споруд потрапляють у водні об'єкти. З метою ліквідації таких випадків протягом 2008 року продовжувалось виконання завдань з будівництва та реконструкції каналізаційних очисних споруд у районах області. За рахунок коштів обласного фонду охорони навколишнього природного середовища на реконструкцію, будівництво, розробку проектно-кошторисної документації каналізаційних очисних споруд в обсязі виділено 5217,2 тис. грн. За рахунок власних коштів підприємств: ТОВ «Інфокс» філією «Інфоксводоканал» здійснено будівництво першої черги господарської побутової каналізації Південного району м. Одеса на суму 688,36 тис. грн., ВАТ «Одеський припортовий завод» проведено капітальний ремонт систем водовідведення — 5362,0 тис. грн.

За даними Одеського обласного виробничого управління по водному господарству продовжується будівництво групових локальних систем водопостачання, зокрема Кілійського та Татарбунарського

водопроводів. За рахунок державного бюджету у 2008 р. виконано робіт по Татарбунарському груповому водопроводу на 9,5 млн. грн., Кілійському груповому водопроводу на 8,4 млн. грн. Це дало змогу забезпечити водою села Струмок, Спаське Татарбунарського району та села Марія, Трудове Кілійського району.

На виконання заходів Загальнодержавної програми охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів (закон України від 22. 03. 2001 № 2333-III) за рахунок субвенції Білгород-Дністровській райдержадміністрації з загального фонду обласного бюджету профінансовано розробку ТЕО «Берегоукріплюючі заходи в с. Шабо Білгород-Дністровського району» Одеської області (446,1 тис. грн.). З метою здійснення природоохоронних заходів і поліпшення стану довкілля регіону продовжується виконання заходів, які передбачені у цільових програмах екологічного спрямування, а саме: «Програма формування національної екологічної мережі в Одеській області на 2005-2015 рр.», «Регіональна програми моніторингу довкілля Одеської області на 2006-2010 рр.», «Програма комплексного розвитку Українського Придунав'я на 2004-2010 рр.» та «Загальнодержавна програма охорони та відтворення довкілля Азовського і Чорного морів» з обсягом фінансування 1,8 млн. грн. обласного природоохоронного фонду.

Висновки та пропозиції

Охорона навколишнього природного середовища — складова частина раціонального природокористування. Вирішенню проблем збереження сприятливого стану довкілля та раціонального використання природних ресурсів в області приділяється велика увага. Проте рівень техногенного навантаження на природне середовище в області залишається досить високим. Важке економічне становище промислових підприємств обмежує можливості впровадження технологій, спрямованих на використання вторинних ресурсів. На сьогоднішній день в Одесі працюють декілька організацій, що займаються прийомом і переробкою вторинної сировини та відходів виробництва. Гори сміття неухильно поглинають корисні площі, забруднюють навколишнє середовище. Неодноразове сполохування сміття, яке вивозилось на звалище, призводить до подальшого погіршення екологічного стану міста та області. Знищення, захоронення та спалювання вторинних ресурсів, по-перше, призводять до нераціонального використання вторинної сировини, яка може бути повторно залучена у господарський оборот, по-друге, погіршує екологічну ситуацію та загрожує екологічною катастрофою.

У зв'язку із складним екологічним станом, несприятливим для життєдіяльності, необхідно:

- забезпечити централізоване теплопостачання міста з ліквідацією маленьких котелень, які працюють на твердому паливі;
- винести за межу міста від берегової лінії екологічно шкідливі виробництва;
- керівникам підприємств необхідно виконати всі природоохоронні заходи, які є в узгоджених проектах граничнодопустимих викидів;
- місцевим органам влади заборонити будівництво нових, а також реконструкцію та нарощування потужних екологічно небезпечних підприємств, не пов'язаних з реконструкцією та морською діяльністю регіону;
- розробити заходи щодо упорядкування руху автомобілів та залізничного транспорту у цілях зниження викидів шкідливих речовин;
- забезпечити автотранспорт міста малосірчистим дизельним паливом, а також, найбільшу увагу приділити громадському електротранспорту;
- здійснити будівництво путєпроводу «Поєздний» та першої черги магістралі місцевого значення «Північ-Південь»;
- регулярно проводити ремонт доріг;
- вести будівництво паркінгів, що дозволить скоротити кількість парковок;
- проводити роботу з переводу міського спеціального транспорту на газове паливо;
- усі приватні автобуси та мікроавтобуси, які здійснюють перевезення пасажирів у центр міста, забезпечити каталізаторами дожигу оксиду вуглецю;
- заборонити обслуговування центру міста автобусами, технічний стан яких не відповідає нормативним вимогам;
- розробити заходи відносно обмеження руху в історичній частині міста;
- пріоритетний розвиток пасажирського транспорту загального користування — на електротязі.

Виконання запропонованих заходів та розробленої програми моніторингу довкілля області на 2006-2011 рр. дозволить зменшити кількість викидів та поліпшити екологічний стан в м. Одесі.

Таблиця 1

Викиди шкідливих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря стаціонарними та пересувними* джерелами забруднення по містах та районах у 2008 році

	Обсяги викидів, т				Крім того, викиди діоксиду вуглецю, тис. т			
	усього	у т.ч. джерелами		у % до 2007 р.	усього	у т.ч. джерелами		у % до 2007 р.
		стаціонарними	пересувними			стаціонарними	пересувними	
Одеська область	**192253,4**	**34435,0**	**157818,4**	**101,6**	**5821,6**	**3582,6**	**2239,0**	**102,0**
м. Одеса	83797,9	17625,2	66172,7	101,8	1926,4	1025,5	900,9	114,0
м. Б.-Дністровський	4181,3	431,1	3750,2	104,9	71,2	20,7	50,5	158,2
м. Ізмаїл	10754,1	1510,2	9243,9	89,8	193,4	2,7	190,7	83,8
м. Іллічівськ	5821,6	522,8	5298,8	85,5	172,8	88,6	84,2	114,7
м. Котовськ	2934,1	694,5	2239,6	101,9	26,5	1,9	24,6	104,3
м. Теплодар	551,5	67,4	484,1	110,7	5,7	–	5,7	111,8
м. Южне	4942,9	2608,1	2334,8	101,2	2032,0	1990,9	41,1	94,2
Райони:								
Ананьївський	3182,2	1497,0	1685,2	99,6	169,1	147,9	21,2	86,4
Арцизький	3352,7	262,8	3089,9	103,8	43,8	–	43,8	100,5
Балтський	3705,9	289,3	3416,6	103,3	54,3	11,5	42,8	98,4
Б.-Дністровський	4252,1	667,5	3584,6	115,9	52,9	3,2	49,7	110,7
Біляївський	5776,9	89,6	5687,3	105,5	76,3	0,6	75,7	101,9
Березівський	3580,2	1334,1	2246,1	90,5	30,9	0,7	30,2	105,8
Болградський	3892,9	18,9	3874,0	108,0	50,3	0,0	50,3	106,8
Великомихайлівський	2058,7	8,8	2049,9	107,6	29,5	–	29,5	109,7
Іванівський	1910,8	28,3	1882,5	99,4	28,3	–	28,3	108,8
Ізмаїльський	2894,1	62,1	2832,0	105,9	35,9	–	35,9	104,4
Кілійський	3535,7	307,7	3228,0	109,1	45,5	2,4	43,1	106,8
Кодимський	2224,5	490,6	1733,9	100,1	22,6	0,4	22,2	107,1
Комінтернівський	4724,9	173,4	4551,5	108,5	72,7	1,3	71,4	108,8
Котовський	1800,6	17,8	1782,8	111,6	25,9	–	25,9	114,6
Красноокнянський	1443,9	23,0	1420,9	107,8	20,5	–	20,5	106,2
Любашівський	2118,8	223,7	1895,1	102,4	26,1	–	26,1	95,6
Миколаївський	1239,6	21,5	1218,1	98,5	17,1	–	17,1	96,1
Овідіопольський	4726,0	330,6	4395,4	99,4	68,8	2,5	66,3	98,7
Роздільнянський	4451,5	1205,8	3245,7	101,8	48,4	7,9	40,5	100,6
Ренійський	4855,7	2678,0	2177,7	109,3	191,8	163,9	27,9	101,0
Савранський	1354,8	4,4	1350,4	107,4	19,1	–	19,1	112,4
Саратський	3052,7	72,2	2980,5	103,8	43,4	–	43,4	100,2
Тарутинський	3794,1	1101,5	2692,6	99,8	147,1	110,0	37,1	87,9
Татарбунарський	2405,7	22,1	2383,6	109,2	31,8	0,0	31,8	107,8
Фрунзівський	1125,5	5,9	1119,6	103,4	15,4	–	15,4	102,7
Ширяївський	1809,5	39,1	1770,4	109,9	26,1	–	26,1	108,8

* Враховані викиди від автомобільного, залізничного, авіаційного, водного транспорту та виробничої техніки.

Таблиця 2

Викиди шкідливих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря стаціонарними та пересувними* джерелами забруднення у 2008 році

	Обсяги викидів, т			
	усього	у т.ч. джерелами		у % до 2007 р.
		стаціонарними	пересувними	
Усього шкідливих речовин	**192253,4**	**34435,0**	**157818,4**	**101,6**
у тому числі: метали та їх сполуки	296,5	296,5	–	118,6
метан	15065,3	14556,7	508,6	94,7
неметанові леткі органічні сполуки	20583,2	2761,8	17821,4	104,2
оксид вуглецю	119518,1	6651,2	112866,9	102,9
діоксид та інші сполуки сірки	3971,8	1901,0	2070,8	107,2
сполуки азоту	26420,7	4374,0	22046,7	96,4
з них: оксид азоту	25541,7	3718,9	21822,8	96,4
речовини у вигляді твердих суспендованих частинок	6370,0	3880,1	2489,9	103,7
інші	27,7	13,7	14,0	80,1
Крім того, діоксид вуглецю, тис. т	5821,6	3582,6	2239,0	102,0

* Враховані викиди від автомобільного, залізничного, авіаційного, водного транспорту та виробничої техніки.

Таблиця 3

Основні показники використання і відведення води, млн. м^3

	1990	2000	2005	2006	2007	2008
Забрано води із природних водних об'єктів-всього	2598	2180	1851	2168	2242	2587
Спожито свіжої води (включаючи морську)	1315	479	330	336	360	320
з неї на: виробничі потреби	256	80	76	74	79	81
побутово-питні потреби	248	213	135	132	131	124
зрошення	713	124	57	61	92	64
сільськогосподарські потреби	98	24	16	14	14	12
Загальне водовідведення	596	320	290	297	280	267
у тому числі: забруднення зворотних вод	134	239	198	183	191	188
з них: без очищення	3	67	53	46	52	44
Втрати води при транспортуванні	227	159	137	162	184	178
Потужність очисних споруд	315	266	278	278	281	293

Таблиця 4

Поводження з відходами I-III класів небезпеки по містах та районах у 2008 році, т

	Фактично утворилось	Утилізовано	Знешкоджено (знищено)	Видалено (захоронено)	Наявність на кінець року у спеціально відведених місцях чи об'єктах та на території підприємств
Одеська область	**7984,4**	**934,5**	**368,0**	**15,6**	**1182,2**
м. Одеса	5371,1	901,7	301,8	13,7	300,3
м. Б.- Дністровський	25,6	1,2	10,1	–	8,5
м. Ізмаїл	741,0	5,3	38,2	–	61,5
м. Іллічівськ	563,6	11,4	1,5	0,3	75,6
м. Котовськ	29,1	0,3	6,4	–	39,4
м. Теплодар	–	–	–	–	–
м. Южне	382,9	0,7	4,4	–	41,1
Райони: Ананьївський	–	–	–	–	1,5
Арцизький	9,7	0,6	–	0,2	1,6
Балтський	14,9	–	–	–	3,4
Б.-Дністровський	19,1	2,2	–	–	25,3
Біляївський	111,6	2,1	–	–	6,8
Березівський	0,8	0,5	–	–	4,2
Болградський	1,7	–	–	–	2,3
Великомихайлівський	20,4	–	–	–	1,0
Іванівський	146,0	–	–	1,4	4,0
Ізмаїльський	3,5	0,4	0,1	–	41,4
Кілійський	25,3	2,9	1,1	–	6,9
Кодимський	0,3	–	–	–	15,5
Комінтернівський	39,0	3,7	0,2	–	33,1
Котовський	1,1	–	0,7	0,0	4,9
Красноокнянський	2,0	–	0,8	–	6,3
Любашівський	–	0,4	–	–	11,9
Миколаївський	–	–	–	–	0,6
Овідіопольський	22,6	0,2	0,3	–	12,8
Роздільнянський	7,4	0,7	0,8	–	0,3
Ренійський	443,3	0,2	1,5	–	220,1
Савранський	–	–	–	–	–
Саратський	–	–	–	–	63,0
Тарутинський	2,4	–	0,1	–	11,5
Татарбунарський	–	–	–	–	–
Фрунзівський	–	–	–	–	175,0
Ширяївський	–	–	–	–	2,4

Таблиця 5

Утворення, використання та знищення вторинної сировини та відходів виробництва підприємствами півдня України у 2008 р., т

	Утворилося	Використано	Знищено	Рівень використання відходів в обсязі знову утвореної, %	Частка знищеної вторинної сировини в обсязі знову утвореної, %
Україна	**278252520**	**121066777**	**21417348**	**43,5**	**7,7**
Одеська обл.	839231	334402	779675	39,8	92,9
Херсонська обл.	232941	58795	122433	25,2	52,6
Миколаївська обл.	2013815	267133	262930	13,3	13,1
АР Крим	917913	377964	691685	41,2	75,4

Таблиця 6

Обсяги продукції лісового господарства та заготівлі деревини

	2008 р.	% до 2007 р.
Обсяг продукції (робіт, послуг), тис. грн.	36920,1	106,0
Заготівля ліквідної деревини — всього, тис. $м^3$	100,5	80,7
у т.ч.: лісоматеріалів круглих	7,2	87,8
деревини дров'яної для технологічних потреб	43,7	61,4
дров для опалення	48,7	108,9

Таблиця 7

Окремі показники ведення мисливського господарства у 2008 р.

	Площа, тис. га	Загальні витрати, тис. грн.	Надходження, тис. грн.	Вихід продукції на 1000 га, грн.	Площа, яка припадає на 1 єгеря, тис. га
Одеська область	**2416,9**	**2923,4**	**1340,3**	**555**	**14,1**
Держкомлісгоп	25,3	77,6	20,1	794	5,1
Українське товариство мисливців та рибалок	1865,2	1768,2	489,8	263	16,2
Інші міністерства та організації	526,4	1077,5	830,3	1577	10,3

Таблиця 8

Витрати на охорону навколишнього природного середовища та екологічні збори по містах та районах у 2008 році, тис. грн.

	Екологічні збори		Капітальні інвестиції	Поточні витрати
	пред'явлені до сплати	сплачені		
Одеська область	**9068,2**	**8982,8**	**97356,0**	**156435,9**
м. Одеса	6120,5	6192,9	92394,4	106823,1
м. Б.- Дністровський	216,1	224,7	525,8	1051,9
м. Ізмаїл	278,6	298,2	320,7	5911,3
м. Іллічівськ	444,7	361,3	1289,0	7266,4
м. Котовськ	141,0	142,2	56,2	3767,9
м. Теплодар	5,2	5,3	–	–
м. Южне	730,4	724,5	2734,9	28583,6
Райони:				
Ананьївський	6,6	6,6	–	–
Арцизький	33,0	29,8	–	–
Балтський	87,7	88,1	–	904,0
Б.-Дністровський	103,2	73,0	35,0	–
Біляївський	39,7	39,7	–	2,6
Березівський	6,3	5,7	–	–
Болградський	38,1	32,9	–	–
Великомихайлівський	51,6	45,8	–	–
Іванівський	11,2	9,7	–	–
Ізмаїльський	29,6	27,1	–	–
Кілійський	104,9	95,5	–	66,2
Кодимський	58,0	48,9	–	–
Комінтернівський	126,2	121,7	–	165,4
Котовський	3,4	3,3	–	13,4
Красноокнянський	27,6	25,1	–	–
Любашівський	2,8	2,8	–	–
Миколаївський	9,8	9,8	–	–
Овідіопольський	57,5	54,4	–	7,5
Роздільнянський	117,3	111,2	–	–
Ренійський	118,4	116,9	–	1872,6
Савранський	5,5	4,1	–	–
Саратський	24,0	24,2	–	–
Тарутинський	48,1	45,9	–	–
Татарбунарський	12,2	2,6	–	–
Фрунзівський	3,2	3,2	–	–
Ширяївський	5,8	5,7	–	–

В. Н. Большаков
В. Н. Сытов

ПРОЗРАЧНОСТЬ АТМОСФЕРЫ НАД ОДЕССОЙ

В Одесском филиале института биологии южных морей (ОФ ИнБЮМ) разработана программа для расчета потоков солнечной энергии на подводные поверхности различной ориентации, с целью в дальнейшем найти связи между этими потоками и процессами обрастания поверхностей гидробиологическими объектами. Несмотря на правдоподобные, физически обоснованные результаты всегда остается желание сравнить расчетные данные с данными прямых измерений в природе. В нашем случае наборы данных, которые можно сравнить между собой — это расчетные и измеренные потоки суммарной радиации, приходящие на надводную горизонтальную поверхность.

Вопрос о коэффициенте прозрачности атмосферы возникает при учете ослабления потоков солнечной энергии в атмосфере за счет рассеяния и поглощения. Самый простой способ учета ослабления интегрального по всем длинам волн в видимом диапазоне светового потока S — это представление его в виде:

$$S = S_0 P^m , \qquad (1)$$

где S_0 — солнечная постоянная; P — коэффициент прозрачности атмосферы; m — масса атмосферы, пронизываемая солнечными лучами [1].

При Солнце в зените толща атмосферы, через которую проходят солнечные лучи минимальна. Она принимается за единичную — $m = 1$. При этом коэффициент прозрачности равен $P = S / S_0$, и его физический смысл становится очевидным: он показывает, какая часть солнечной энергии, приходящей на верхнюю границу атмосферы, доходит до поверхности Земли при Солнце, находящемся в зените.

Коэффициент прозрачности атмосферы меняется в пределах от 0,55 во влажном экваториальном воздухе до 0,95 в воздухе центральных районов Антарктиды, а при средней замутненности атмосферы он равен 0,8 [1; 2]. Именно такое значение коэффициента прозрачности было заложено в расчеты первоначально.

Показатель степени в (1) зависит от пронизываемой солнечными лучами массы атмосферы, а она, в свою очередь, — от высоты Солнца. Расчеты воздушной массы для различных зенитных расстояний Солнца z были выполнены Бемпорадом [2]. Один из наиболее употребительных полиномов, используемый для этой же цели имеет вид:

$$m(z) = \sec z - 0{,}0018167(\sec z - 1) - 0{,}002875(\sec z - 1)^2 - 0{,}0008083(\sec z - 1)^3 \quad (2)$$

Результаты расчета по (2) представлены в средней строке нижеследующей таблицы, а коэффициент пропускания в нижней строке показывает какая часть солнечной энергии, приходящей на верхнюю границу атмосферы, достигает поверхности Земли.

Таблица 1

Коэффициенты пропускания атмосферы при коэффициенте ее прозрачности 0,8 и в зависимости от числа единичных масс воздуха, пронизываемых лучами при разных высотах Солнца

Высота Солнца	0°	5°	10°	15°	20°	30°	40°	50°	60°	66°
Число единичных масс атмосферы	31,40	11,40	5,77	3,87	2,93	2,00	1,56	1,30	1,15	1,09
$K_{\text{проп.}}$	0,00	0,08	0,28	0,42	0,52	0,64	0,71	0,75	0,77	0,78

Из табл. 1 видно, что до поверхности земли в полдень дня зимнего солнцестояния, когда высота Солнца достигает только 20°, доходит лишь около половины от величины солнечной постоянной, а в полдень дня летнего солнцестояния, при высоте Солнца около 66° — 0,78, что очень близко к возможному максимуму при выбранной прозрачности атмосферы.

Даже при полном отсутствии облачности часть солнечной радиации (до 15 %) поступает к земной поверхности в виде рассеянной радиации от всего видимого небесного свода [1]. Любая облачность, во-первых, ослабляет приток радиации, а, во-вторых, увеличивает долю рассеянной. Метод учета влияния облачности на суммарную (прямая плюс рассеянная) выбирался из двух методов, предложенных Главной Геофизической обсерваторией [3; 4], разработанных на основе почти 24 тысяч параллельных наблюдений облачности и измерений суммарной радиации. Метод [3] был нами отклонен по той причине, что в нем используется только общее количество облаков без всякой дифференциации. Из такого подхода следует, что 10-бальная слоисто-дождевая облачность оказывает на суммарную радиации такое же влияние, как например, 10-бальная перисто-слоистая. В методе [4] к недостатку можно отнести учет высоты Солнца только в виде ее максимального значения в полдень дня наблюдений, но зато его несомненное преимущество заключается в раздельном учете общей облачности и особенно важной облачности нижнего яруса.

Использование единственного за день максимального значения высоты Солнца в значительной мере могло быть оправдано, если бы выполнялись две гипотезы. Первая: основная часть солнечной энергии приходит к земной поверхности в относительно узком диапазоне околополуденных часов. Вторая: облачность, в среднем, в течение дня меняется мало.

Для проверки первой гипотезы были рассчитаны суточные потоки энергии, с учетом их ослабления за счет длины пути в слое воздуха, на горизонтальную земную поверхность в характерные дни года — солнцестояний и равноденствий. Оказалось, что 50 % этой энергии приходит за четверть (точнее за 26,7-28,5 %) продолжительности дня от восхода до заката Солнца (табл. 2).

Таблица 2

Минимальная, симметричная относительно полудня часть дня, в течение которой на горизонтальную поверхность земли поступает 50 % дневного количества солнечной энергии

Дата	Продолжительность		
	дня	минимального отрезка	
	минуты	минуты	проценты
21 июня — летнее солнцестояние	935	250	26,7
22 декабря — зимнее солнцестояние	501	138	27,5
21 марта, 23 сентября — равноденствие	715	204	28,5

Для проверки второй гипотезы использованы данные сайта [5] за весь 2008 год. Отдельно для общей и отдельно для нижней облачности по четырем дневным срокам каждых суток были вычислены коэффициенты осцилляции: отношения максимальной разницы баллов к их среднему значению. В данном случае значения этих коэффициентов находились в диапазоне от 0 (когда количество облачности во все сроки не менялось) до 4 (когда облачность в три срока наблюдений отсутствовала и отмечалась только в один срок, причем в любом количестве). Затем 365 значений коэффициенты распределялись по 40 градациям, величиной 0,1. После небольшого скользящего сглаживания по трем значениям оказалось, что медиана распределения для общей облачности лежит в четвертой градации, а для нижней — в пятой градации из сорока. К тому же из 365 дней года в 111 для общей облачности и в 85 для нижней количество облачности в течение дня совершенно не менялось. Таким образом, по нашему мнению первая гипотеза оправдалась вполне удовлетворительно, а вторая очень хорошо.

Измеренные данные за январь и февраль 2008 г. в архиве обсерватории отсутствовали. Сходство рядов рассчитанных и измеренных суточных значений суммарной радиации за остальные 10 месяцев очень хорошее. Коэффициент корреляции между ними равен 0,926. Полиномиальные третьей степени тренды обоих рядов (рис. 1) неразличимы. Среднесуточные значения рассчитанных и измеренных рядов различаются очень мало: 8,11 и 8,26 МДж·м$^{-2}$·сут., соответственно. Единственное заметное на рисунке различие заключается в том, что локальные максимумы выше, а локальные минимумы ниже в рядах измеренных значений по сравнению с расчетными. Это естественно отражается и в стандартных отклонениях: 8,9 и 8,5 МДж·м$^{-2}$·сут.

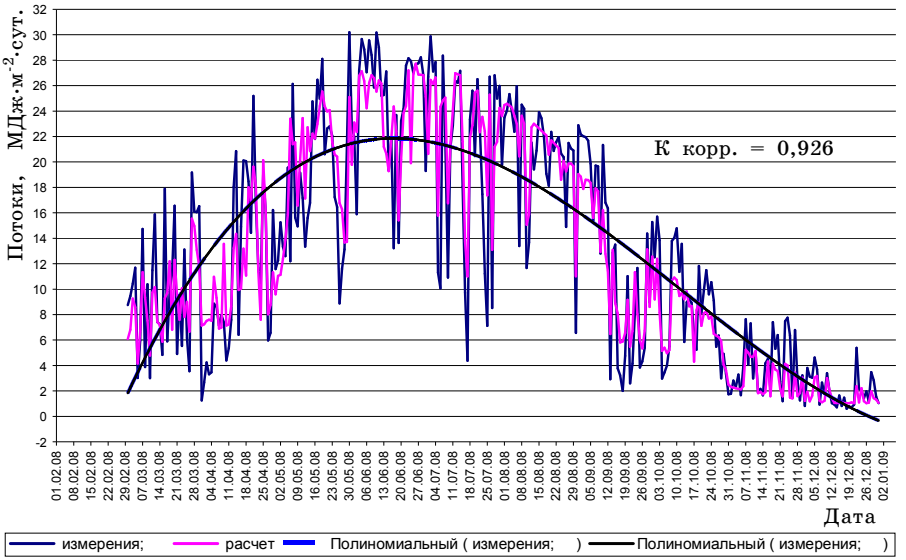


Рис. 1. Рассчитанные и измеренные ежесуточные значения суммарной радиации в марте-декабре 2008 г.

Результат суммирования суточных значений по месяцам представлен на рис. 2. Верхняя кривая представляет собой расчетные месячные потоки солнечной радиации на горизонтальную поверхность земли при безоблачном небе, а средняя тоже расчетные потоки, но с учетом реальной облачности по Егорову [4]. Та и другая кривые рассчитаны при коэффициенте прозрачности атмосферы 0,8. Ослабление потоков за счет облачности составило 42-54 % в зимние

месяцы и 6-17 % в летние. На фоне гладкой кривой для безоблачного неба резко выделяются два аномальных по облачности месяца: апрель и август. В апреле за счет большой положительной аномалии облачности ослабление потока суммарной радиации было процентов на 10 больше нормального, а в августе за счет практически безоблачной погоды — на столько же меньше.

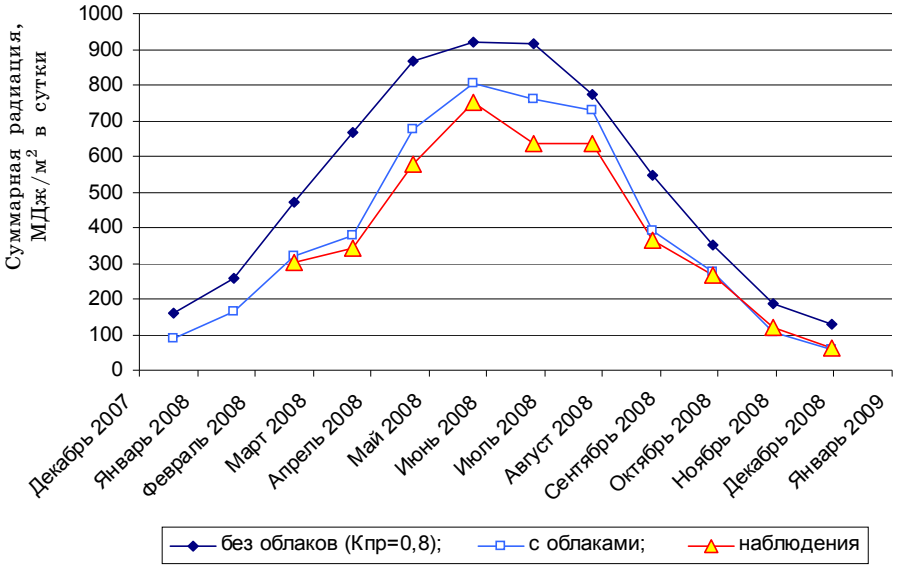


Рис. 2. Расчетные месячные значения суммарной радиации: при безоблачном небе; при реальной облачности 2008 года и при коэффициенте прозрачности атмосферы 0,8; а также измеренные за 10 месяцев того же года

Кривая измеренных месячных потоков повторяет общий ход, включая аномалии, расчетной, но лежит ниже нее. Это различие может быть устранено или, по крайней мере, уменьшено за счет уменьшения прозрачности атмосферы. Наилучшее совпадение расчетной и измеренной кривой достигается при коэффициенте прозрачности 0,75 (рис. 3). В этом случае коэффициент корреляции по 10 парам рассчитанных и измеренных месячных потоков достигает 0,996.

Таким образом, решение первоначально поставленной задачи сравнить расчетные потоки суммарной радиации с измеренными, привело к определению фактического параметра атмосферы в районе Одессы.

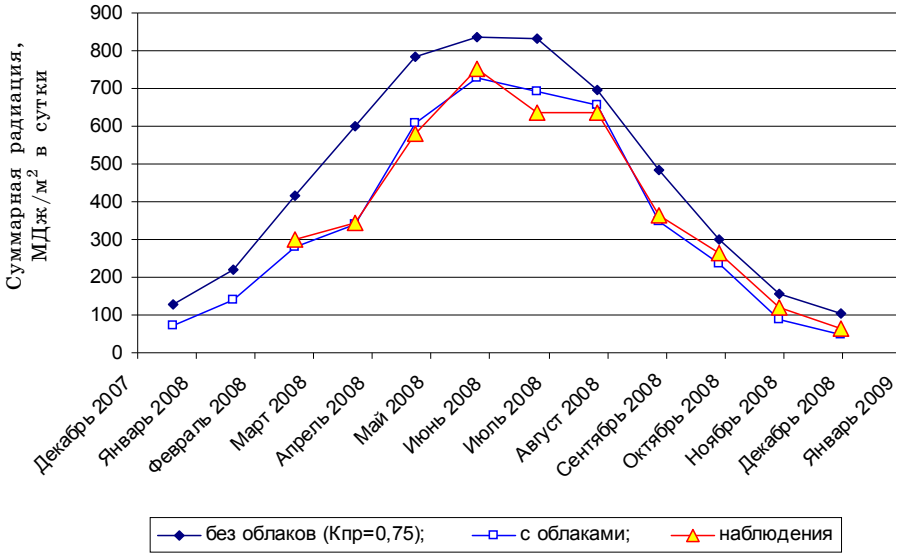


Рис. 3. Расчетные месячные значения суммарной радиации: при безоблачном небе; при реальной облачности 2008 года и при коэффициенте прозрачности атмосферы 0,75; а также измеренные за 10 месяцев того же года

Литература

1. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология. 4-е изд. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. — 455 с.
2. Зверева С. В. В мире солнечного света. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988. — 160 с.
3. Гирдюк Г. В., Егоров Б. Н., Кириллова Т. В., Несина Л. В. Влияние облачности на суммарную радиацию, поступающую на поверхность океана // Тр. ГГО. — 1973. — Вып. 297. — С. 109-117.
4. Егоров Б. Н. Учет влияния облачности различных ярусов на суммарную радиацию, приходящую к поверхности океана // Тр. ГГО. — 1973. — Вып. 297. — С. 118-123.
5. http://rp5. ru/archive. php
6. Проект «Моря СССР» // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР / Отв. ред. Ф. С. Терзиев. — С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1991. — Вып. 1 (Гидрометеорологические условия). — Т. IV (Черное море). — 430 с.
7. Шулейкин В. В. Физика моря. — М.: Наука, 1968. — 1083 с.

А. В. Чугай

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. ОДЕССЫ

Введение. Атмосферный воздух — важнейший природный ресурс, от качественного состояния которого, в значительной мере, зависит здоровье человека. Наличие промышленных и автотранспортных источников обусловлено значительной нагрузкой на воздушный бассейн большого города, одним из которых и является Одесса. С одной стороны, Одесса является большим портовым, промышленным городом Украины, а с другой — одним из курортно-туристических центров Украины. Первое формирует высокую техногенную нагрузку на воздушный бассейн, а второе — высокие требования к качеству состояния атмосферного воздуха.

Целью данной работы являлась оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Одессы за период 2006-2007 гг.

Материалы и методы исследования. Для оценки и анализа состояния загрязнения атмосферы применяются ряд показателей, которые позволяют оценить уровень загрязнения отдельной примесью или выполнить оценку фонового уровня загрязнения атмосферы [1; 2]. Согласно [3], для оценки и анализа состояния загрязнения воздушного бассейна также можно использовать и ряд других показателей, в частности показатель предельно допустимого загрязнения (*ПДЗ*).

Показатель предельно допустимого загрязнения атмосферного воздуха — относительный интегральный критерий оценки загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов, который характеризует интенсивность и характер совместного действия всей совокупности присутствующих в нем вредных примесей. *ПДЗ* рассчитывается для каждого случая на основе определенных экспериментально и утвержденных в установленном порядке коэффициентов комбинированного действия (*Ккд*). *Ккд* отображает характер совместного биологического действия одновременно присутствующих в атмосферном воздухе загрязняющих веществ (суммация, усиление, ослабление или независимое действие). Его цифровое значение устанавливается экспериментальным (или расчетным) путем и выражается в долях от индивидуальных *ПДК* загрязняющих веществ. *ПДЗ* рассчитывается по формуле:

$$ПДЗ = Ккд \cdot 100\ \% \qquad (1)$$

В случаях, когда значение *Ккд* отсутствуют, их определение проводится по формуле:

$$Ккд = \sqrt{n}\,, \qquad (2)$$

где n — число веществ, присутствующих в воздушной среде, для которых официально не установлен характер комбинированного действия.

В случаях, когда присутствующие в атмосферном воздухе загрязняющие вещества представляют собой сложную смесь с установленными и не установленными коэффициентами комбинированного действия, для расчета *ПДЗ* значение *Ккд* этой смеси определяется по формуле:

$$Ккд_{сс} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Ккд_{12} + Ккд_{22} + \ldots + Ккд_{n2}) + n + Кт}\,, \qquad (3)$$

где $Ккд_{сс}$ — коэффициент комбинированного действия сложной смеси; *Ккд* — коэффициенты комбинированного действия совместно присутствующих веществ, *1, 2, 3,... n*; *n* — число веществ в смеси, значение *Ккд* которых отсутствуют в официальных списках; *Кт* — числовое значение коэффициента для веществ с независимым характером комбинированного действия.

В случае присутствия в воздухе одной примеси показатель $ПДЗ = 100\ \%$.

Оценка фактического или прогнозного (расчетного) уровня загрязнения атмосферного воздуха проводится путем сопоставления показателя загрязнения (*ПЗ*) одним веществом или суммарного показателя загрязнения ($\sum ПЗ$) смесью веществ с показателем *ПДЗ*. Допустимым признается уровень, который не превышает *ПДЗ*.

Показатель фактического или прогнозного загрязнения атмосферного воздуха одним веществом рассчитывается по формуле:

$$ПЗ = \frac{C}{ПДК} \cdot 100\ \% \qquad (4)$$

Суммарный показатель загрязнения ($\sum ПЗ$) смесью веществ рассчитывается по формуле:

$$\sum ПЗ = \sum_{i=1}^{m}\left(\frac{C_1}{ГДК_1 \cdot K_1} + \frac{C_2}{ГДК_2 \cdot K_2} + \ldots + \frac{C_n}{ГДК_n \cdot K_n}\right) \cdot 100\ \%\,, \qquad (5)$$

где $K_1, K_2, \ldots K_n$ — значение коэффициентов, которые учитывают класс опасности соответствующего вещества: для веществ 1-го класса — 0,8; 2-го класса — 0,9; 3-го класса — 1,0; 4-го класса — 1,1.

В случае отсутствия значений *ПДК* при прогнозировании приземных концентраций принимаются значение *ОБУВ* без учета значений коэффициентов *К*.

Оценка загрязнения атмосферного воздуха проводится с учетом кратности превышения *ПЗ* их нормативного значения (*ПДЗ*) и включает определение уровня загрязнения (допустимый, недопустимый) и степени его опасности (безопасный, слабо опасный, умеренно опасный, опасный, очень опасный) согласно табл. 1.

Таблица 1

Оценка загрязнения атмосферного воздуха [3]

Уровень загрязнения	Степень опасности	Кратность превышения *ПДЗ*	Процент случаев превышения *ПДЗ*
Допустимый	Безопасная	< 1	0
Недопустимый	Слабо опасная	> 1 - 2	> 0 - 4
	Умеренно опасная	> 2,0 - 4,4	> 4 - 10
	Опасная	> 4,4 - 8,0	> 10 - 25
	Очень опасная	> 8	> 25

Для оценки загрязненности атмосферного воздуха г. Одессы были использованы данные наблюдений на сети стационарных постов г. Одессы в 2006-2007 гг. по основным загрязняющим веществам: пыль, SO_2, NO_2, CO.

Результаты исследования и их анализ. На первом этапе работы рассчитывались *ПЗ* и *ПДЗ* отдельно по каждой примеси без учета групп суммации. Расчеты поводились по среднемесячным концентрациям загрязняющих веществ. Учитывая, что *ПЗ* определялся отдельно для каждой примеси, значение *ПДЗ* принималось за 100 %. Результаты выполненных расчетов показывают, что наименьший уровень загрязнения из рассмотренных примесей отмечается для SO_2.

Для оценки временной изменчивости *ПЗ* были простроены соответствующие графики по исследуемым загрязняющим веществам (рис. 1-4). Как видно, по всем примесям, кроме SO_2, отмечаются постоянные превышения ПДЗ.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха пылью (рис. 1) в 2006 г. в летне-осенний период значительно превышал *ПДЗ* (до 200 %), а также уровень загрязнения в 2007 г. Возможно, это может быть связано с засушливой погодой в этот период и, соответственно, повышенным уровнем запыленности атмосферы. Содержание SO_2 в атмосферном воздухе города не превышало допусти-

мых показателей (рис. 2), и за исследуемый период не было отмечено значительных колебаний в изменении концентрации данной примеси. Уровень содержания *CO* (рис. 3) в 2007 г. был повышенным по сравнению с 2006 г. и также превышал постоянно допустимые нормы загрязнения (до 140 %). Что касается NO_2 (рис. 4), то его содержание постоянно превышало допустимые нормы. За исследуемый период закономерностей в изменчивости данной примеси не было выявлено. Повышенное содержание в атмосферном воздухе оксида углерода и диоксида азота связано, в основном, с работой автомобильного транспорта.

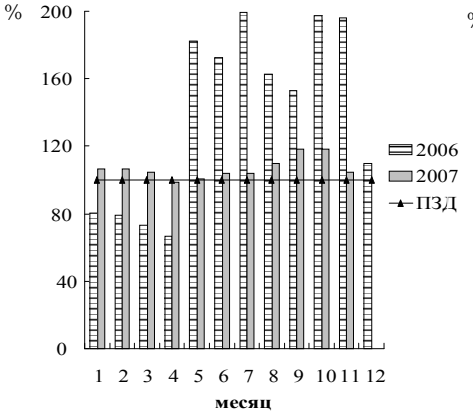


Рис. 1. Изменение *ПЗ* для пыли

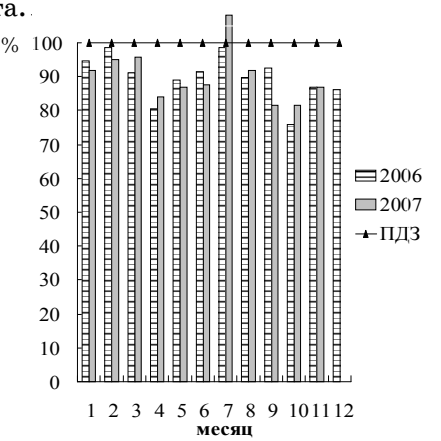


Рис. 2. Изменение ПЗ для SO_2

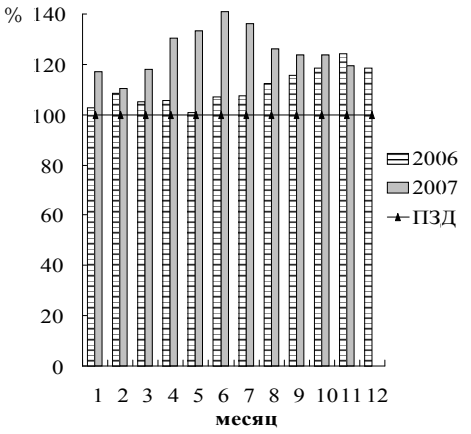


Рис. 3. Изменение ПЗ для *CO*

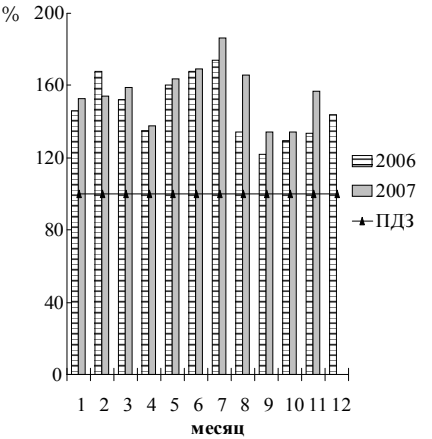


Рис. 4. Изменение ПЗ для NO_2

На втором этапе, согласно методике, представилось возможным рассчитать *ПЗ* и определить *ПДЗ* для двух примесей, входящих в группу суммации: диоксид серы и диоксид азота. В данном случае *Ккд* принимается равным 1 и, соответственно, *ПДЗ* принимается равным 100 %. На рис. 5 представлено изменение *ПЗ* по группе суммации диоксида серы и диоксида азота.

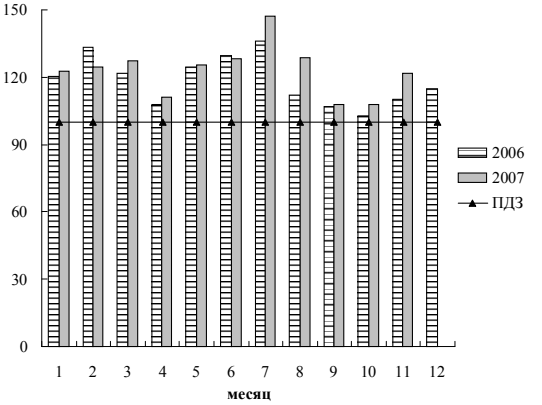


Рис. 5. Изменения показателя *ПЗ* для группы суммации ($SO_2 + NO_2$)

Анализ рис. 5 показывает, что по указанной группе веществ показатель загрязнения постоянно превышает допустимые нормы. Как указывалось выше, вклад в превышение вносит повышенное содержание диоксида азота.

Согласно табл. 1, можно классифицировать уровни загрязнения атмосферного воздуха г. Одессы по исследуемым загрязняющим веществам (табл. 2). Как видно, уровень загрязнения в целом характеризуется как недопустимый, а степень опасности загрязнения — как очень опасная.

Выводы. Так, анализ загрязнения воздушного бассейна г. Одессы по основным загрязняющим веществам (пыль, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота) показал, что по всем примесям, кроме диоксида серы, наблюдаются постоянные превышения нормативов предельно допустимого загрязнения. Оценка загрязнения по группе суммации (диоксид серы и диоксид азота) показала аналогичные результаты. В данном случае наибольший вклад дает загрязнение атмосферного воздуха диоксидом азота. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в целом характеризуется как недопустимый, а степень опасности загрязнения — как очень опасная.

Таблица 2

Классификация уровней загрязнения атмосферного воздуха

Загрязняющее вещество	Год	Процент случаев превышения *ПДЗ*	Уровень загрязнения	Степень опасности
Пыль	2006	67	Недопустимый	Очень опасная
	2007	91	Недопустимый	Очень опасная
Диоксид серы	2006	0	Допустимый	Безопасная
	2007	9	Недопустимый	Умеренно опасная
Оксид углерода	2006	100	Недопустимый	Очень опасная
	2007	100	Недопустимый	Очень опасная
Диоксид азота	2006	100	Недопустимый	Очень опасная
	2007	100	Недопустимый	Очень опасная
Группа суммации (диоксид серы и диоксид азота)	2006	100	Недопустимый	Очень опасная
	2007	100	Недопустимый	Очень опасная

Для улучшения ситуации необходимо принимать меры, которые, с одной стороны, были бы направлены на уменьшение выбросов загрязняющих веществ со стороны предприятий и автотранспорта, а с другой — на увеличение количества многолетних зеленых насаждений, которые оказывают содействие очищению атмосферного воздуха.

Литература

1. Сонькин Л. Р. Синоптико-статистический анализ и краткосрочный прогноз загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991. — 223 с.
2. Чугай А. В., Юрасов С. М., Чернякова О. І., Грабко Н. В., Волков А. І. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Моніторинг довкілля». — Одеса: ОДЕКУ, 2006. — 139 с.
3. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). — К., 1997. — 20 с.

УДК 551.524.3:551.84

И. Л. Маринин
О. Р. Енгалычева

НЕКОТОРЫЕ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ОСТРОВА ТЕПЛА Г. ОДЕССА

Характерным атрибутом современных городов является остров тепла города (ОТГ), который проявляется в виде области повышенных значений температуры воздуха над районами городской застройки. Физические механизмы, приводящие к его образованию, в основном изученные к середине 80-х годов [2-7], в общих чертах сводятся к следующему.

1. Городская застройка, стилизуемая «каньонами», существенно изменяет радиационный режим поверхности во всех спектральных интервалах. В течение дня солнечная энергия улавливается многократным отражением и переизлучением от поверхностей зданий и тротуаров, а уходящая радиация частично поглощается зданиями и термодинамически активными примесями, концентрация которых в городской атмосфере значительно повышена.
2. Город характеризуется преобладанием искусственных поверхностей (асфальт, кирпич, бетон), теплоемкость и теплопроводность, и, как следствие, суточный ход температуры которых существенно отличается от естественных.
3. Этот же фактор приводит к уменьшению эвапотранспирации и испарения в городе, в результате чего город накапливает большее количество тепла, чем природная местность. Кроме того, сток в городе значительно выше и происходит быстрее.
4. По некоторым оценкам [7], приблизительно треть энергетического баланса города составляют антропогенные источники тепла как продукт деятельности транспорта, промышленности и жилищно-коммунального хозяйства.

Таким образом, городская подстилающая поверхность по сравнению с пригородной является более теплой и сухой. В светлое время суток она запасает некоторое количество тепла, а ночью отдает его окружающему воздуху.

Перечисленные выше физические факторы при определенных условиях также могут создавать пониженный фон температуры над городской застройкой, называемый иногда островом холода или ОТГ отрицательного знака. В частности, это бывает утром при

ясном небе, когда городские каньоны прогреваются с запаздыванием относительно ровной сельской местности.

Из ранних наблюдений [1] известно, что распределение температуры воздуха в г. Одесса характеризуется значительной неоднородностью. В зависимости от типа погоды, времени суток и сезона значение наибольшей разности средних месячных температур в пределах города изменяется от 0,2 до 3,7 °С.

В настоящей работе производится оценка характеристик острова тепла г. Одесса традиционным способом, то есть посредством сравнения наблюдаемой температуры воздуха в г. Одесса и за городом. Подобные исследования проводились во множестве различных городов мира. Библиография этой проблемы чрезвычайно велика, некоторые обзоры можно найти, например, в [3; 7; 11]. Однако, несмотря на обилие научных подходов и экспериментального материала, ряд принципиальных вопросов до сих пор находится в стадии решения. Одним из них является обеспечение однородности рядов наблюдений. Для корректной идентификации острова тепла необходимо, во-первых, выбрать оптимальную и постоянную конфигурацию кластера станций наблюдения, и, во-вторых, обеспечить однородность данных наблюдений на всех станциях кластера. Это означает, что данные должны быть однородными, выполненными на единой измерительной базе, на одной реперной высоте и в один момент времени. Первая проблема обусловлена тем, что городская и пригородные зоны находятся в тесном динамическом взаимодействии, влияния которой необходимо избежать при выявлении ОТГ. Например, исследование ОТГ в Вене (Австрия) проводилось на трех внутригородских, трех пригородных и трех удаленных станциях [10]. Вторая проблема затрагивает множество исследований, поскольку в большинстве случаев технические возможности наблюдений не обеспечивают соблюдения всех необходимых требований [13], в особенности при рассмотрении многолетних реализаций климатических параметров.

В нашем исследовании кластер станций состоял из городской сети, станций, условно называемых пригородными, и удаленных станций (рис. 1). Городская сеть состояла из 8 контрольно-замерных пунктов чистоты атмосферного воздуха «ПОСТ-1» (КЗП), распределенных по городу в соответствии с программой мониторинга чистоты воздуха, а также обсерватории г. Одесса. К пригородным станциям были отнесены АМСГ и порт Одесса. Станциями, удаленны-

ми от города, были выбраны Раздельная, Сербка, порт Ильичевск и порт Южный. Осредненное по портовым станциям за каждый срок значение температуры воздуха было принято в качестве оценки температуры над морем $\overline{T}_S$. Температура над сушей $\overline{T}_L$ рассчитывалась как среднее по остальным пригородным и удаленным станциям. Осреднение значений по нескольким станциям позволяет снизить ошибку, связанную с возможностью неадекватного выбора станции для сравнения температуры воздуха в городе.

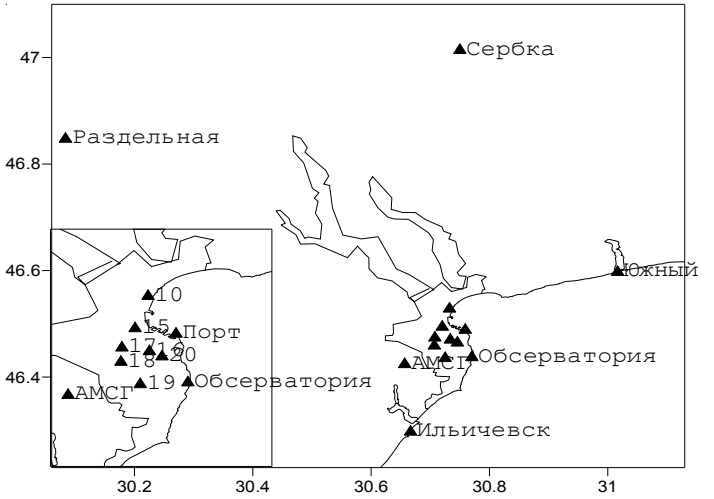


Рис. 1. Расположение станций и постов

Ряд данных включал измерения температуры воздуха за период с января 2002 г. по сентябрь 2005 г. в сроки 07 и 19 ч. местного времени на КЗП и, соответственно, 06 и 18 ч. UTC на метеостанциях. За столь короткий период времени ни метеостанции, ни посты не изменяли своего местоположения и высоты измерений. Таким образом, с точки зрения геометрической конфигурации кластера станций, данные можно считать однородными. Однако необходимо учесть временной сдвиг между измерениями на постах и на станциях. Такого рода синхронизация исследователями проводилась не всегда (например [14]). В то же время ОТГ наиболее развит в условиях малооблачной погоды, когда суточный ход величин хорошо выражен, и асинхронность данных приводит к заметным ошибкам [13].

Для синхронизации данных по КЗП и метеорологическим станциям были рассчитаны поправки к значениям температуры возду-

ха на станциях для приведения ее к срокам 07 и 19 часов местного времени. Для удаленных от моря станций они были найдены с помощью климатического справочника [8]. Эти же поправки были рассчитаны независимо по данным термографа обсерватории Одесса за весь период исследования. Сравнение поправок, полученных разными методами, показывает, что они значительно отличаются друг от друга (рис. 2). Очевидно, в этом проявляется влияние моря, находящегося в непосредственной близости от места наблюдения, которое сглаживает суточный ход температуры воздуха в прибрежной зоне [1]. Исходя из этого, для коррекции значений температуры портовых станций, а также обсерватории, использовались поправки, рассчитанные с помощью [8], а для остальных станций — по данным термографа.

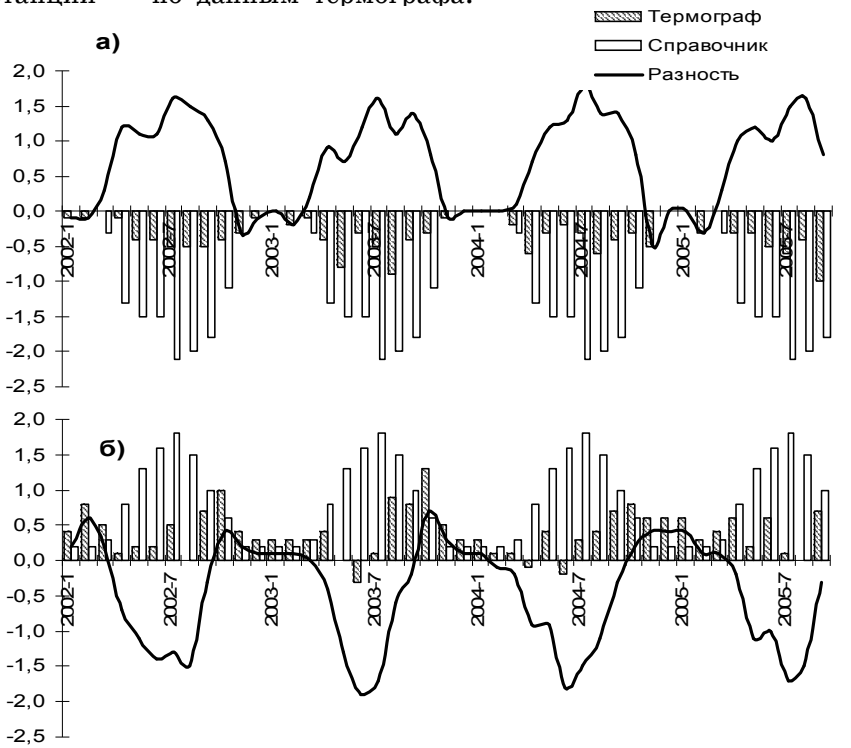


Рис. 2. Поправки к значению температуры воздуха по данным [8], по анализу записей термографа и разность между ними: (а) в 06 ч. UTC; (б) в 18 ч. UTC

Температурные контрасты на границах города ярче всего проявляются в вечерние часы, непосредственно перед закатом и после него, а также утром. Днем даже в солнечную безветренную погоду различие температур между городом и сельской местностью обычно незначительно, но быстро увеличивается после захода солнца и сохраняется в течение всей ночи (рис. 3). В большом мегаполисе остров тепла существует и в дневное время, хотя значительные разности, в основном положительные, наблюдаются ночью.

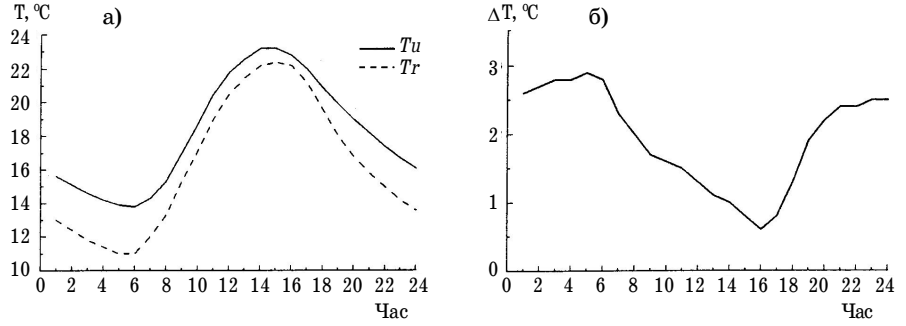


Рис. 3. а) суточный ход температуры воздуха в городе (*Tu*) и в сельской местности (*Tr*); б) суточный ход разности этих значений (°С) [12]

Суточный ход ОТГ, согласно ряду исследований [11], различен летом и зимой. В зимний сезон максимум развития острова тепла приходится примерно на 21 час. Затем его интенсивность постепенно уменьшается вплоть до 13 ч. следующего дня. В теплое время года днем до 17 ч. значения температуры в городе и в сельской местности практически не отличаются, а затем вследствие охлаждения воздуха в сельской местности разность температур возрастает.

Таким образом, привлеченные данные могут использоваться для оценки характеристик развитых ОТГ, так как сроки наблюдений (07 и 19 ч.) близки к характерному времени их максимального развития, в частности, 07 ч. для острова холода и 19 ч. для острова тепла. Если же рассматривать ОТГ как осредненную за сутки разность температур в городе и за городом, то этих данных недостаточно.

Для выявления ОТГ были проанализированы его интегральные характеристики, рассчитываемые для каждого срока наблюдений. Основной характеристикой ОТГ является его интенсивность ΔT_L, определяемая как разность максимального (или минимального в случае острова холода) значения температуры воздуха в городе $T_{U\max}$ и средней температуры воздуха за городом $\overline{T}_L$:

$$\Delta T_L = T_{U\max} - \overline{T}_L .$$

ОТГ проявляется в виде области замкнутых изотерм над городом. Над крупными городами остров тепла с некоторым приближением однороден по горизонтали. Это позволяет выделить так называемое «плато», покрывающее большую часть города, величина которого примерно равна осредненному по территории города значению температуры, а также его «пик» в центре (область экстремальных значений температуры) и «утесы» по краям (области повышенных горизонтальных градиентов температуры на границах города) [8]. Характеристикой «плато» ОТГ $\Delta\overline{T}_L$ является разность средних значений температуры в городе $\overline{T}_U$ и за городом $\overline{T}_L$:

$$\Delta\overline{T}_L = \overline{T}_U - \overline{T}_L .$$

Учитывая глубину проникновения непосредственного воздействия моря на температурный режим побережья [1], для оценки $\overline{T}_L$ были использованы станции Раздельная, Сербка и АМСГ.

Обычно ОТГ определяется по контрасту температур над городом и окружающей город сельской местностью. Эти параметры позволяют судить о температурном режиме городской среды, представляют практический интерес и могут учитываться в хозяйственной деятельности. Однако значительная часть пригородной области г. Одесса является акваторией, температурный режим которой является существенно иным. Учесть этот фактор можно, сравнивая температуру воздуха в городе с осредненным значением по всем окружающим город станциям $\overline{T}_E$:

$$\Delta T_E = T_{U\max} - \overline{T}_E ,$$

$$\Delta\overline{T}_E = \overline{T}_U - \overline{T}_E ,$$

где ΔT_E — аналог интенсивности ОТГ, а $\Delta\overline{T}_E$ — его средней величины («плато»). Отрицательные значения введенных параметров указывают на остров холода (табл. 1).

Таким образом, в январе 2002 г. - сентябре 2005 г. городская территория в среднем была теплее сельской местности на 1,3 °С, а средняя интенсивность ОТГ составила 2,8 °С. Распределения этих параметров островершинные, квазисимметричные (рис. 4). Приведены также графики нормального распределения; гипотеза об их соответствии наблюдаемым распределениям отклоняется.

Таблица 1.

Параметры ОТГ Одессы

	Min	Max	Среднее*	Геом. среднее*	СКО	Асим.	Эксц.
ΔT_L	-5,6	13,7	2,82 ± 0,05 (2,72-2,91)	2,57 (2,48-2,66)	1,78	0,28	2,74
$\Delta \overline{T}_L$			1,30 ± 0,04 (1,23-1,37)	1,35 (1,27-1,39)	1,32	-0,78	6,54
ΔT_E	-3,5	12,9	2,35 ± 0,04 (2,26-2,43)	2,07 (1,99-2,15)	1,57	0,65	2,70
$\Delta \overline{T}_E$			0,81 ± 0,03 (0,76-0,86)	0,88 (0,84-0,92)	0,96	-0,23	2,84

* В скобках указаны границы доверительных интервалов 95 %

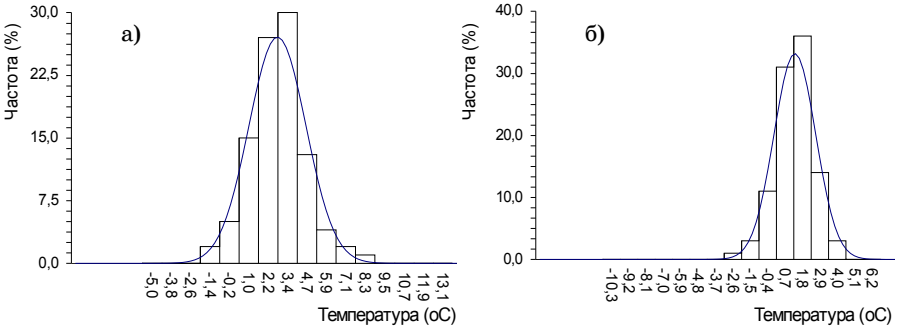


Рис. 4. Гистограммы распределения параметров: а) ΔT_L, б) $\Delta \overline{T}_L$

Интенсивность и средняя величина ОТГ, полученные с учетом прибрежных станций, оказались ниже примерно на 0,5 °С по сравнению с расчетом относительно температуры суши. Это свидетельствует о том, что за период наблюдение море было часто теплее суши. В целом, влияние моря приводит к уменьшению температурных контрастов температуры города и пригорода. Диапазоны изменения параметров ОТГ сужаются, в особенности со стороны минимальных значений (табл. 1): если максимальная интенсивность острова холода относительно средней температуры по всем окружающим станциям составляет -3,5 °С, то относительно суши город может быть холоднее до -5,6 °С.

Осредненный годовой ход параметров ОТГ показывает, что в целом городская подстилающая поверхность теплее окружающей естественной поверхности в течение всего года, однако остров тепла наименее выражен в мае-июне, а наиболее — в октябре (рис. 5). Это подтверждается рядом исследований, в частности [9; 10].

Возможными причинами являются: сезонная интенсификация антропогенных источников тепла, влияние городского озеленения на радиационный, тепловой и влажностный режим городского погра-

ничного слоя в теплое время года, режим ветра, облачности и осадков. Еще один фактор формального характера обусловлен характером исходных данных. Поскольку интенсивность ОТГ рассчитывалась осреднением параметров по обоим срокам, можно предположить, что помимо годового хода антропогенных источников тепла, летнее уменьшение интенсивности объясняется также интенсификацией острова холода. Известно [9], что остров холода максимален весной, а остров тепла — осенью и зимой.

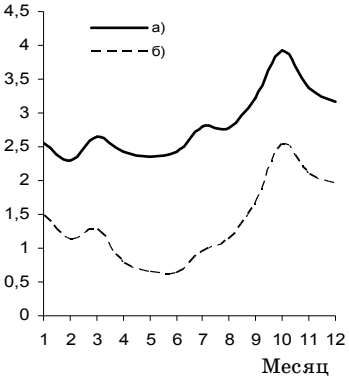


Рис. 5. Годовой ход параметров: а) ΔT_L, б) $\Delta \overline{T}_L$ (°С)

Таким образом, данные наблюдений температуры воздуха указывают на развитие над г. Одесса острова тепла, который проявляется в виде систематически повышенных значений температуры воздуха над городом относительно прилегающей суши и акватории. Средняя интенсивность острова тепла составляет 2,8 °С, в то время как город в среднем теплее сельской местности на 1,3 °С. Выбор станций для анализа имеет приоритетное значение. В прибрежной области формируется мезоклиматическая зона шириной не менее 8 км, метеорологический режим которой находится в сильной зависимости от прилегающей акватории Черного моря [1]. Выбор станций, удаленных от побережья, и осреднение их измерений снижают зависимость результатов от локальных эффектов. Учет прибрежных станций приводит к пересмотру оценок указанных параметров ОТГ в сторону понижения соответственно до 2,4 и 0,8 °С.

Литература

1. Климат Одессы / Под ред. Л. К. Смекаловой, Ц. А. Швер. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 174 с.

2. Кондратьев К. Я., Матвеев Л. Т. Основные факторы формирования острова тепла в большом городе // Докл. АН. — 1998. — Т. 367. — № 2. — С. 253-256.
3. Ландсберг Г. Е. Климат города: Пер. с англ. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 248 с.
4. Матвеев Л. Т. Особенности метеорологического режима большого города // Метеорология и гидрология. — 1979. — № 5. — С. 22-27.
5. Матвеев Л. Т., Матвеев Ю. Л. Формирование и особенности острова тепла в большом городе // Докл. РАН. — 2000. — Т. 370. — № 2. — С. 249-252.
6. Матвеев Ю. Л., Меркурьева Н. А. Особенности формирования температурно-влажностного режима в большом городе // Оптика атмосферы и океана. — 1997. — № 10. — С. 1181-1187.
7. Оке Т. Р. Климаты пограничного слоя: Пер. с англ. — Л.: Гидрометеоиздат, 1982. — 360 с.
8. Справочник по климату СССР. Температура воздуха и почвы / Под ред. Л. И. Мисюра. — Л.: Гидрометеоиздат, 1967. — Вып. 10. — Ч. 11. — 605 с.
9. Alonso M. S., Labajo J. L., and Fidalgo M. R., 2003: Characteristics of the urban heat island in the city of Salamanca, Spain. Atmosfera, 16, No. 3, 137-148.
10. Bohm R., 1998: Urban bias in temperature time series: A case study for the city of Vienna, Austria. Climatic Change, 38, 113-128.
11. Jauregui E. 1., 1997: Heat island development in Mexico City. Atmospheric Environment, 31, No. 22, 3821-3831.
12. Montavez J. P., Rodriguez A., and Jimenez J. I., 2000: A Study Of The Urban Heat Island Of Granada. Int. J. Climatol., 20, No. 8, 899-911.
13. Peterson T. C., 2003: Assessment of Urban Versus Rural In Situ Surface Temperatures in the Contiguous United States: No Difference Found. J. Climate, 16, No. 18, 2941-2959.
14. Todhunter P. E., 1996: Environmental indices for the Twin Cities metropolitan area (Minnesota, USA) urban heat island. — 1989. Climate Res., 6, No. 1, 59-69.

Резюме

У роботі проводиться оцінка характеристик острову тепла м. Одеса шляхом порівняння спостережуваної температури повітря на 9 постах і станціях в межах міста м. Одеса і 6 станціях за містом

по безперервному ряду спостережень тривалістю 45 місяців. Обговорюються питання вибору станцій, термінів спостережень і забезпечення однорідності даних. Виміри, усереднені по уранішніх і вечірніх термінах, вказують на систематичну наявність острову тепла інтенсивністю 2,9 °С, причому міська середа в середньому тепліше за сільську місцевість на 1,3 °С. Показано, що облік прибережних станцій, виміри яких відображають вплив моря, призводить до зниження температурних контрастів, зокрема, до заниження вказаних параметрів на 0,5-0,7 °С.

О. Л. Казаков
Ю. П. Онучина

ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ СГЯ ПО ВІТРУ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Введення. Відповідно до рішення 42 сесії Генеральної Асамблеї ООН 90-ті роки були оголошені десятиліттям по зменшенню небезпеки стихійних лих. У зв'язку з цим, на розвинені країни покладалась відповідальність за активізацію науково-технічної діяльності, спрямованої на ліквідацію пробілів у знаннях про природу явищ, що призводять до стихійних лих і поширення наявного досвіду по їхньому прогнозуванню та попередженню. Необхідність постановки такого завдання для міжнародної спільноти була пов'язана з тим, що за 70-80 рр. минулого сторіччя стихійні лиха унесли більше 3 млн. життів, а на 800 млн. зробили негативний вплив [1]. І, на жаль, список жертв за останні десятиліття постійно поповнюється.

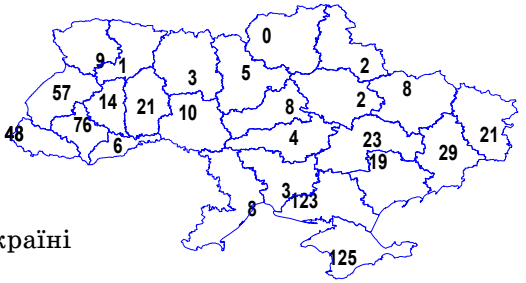
Зі сказаного стає зрозумілим та увага, що постійно приділялася в колишньому Радянському Союзі, а тепер приділяється в Росії й Україні по дослідженню всіх питань, пов'язаних з розвитком «особливо небезпечних» або як тепер їх називають на Україні «стихійних гідрометеорологічних явищ» (СГЯ). Ми посилаємося лише на невеликий список монографічних видань останніх двох десятиліть [2-5], який можна доповнити значним переліком досліджень по кожному з видів СГЯ, не кажучи вже про те, що в кожному випуску відомого журналу «Метеорологія й гідрологія» публікуються щомісячні огляди про «Аномальні гідрометеорологічні явища на території Російської Федерації», а в Україні — «Зведений річний огляд стихійних гідрометеорологічних явищ, які спостерігалися в Україні» та «Огляд погоди та стихійних явищ в Україні» [6; 7].

Відзначимо, що згідно [1] третє місце по числу жертв з 1947 по 1980 рр. займають стихійні вітри. Тому дослідження умов виникнення СГЯ по вітру безсумнівно є актуальним завданням, у тому числі для України.

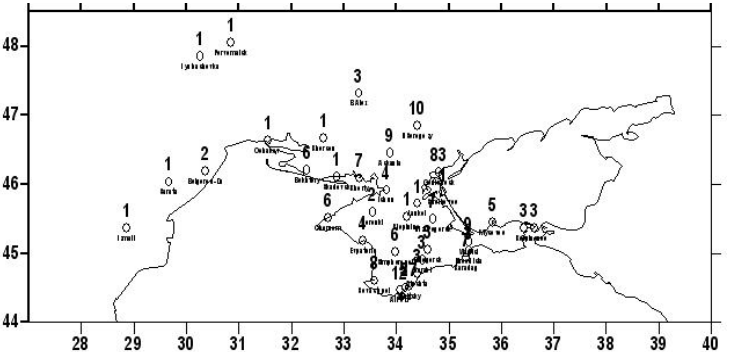
Вихідні матеріали. Вище вказувалося на огляди по СГЯ, які регулярно публікуються в Україні [6; 7]. У них крім описів найбільш руйнівних СГЯ приводяться таблиці з короткою характеристикою СГЯ, що сталися, відомості про те, де воно відбулося, його початок і кінець, інтенсивність, максимальне значення елемента за всі роки спостережень на даній станції й імовірність його виникнення. Інформація наводиться по кожному окремому явищу. Ми скористалися цими даними за 1992-2006 рр. і створили спеціалізований архів даних по кожному виду СГЯ в Україні, а потім проаналізували статистику виникнення СГЯ по вітру та синоптичні умови їхнього розвитку. У якості синоптичних матеріалів ми залучили приземні та висотні карти, наведені в Інтернеті на сайті http://www.wetterzentrale.de/topkarten, супутникову інформацію, а також приземні карти з архіву ОДЕКУ.

Аналіз виникнення СГЯ по вітру на півдні України. Нагадаємо, що сильний вітер з максимальною швидкістю 25 м/с і більше відносять до стихійного метеорологічного явища [8]. За період 1992-2006 рр. на території України було зафіксовано близько 600 випадків сильного вітру, розподіл яких представлений на рис. 1(а). Найбільша кількість сильних вітрів була зареєстрована на півдні України — близько 250 випадків. Далі під півднем України будемо розуміти території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей, а також Автономної Республіки Крим. Дані рис. 1(б) дають можливість проілюструвати географічне розташування місць, де саме відбувалися СГЯ по вітру. Найбільше число випадків реєструвалось у Геніческу, Нікитському Саді та Ай Петрі (83, 27 та 12 відповідно). Як бачимо максимум СГЯ по вітру на Україні отриманий навіть не в гірський місцевості, а на рівнинній станції Геніческ на березі Азовського моря. Ця статистика свідчить про важливість фізико-географічних умов виникнення СГЯ по вітру.

Вітер із значними швидкостями пов'язаний із зимовими синоптичними процесами і в досліджуваний період спостерігався головним чином в холодний період року (жовтень-березень — 76 %) з максимумом в лютому (табл. 1). В теплий період (квітень-вересень) його загальна частота склала 26 %.



а) в цілому на Україні



б) на півдні України

Рис. 1. Число випадків стихійного вітру на Україні у 1992-2006 рр.

Таблиця 1

Повторюваність сильного вітру на території півдня України

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
%	15	16	12	8	6	3	2	3	4	13	14	6

В цілому на території Південної України в 1992-2006 рр. вітер швидкістю 25 м/с і більше спостерігався щорічно. В середньому за рік фіксується 17 випадків. В окремі роки повторюваність сильного вітру зазнає значних змін (табл. 2). Найбільша кількість випадків сильного вітру (58) припадає на 2003 рік, найменша — на 1994 та 2000 рр. (всього 5 і 4 випадки на рік). Особливо виділяється п'ятиріччя 2002-2006 рр., коли спостерігалось 105 випадків. Зауважимо також, що на півдні України за означений період сильний вітер був зареєстрований на 42 метеорологічних станціях даного регіону. 09.10.2003 року в один день сильний вітер було зафіксовано на 22 метеорологічних станціях по територіях Одеської, Миколаївської, Херсонської областей та в Криму. Сильний вітер

в цей день був обумовлений проходженням холодного фронту трьохцентрової області пониженого тиску.

Таблиця 2

Кількість випадків сильного вітру, пунктів і областей, охоплених ним, в окремі роки і 5-річчя на території Південної України

Роки (скорочено)																	
92	93	94	95	96	**92-96**	97	98	99	00	01	**97-01**	02	03	04	05	06	**02-06**
Випадки																	
23	28	5	17	12	**85**	11	16	20	4	14	**65**	15	58	9	12	11	**105**
Станції																	
19	12	3	10	6	**28**	6	8	11	3	5	**17**	7	27	6	6	9	**32**
Області																	
2	3	3	2	3	**4**	3	2	2	2	2	**3**	4	4	3	2	2	**4**

На рис. 2 представлена повторюваність дуже сильного вітру з різною швидкістю. Найбільшу повторюваність має примежова швидкість в 25 м/с. Другий максимум отриманий для швидкості близько 27 м/с. Відмітимо також, що інтегральна вірогідність вітру до 30 м/с складає 78 % випадків, для діапазону 30-39 м/с — 17 % випадків, а близько 40 м/с — 5 %.

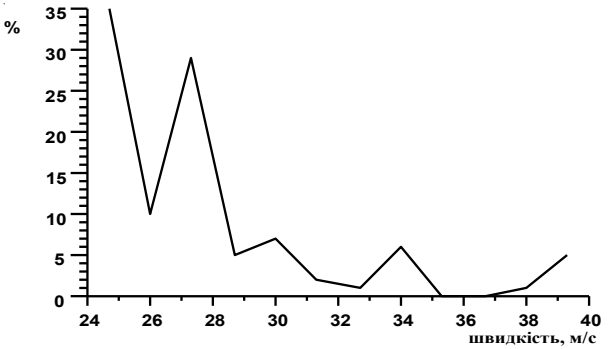


Рис. 2. Повторюваність дуже сильного вітру з різною швидкістю на території Південної України

Для дослідження інших важливих характеристик прояву СГЯ по вітру були розглянуті дані кільцевих карт синоптичного архіву ОДЕКУ за період 1999-2006 рр. Строк карт обирався максимально близьким до початку виникнення стихійного вітру. Всього було розглянуто 120 випадків, при яких найчастіше спостерігався стихійний вітер. Отже, найчастіше за розглянутий період стихійний вітер спостерігався при південно-західних (38 випадків) та північно-

західних (36 випадків) напрямках вітру. З вдвічі меншою повторюваністю сильний вітер спостерігався при північно-східних напрямках (19 випадків), найменшу кількість разів стихійний вітер спостерігався при північних та західних напрямках — по 3 та 2 випадки відповідно.

В табл. 3 наведена повторюваність видів фронтів, при яких спостерігався стихійний вітер на півдні України в 1999-2006 рр. Найчастіше в вище названий період такий вітер спостерігався при наявності холодного фронту (57% випадків), на другому місці по повторюваності — синоптична ситуація без наявності фронтів (30 %) — ця ситуація може відмічатися при взаємодії баричних утворень різного знаку. На всі інші ситуації належатиме загалом близько 13 % випадків.

Таблиця 3

Повторюваність фронтів,при яких спостерігався стихійний вітер

Тип фронту	Теплий	Холодний	Оклюзії	Без фронту
Повторюваність, %	9	57	4	30

Відомо, що окрім баричного градієнту велике значення у посиленні вітру може мати термічний градієнт, особливо при наявності фронтів. З метою оцінки цього чинника нами були проаналізовані карти приземного аналізу з розрахунком горизонтального градієнту температури на 100 км. Деяке уявлення про те, які градієнти можуть супроводжувати сильний вітер на фронтах та поза фронтом дає рис. 3. Найбільшу кількість випадків в пунктах реєстрування стихійного вітру мав градієнт 2 °С/100 км (52 випадки), але були також, не такі вже й малі за кількістю, випадки, коли градієнт температури сягав до 5,5 та 6 °С/100 км. Треба зазначити, що проведений аналіз не виявив статистично значущої залежності між швидкістю вітру при СГЯ та горизонтальним градієнтом температури.

Рис. 3. Градієнт температури при СГЯ про вітру

Як правило, сильний вітер швидкістю 25 м/с і більше — результат дії процесів синоптичного масштабу, тому встановити певну закономірність в добовому ході не виявилось можливим: виникнення такого вітру ймовірне в будь-яку частину доби. Однак все ж найбільший відсоток (28 %) припадає на період з 9 до 12 години дня, а найменший — з 21 до 24 години.

Частіше всього (38 % всіх випадків) вітер, що перевищував 25 м/с, за досліджуваний період продовжувався до 5 год., до 10 годин — 67 % випадків, до 24 годин — майже 90 %. Отже на більш тривалі сильні вітри приходиться близько 10 % всіх випадків, що не так вже й мало (рис. 4).

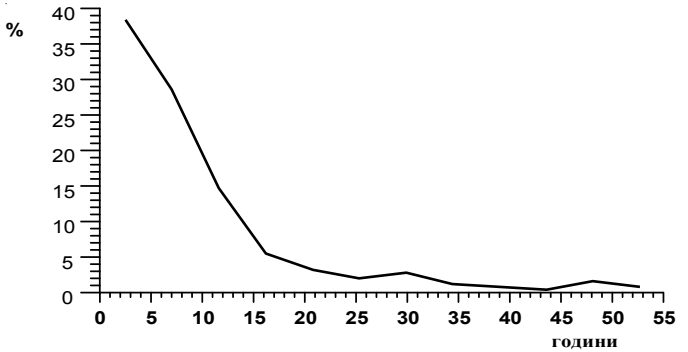


Рис. 4. Повторюваність (%) тривалості дуже сильного вітру

Синоптичні умови, які сприяють виникненню СГЯ по вітру. На півдні вітер із значними швидкостями пов'язаний, головним чином, із зимовими синоптичними процесами. Вітер швидкістю 25 м/с і більше виникає при наявності стаціонарного антициклону над центром Європейської частини Росії (ЄЧР) і малорухомої депресії над Чорним морем, при проходженні улоговини на фоні сильного західного переносу, у глибоких циклонах, що переміщуються з півдня і північного заходу. На території України посилення південно-східного вітру відбувається на західній і південно-західній периферії стаціонарного антициклону або відрогу, який орієнтований зі сходу, при виході в район Карпат циклонів з південного-заходу.

Стійкі сильні вітри східної складової спостерігаються в південних областях України при наявності стаціонарного антициклону над центром ЄЧР і малорухливої депресії над Чорним морем, при проходженні улоговин на фоні сильного західного переносу, в глибоких циклонах, що переміщаються з півдня і північного заходу [4].

Сильні південно-західні та західні вітри на території України відмічаються при переміщенні з заходу глибоких улоговин циклонів, які проходять по півночі ЄЧР в широтному напрямку. Сильний південно-західний вітер з переходом на північно-західний і північний, спостерігається при переміщенні «пірнаючих» циклонів і улоговин з північного-заходу. По мірі їх переміщення сильний вітер розповсюджується з північного-заходу на всю територію України. Вихід циклонів з південного-заходу або півдня іноді обумовлюють посилення вітру по всій території України. Значну роль в процесі посилення вітру відіграють рельєф місцевості, висота станції, її захищеність по відношенню до переважаючого потоку повітря.

По результатам дослідження синоптичних умов, що сприяють виникненню сильних вітрів у табл. 4 представлена типізація відповідних синоптичних процесів на підставі аналізу 79 днів з сильним вітром на території півдня України в період з 1992 по 2006 рік. З усього періоду дослідження чітко виділяються 1993 та 2003 роки. Саме в ці роки найчастіше спостерігався сильний вітер — 12 і 11 днів на рік відповідно. В той час як середня кількість днів з сильним вітром в інші роки складає приблизно 4-5 днів на рік.

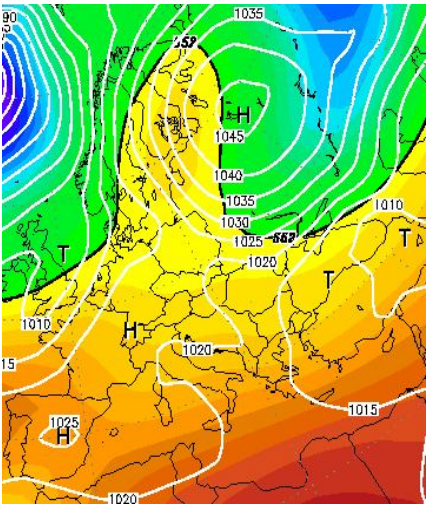
Таблиця 4

Повторюваність основних синоптичних умов при виникненні СГЯ з сильним вітром на півдні України

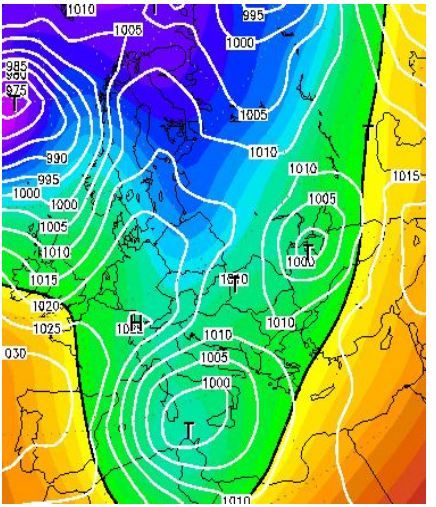
Тип	Синоптична ситуація	Кількість випадків	%
1	Зона взаємодії баричних утворень протилежного знаку	27	33,7
2	Вихід «південного» циклону	24	30,0
3	«Пірнаючі» циклони	15	18,8
4	Проходження холодного фронту	12	15,0
5	Західні циклони	2	2,5

На рис. 5 наведені типові поля приземних та висотних атмосферних процесів для кожного типу виділеної синоптичної ситуації.

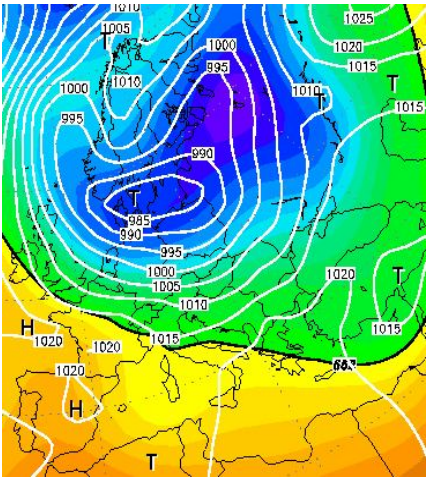
Висновки. По результатам аналізу синоптичного матеріалу можна зробити висновок, що за розглянутий період ситуації, при яких виникав сильний вітер (СГЯ), не суперечать досвіду досліджень минулих років. Проте у порівнянні з періодом 1966-1985 рр. ([4]), загальна кількість СГЯ по вітру (по всій Україні) збільшилася майже в чотири рази.



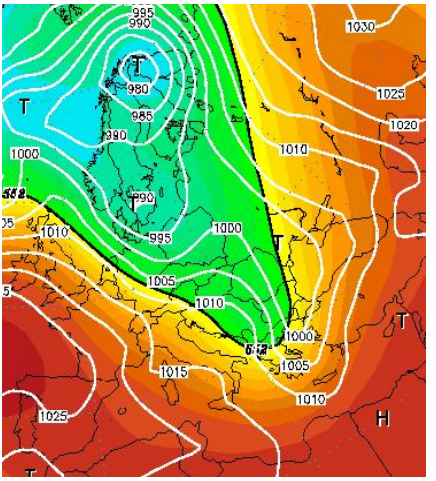
а) зона взаємодії баричних утворень протилежного знаку



б) вихід «південного» циклону



в) «пірнаючий» циклон



г) проходження холодного фронту

Рис. 5. Типові синоптичні ситуації, що сприяють виникненню сильного вітру на півдні України

Література

1. Васильев А. А. Гидрометеорологические явления, приводящие к стихийным бедствиям, и система их прогнозирования // Метеорология и гидрология. — 1991. — № 1. — С. 5-15.
2. Логвинов К. Т., Бабиченко В. Н., Кулаковская М. Ю. Опасные явления погоды на Украине. — Л.: Гидрометеоиздат, 1972. — 236 с.
3. Прох Л. З., Сосновская Р. Н., Токар П. Ф. Анализ донесений об опасных явлениях погоды на Украине в 1967-1976 гг. // Труды УкрНИГМИ. — 1979. — С. 108-116.
4. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии // Под ред. В. Н. Бабиченко. — Л.: Гидрометеоиздат, 1991. — 224 с.
5. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) // За ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. — К.: Ніка-Центр, 2006. — 311 с.
6. Зведений річний огляд стихійних гідрометеорологічних явищ, які спостерігалися в Україні в 1992 р. — К.: ЦГО-УкрГМЦ, 1993.
7. Огляд погоди та стихійних явищ за 1999 р. — К.: ЦГО-УкрГМЦ, 2000.
8. Положення про порядок складання та передачі попереджень і донесень про виникнення стихійних явищ, різких змін погоди, поєднання небезпечних явищ та випадків екстремально високого забруднення природного середовища. — К.: Держкомгідромет України, 1994. — 34 с.

Резюме

В статье рассматриваются условия возникновения и развития СГЯ по ветру на юге Украины в 1992-2006 гг. Проанализированы данные Обзоров о СГЯ на Украине и синоптические условия с использованием карт ре-анализу и других архивных материалов. Указаны четыре типичных ситуации, при которых развивается абсолютное большинство случаев с сильным ветром.

УДК 551.501.7:504.35

Г. П. Івус
А. Б. Семергей-Чумаченко
А. Ф. Мізевіч

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НАД ОДЕСОЮ ПИЛОМ ТА ДІОКСИДОМ СІРКИ У СІЧНІ 2003-2007 РР.

Проблема якості атмосферного повітря є однієї з найбільш актуальних для України складових задачі національної безпеки. Процеси накопичення шкідливих домішок у промислово розвинутих регіонах країни виявляються одним із чинників прогресуючої еколого-економічної кризи.

Однією з важливих ланок в системі моніторингу охорони чистоти атмосфери повітря, є дослідження режиму формування шкідливих домішок і розрахунок їх перенесення залежно від характеру атмосферної циркуляції і місцевих фізико-географічних умов. Ця проблема є особливо актуальною для тих районів, в яких є багато промислових підприємств, що є постійним джерелом забруднення нижніх шарів атмосфери [1; 3-7; 10].

Крім вивчення технологічних процесів, що приводять до викиду шкідливих для здоров'я людини домішок, як за рахунок окремих підприємств, так і сукупного впливу, приділяється багато уваги дослідженню атмосферних процесів сприяючих накопиченню і розповсюдженню цих домішок в промислових зонах.

Вплив метеорологічних факторів на забруднення повітря має складний характер. Зв'язки поміж рівнями концентрацій і метеорологічними факторами в ряді міст схожі. Це пояснюється тим, що спостерігається деяка схожість у структурі викидів і використанням при виконанні розробок характеристик узагальненої міської складової забруднення повітря. Але, при нестандартній структурі викидів, особливо у тих випадках, коли головні джерела викидів розташовані в одній частині міста або за його межами, характер зв'язку між концентраціями і метеорологічними чинниками має свої особливості.

Охарактеризуємо вплив на формування підвищеного рівню забруднення атмосфери наступних метеорологічних чинників: напрямок і швидкість вітру, синоптичні умови, інерційний чинник.

Вплив напрямку і швидкості вітру найбільш чітко виявляється тоді, коли джерела викидів розташовані за містом, або в навітреній чи підвітреній його частині. Коли джерела розповсюджені

рівномірно по території міста, вплив напрямку вітру на формування забруднення часто не прослідкується. Виявлення цього впливу на розподіл шкідливих домішок ускладнюється розвитком місцевої циркуляції атмосфери, місцевими особливостями та ін. Наприклад, у м. Черкаси головні промислові підприємства розташовані на південному сході від житлової забудови, тому напрямок вітру з півдня та сходу грає важливе значення у формуванні рівня забруднення повітря. У місті 80 % випадків високого рівня забруднення ($Q \geq 1{,}5$) діоксидом азоту за період 1989-1991 рр. припадає на південний, південно-східний напрямок вітру [7].

У даній проблемі перше місце займає питання дослідження режиму слабкого (до 4 м/с) і «небезпечного» (5-7 м/с) вітру і затримуючих шарів в прикордонному шарі атмосфери (приземні та піднесені інверсії). Небезпечні швидкості зумовлюють значні концентрації викидів у землі для теплових електростанцій при високих трубах і сприяють швидкому розсіюванню домішок від джерел з холодними викидами з труб, поблизу яких найбільша концентрація буває при швидкостях 1-2 м/с [5; 6; 10; 11; 13]. В окремих містах відмічається ще один максимум забруднення повітря при швидкості вітру 8-9 м/с (при наявності піднесеної інверсії). Наприклад, у містах Донецьк, Дніпропетровськ високе забруднення повітря спостерігається при штилі, швидкості вітру 2-5 і 8-9 м/с, у м. Маріуполь найбільша повторюваність високого рівня забруднення при штилі, швидкості вітру 3-5 і 9-12 м/с. У Черкасах повторюваність штилів складає близько 50 %, тому тут біля 90 % випадків високого забруднення повітря спостерігається при штилях і швидкості вітру 4 м/с, в Одесі — при швидкості 1-5 м/с. Для низьких джерел викидів формування високих рівнів забруднення повітря спостерігається при слабких вітрах за рахунок накопичення домішок у приземному шарі. Другий максимум забруднення утворюється викидами ТЕЦ і інших підприємств, які мають високі труби [7; 8].

Синоптична ситуація являє собою складну комплексну характеристику, яка відображає основні риси метеорологічних та аерологічних умов в усьому граничному шарі атмосфери. Загальна закономірність полягає у наступному: підвищене забруднення атмосфери спостерігається при антициклональному баричному полі і в теплих секторах циклонів. Вплив синоптичних умов у формуванні визначеного рівня забруднення неоднаковий у різних містах. Наприклад, у Кривому Розі та Донецьку відзначена вище тенденція

чітко проглядається, в інших вона завуальована (Запоріжжя). У середньому ж по вивчених містах Донецького і Придніпровського промислових районів чітко виражена тенденція поступового зменшення концентрацій при переході від полів високого тиску до полів низького тиску. Таким чином, підтверджується висновок про макрометеорологічну обумовленість рівня концентрацій.

Ступінь забруднення повітря у містах також пов'язаний з інерційним фактором. Забруднення повітря Q у місті залежить від його значення Q' у попередній день. Якщо у попередній день значення Q' (або іншого показника забруднення повітря у місті) велике, то і в поточний день забруднення повітря, як правило, буде підвищене, якщо синоптичні умови не змінюються. Інша картина спостерігається, коли значення узагальненого по місту показника забруднення повітря мале ($Q' \leq 0{,}7$).

Деякі з метеорологічних факторів, які впливають на концентрацію домішок у повітрі, можуть бути невідомі. Але при урахуванні усталеного рівня забруднення повітря вони в якійсь мірі враховуються автоматично.

Серед завдань, пов'язаних з метеорологічними аспектами забруднення атмосфери, великого значення набувають дослідження закономірностей розповсюдження шкідливих домішок та їх просторово-часового розподілу. Вони є основою для об'єктивної оцінки стану і тенденції забруднення повітряного басейну, а також розробки можливих заходів щодо забезпечення чистоти атмосфери. Створення системи спостережень за забрудненням повітря, аналіз отриманих результатів, вирішення питань про нормування викидів, розробка принципів взаємного розташування підприємств та житлових масивів, встановлення гранично допустимих викидів, перенесення джерел шкідливих викидів в інші райони безпосередньо змикаються з метеорологічними завданнями, що дозволяють враховувати рівень домішок в атмосфері. Різке підвищення концентрацій шкідливих домішок в приземному шарі повітря може бути обумовлене несприятливими для розсіювання домішок погодними умовами.

Як звісно, Одеса розташована на північно-західному узбережжі Чорного моря, яке омиває південно-західну окраїну Причорноморської низини. Перехід від суходолу до моря уступоподібний, середня висота степового плато становить 40-50 км. Місто широкою смугою, що орієнтована приблизно з півночі на південь, протягнулось майже на 50 км від житлового масиву Котовського до селища Чорноморка. Площа міста 150 км^2.

Високий потенціал забруднення атмосфери міста визначає складний комплекс фізико-географічних та метеорологічних умови. За даними [7] по рівню забруднення атмосфери м. Одеса уступає в Україні тільки м. Донецьку і м. Маріуполю, маючи обсяги викидів у 2-3 рази менше, ніж у цих містах. Даний розподіл рівню забруднення може бути пов'язаним в першу чергу з характерною для приморських міст бризовою циркуляцією повітряних потоків, де практично відсутня результуюча переносу забруднюючих речовин. Саме з замкнутою бризовою циркуляцією ймовірно зв'язаний сезонний ріст концентрацій ряду речовин у весняно-літній період. Зокрема відзначається, що концентрації сірчистого ангідриду в періоди з бризовою циркуляцією зростає в 1,2-1,5 рази.

В осінньо-зимовий період високий потенціал забруднення обумовлюється приземними інверсіями з товщиною інверсійного шару 300-400 м. Такий інверсійний «дах» перешкоджає розсіюванню атмосферних забруднень.

Наукові дослідження відносно оцінки антропогенного навантаження на повітряний басейн великих промислових міст, розробка методів його регулювання з урахуванням правових та нормативних аспектів відносяться до актуальних проблем. Наявність промислових та автотранспортних джерел обумовлює значне навантаження на повітряний басейн великого міста, одним з яких і є Одеса.

Необхідно відзначити той факт, що, з одного боку, Одеса є великим портовим, промисловим містом України, а з іншого — одним із курортно-туристичних центрів України. Перше формує високе техногенне навантаження на повітряний басейн, а друге — високі вимоги до якості стану атмосферного повітря.

Згідно з концепцією «Програми комплексного соціально-економічного розвитку м. Одеси на 2005-2015 роки» [12] передбачається збільшення випуску продукції у нафтохімічній, машинобудівній та харчовій галузях. Наслідком цього буде збільшення викидів забруднюючих речовин. Зростанню викидів і, як наслідок, погіршенню стану атмосферного повітря буде сприяти також подальше збільшення кількості автотранспортних засобів у місті. Тобто передбачається погіршення стану атмосферного повітря, якщо не розпочати здійснення відповідних заходів. Концепція охорони атмосферного повітря у місті Одесі розроблюється з метою визначення головних природоохоронних заходів, вирішення яких буде сприяти покращенню стану атмосферного повітря.

Концепцію охорони атмосферного повітря у місті Одесі на період до 2010 року розроблено відповідно до розпорядження міського голови від 01.09.2004 р. № 1176-01 р з урахуванням постанови Кабінету Міністрів України від 28 січня 2004 року № 37-р «Про затвердження плану заходів щодо зменшення негативного впливу автомобільних транспортних засобів на довкілля на 2004-2010 роки», основними напрямами якої є зменшення викидів і, як наслідок, поліпшення стану довкілля.

Основним напрямом охорони повітряного басейну міста від забруднення є зменшення викидів у атмосферу стаціонарними джерелами промисловості, комунального господарства та пересувними джерелами. У зв'язку з цим, основним завданням під час формування міської природоохоронної політики повинно бути визначення пріоритетних робіт, спрямованих на покращення стану довкілля, у тому числі якості атмосферного повітря міста.

Метою даної статті є оцінка формування підвищених рівнів забруднення повітря над Одесою пилом та діоксидом сірки. В рамках цієї роботи проаналізовані 4-строкові дані про вміст цих домішок (01, 07, 13 та 19 UTC) у січні по 8 постах на території міста Одеса: № 8 — Французький бульвар, 89; № 10 — Чорноморського козацтва; № 15 — Херсонський сквер; № 16 — В. Арнаутська / Олександрівський пр-т; № 17 — Автовокзал; № 18 — Балківська дорога, 199; № 19 — 1 ст. Люстдорфської дороги; № 20 — Італійський бульвар.

Як показав аналіз інформації з цих постів, вміст діоксиду сірки у повітрі над Одесою у січні за 2003-2007 рр. жодного разу не перевищував ГДК, що дорівнював 0,05 мг/м^3. Вміст пилу у січні перевищував ГДК лише у 2003 та 2004 рр. у 2,0 та 0,1 % від загального числа спостережень, з 2005 по 2007 рр. концентрації пилу над Одесою не досягала небезпечних критеріїв взагалі (рис. 1а).

У 2003 р. спостерігалося перевищування ГДК по пилу на посту № 17, тобто в районі автовокзалу. Ця ситуації склалася при наявності слабкого північного вітру зі швидкістю 1 м/с (рис. 1а). У 2004 р. зафіксовано перевищування ГДК по пилу на постах № 15 та 17, тобто біля Херсонського скверу та у районі автовокзалу. Ця ситуації також склалася при наявності північного слабкого вітру зі швидкістю 3 м/с (рис. 1б).

В цілому на рік (рис. 2) вміст пилу може перевищувати ГДК не більш ніж у 2,5 %, але січень за період дослідження був найменш забрудненим через пил та діоксид сірки. Невелика частка

яких створювалася через послаблення швидкості до 1-3 м/с при північному напрямку.

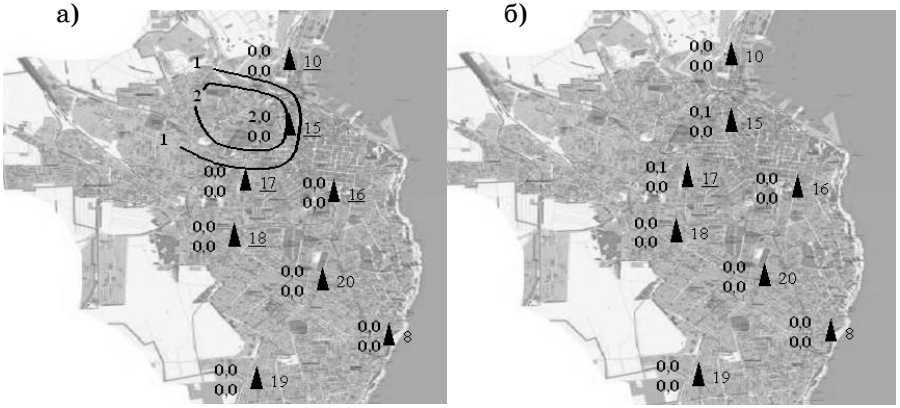


Рис. 1. Повторюваність ГДК пилу та діоксиду сірки в Одесі у січні 2003 та 2004 рр.

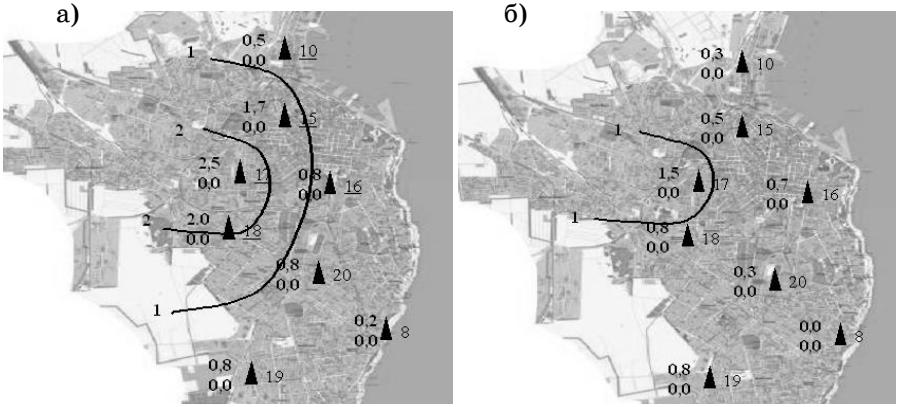


Рис. 2. Повторюваність ГДК пилу та діоксиду сірки в Одесі протягом 2003 та 2004 рр.

Література

1. Івус Г. П. Практикум зі спеціалізованих прогнозів погоди. — Одеса: Екологія, 2007. — 322 с.
2. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей / Под ред. Ф. Т. М. Ньистадта, Х. Ван Допа. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985.

3. Безуглая Э. Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения городов. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — 184 с.
4. Безуглая Э. Ю., Сонькин Л. Р. Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха в городах Советского Союза / Метеорологические аспекты загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1971. — С. 241-252.
5. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985.
6. Горошко В. В. Некоторые особенности распространения вредных примесей от высоких источников в зависимости от синоптико-метеорологических факторов // Труды ГГО. — 1968. — Вып. 207. — С. 69-75.
7. Громова О. В. Аналіз моделей поширення домішок в атмосфери від стаціонарних джерел // Труди УкрНДГМІ. — 2004. — Вип. 253. — С. 173-181.
8. Довгий С. А., Прусов В. А., Копейка О. В. Математическое моделирование техногенных загрязнений окружающей среды. — К.: Наукова думка, 2000.
9. Згуровский М. З., Скопецкий В. В., Хрущ В. Х. и др. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде. — К., 1997.
10. Ивус Г. П., Семергей-Чумаченко А. Б. Некоторые параметры аномальных метеорологических условий над Причерноморьем // Метеорология, климатология и гидрология. — 1998. — Вып. 35. — С. 113-121.
11. Климатические характеристики условий распространения примесей: Справ. пос. — Л.: Гидрометеоиздат, 1983. — 238 с.
12. Концепція охорони атмосферного повітря у місті Одесі на період до 2010 року. — WWW.Odessa.UA — official site of Odessa city _ Statutory acts _ Resolutions of the City Council.htm.
13. Матвеев Л. Т., Матвеев Ю. Л. Облака и вихри — основа колебаний погоды и климата. — СПб.: РГГМУ, 2005. — 327 с.

УДК 551.577.32

Л. Д. Гончарова

РЕЖИМ ЗВОЛОЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ ПРОТЯГОМ XX СТОЛІТТЯ (осінній та весняний сезони)

Опади відносяться до найбільш мінливих метеорологічних величин. В різних районах України вони істотно відрізняються за кількістю, характером розподілу, річним ходом, інтенсивністю, тривалістю і т. ін. Процес їх утворення настільки різноманітний, а фактори утворення такі мінливі та складні для кількісного опису, що до тепер розрахування опадів в моделях загальної циркуляції атмосфери та клімату залишаються найбільш слабким місцем.

За XX століття річна кількість опадів на території України нерівномірно змінювалася. У деяких областях вона збільшувалася на 7-10 % від кліматичної норми, на решті території — зменшувалася або залишалася без змін. Восени, наприклад, порівняно з початком століття, опади не змінилися або дещо зменшилися. Збільшення кількості опадів спостерігається на півдні [1]. Співпадання тривалості періодів у змінах опадів на станціях, розташованих на значній відстані одна від одної, свідчать про загальні причини цих змін, якими можуть бути багаторічні цикли у змінах сонячної активності, вулканічної діяльності або коливань циркуляції атмосфери.

Зміни температурно-вологового режиму узгоджуються зі змінами характеру циркуляції атмосфери в Атлантико-Європейському секторі, до якого відноситься наша країна. В останнє десятиріччя відбулося зміщення на схід (до 20°) «центрів дії атмосфери» — Сибірського та Азорського максимумів. Ці процеси зумовлюють додатні аномалії температури повітря у холодний період року та особливості режиму зволоження. Одеський регіон є районом з недостатнім зволоженням, тобто спостерігається найбільша ймовірність посушливих років. Тут випадає найменша кількість опадів за рік (400-500 мм), на узбережжі — менше 400 мм [2].

Загальною закономірністю зміни кількості опадів залишається значне їх коливання з року в рік, а також велика мінливість по регіону. Розподіл опадів на континентах залежить, перш за все, від процесів загальної циркуляції атмосфери, які визначають перенесення вологи, та водність хмар, а також від місцевих фізико-географічних особливостей. Розподіл опадів протягом XX століття на півдні України відрізняється від сторічного ходу опадів на решті території. Крім того існують різниці між ходом опадів на сусідніх станціях.

При дослідженні динаміки зволоження для цілей сталого розвитку Одеського регіону були використані дані місячних сум опадів кліматичних довідників за два періоди: 1891-1960 рр. [3] та за стандартний період 1961-1990 рр. [4] по 10 станціях цієї області. Оскільки аналіз сезонних значень опадів відображає стан сучасного клімату, раніше були розглянуті змінення місячних сум опадів за літній та зимовий періоди [5], а в цій статті розглядається динаміка режиму зволоження регіону за весняний та осінній сезони. Значення місячних сум опадів за осінній період (вересень, жовтень, листопад) представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Місячна кількість опадів на станціях Одеського регіону за періоди 1891-1960 рр. та 1961-1990 рр., мм

№	Станція	1891-1960 рр.				1961-1990 рр.			
		IX	X	XI	$\bar{x}$	IX	X	XI	$\bar{x}$
1	Любашівка	34	32	31	32	43	28	43	38
2	Затишшя	29	36	32	32	36	27	36	33
3	Сербка	27	33	32	31	38	23	34	32
4	Роздільна	29	35	32	32	42	26	39	36
5	Одеса	28	36	34	33	36	26	42	35
6	Б.-Дністровський	25	26	32	28	32	29	38	33
7	Сарата	28	27	29	28	44	26	34	35
8	Болград	25	29	33	29	47	27	36	37
9	Вилкове	26	38	38	34	46	25	40	37
10	Ізмаїл	29	28	31	29	46	25	37	36
	Середнє	28	32	32	31	41	26	38	35

Як випливає з табл. 1, по Одеському регіону максимум місячної кількості опадів восени у першому періоді припадає на жовтень-листопад (32 мм), а у другому — на вересень (41 мм). Мінімальні значення (28 та 26 мм) зафіксовані у вересні (I період) та у жовтні (II період) відповідно. На півночі області (ст.ст. Любашівка, Затишшя, Сербка, Роздільна) опади за цей сезон у середньому складали 31-32 мм у першому та 32-38 мм — у другому періодах. Для південних станцій області (Одеса, Б.-Дністровський, Вилкове, Ізмаїл) ці суми складали: 28-34 мм та 33-37 мм відповідно по періодах. Таким чином, з табл. 1 видно, що у другій половині XX століття місячні суми опадів зростали у вересні та листопаді на всіх станціях Одеської області. У жовтні, навпаки, ці суми зменшувалися, крім ст. Б.-Дністровський.

Для більш детального аналізу змінення місячних сум опадів на станціях Одеського регіону розглянемо розподіл цієї кліматичної характеристики по окремих місяцях осіннього сезону за два періоди, який представлено на рис. 1-3.

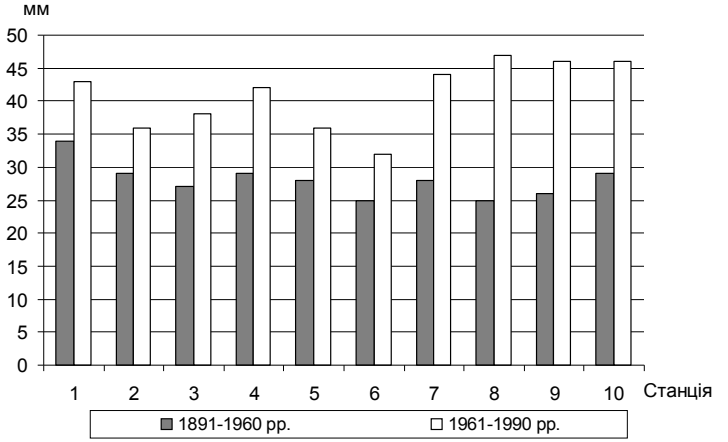


Рис. 1. Місячна кількість опадів на станціях Одеського регіону за періоди 1891-1960 рр. та 1961-1990 рр. (вересень)

Як видно з рис. 1, місячна кількість опадів у вересні мала тенденцію до збільшення у другій половині XX століття. Максимум їх спостерігався на ст. Любашівка (34 мм) у першому періоді та на ст. Болград (47 мм) — у другому. Мінімум опадів (25 мм) зафіксовано на південних станціях — Болград та Б.-Дністровський за I період, та на ст. Б.-Дністровський (32 мм) — у II періоді. Різке збільшення (майже удвічі) опадів у другій половині минулого століття спостерігалося в південній частині регіону (ст.ст. Сарата, Болград, Вилкове, Ізмаїл). На північних станціях (Роздільна, Сербка, Любашівка) опади збільшилися майже у 1,5 рази.

У жовтні (рис. 2), навпаки, місячна кількість опадів у період 1891-1960 рр. перевищувала кількість опадів у період 1961-1990 рр. на всіх станціях Одеського регіону (крім ст. Б.-Дністровський) у середньому на 6 мм. Кількість опадів у жовтні в період 1891-1960 рр. коливалася від 26 до 38 мм, а у II період — в межах 23-29 мм.

У листопаді (рис. 3) місячна кількість опадів у першому періоді змінювалася від 29 до 38 мм, а в другому — від 34 до 43 мм. У листопаді, як і у вересні місяці, тенденція збільшення опадів у другому періоді залишалася, але тільки на ст. Любашівка вона

більше в 1,3 рази, порівняно з І періодом, а на всіх 9-ти станціях це збільшення незначне — від 2 мм на ст.ст. Сербка, Вилкове до 8 мм на ст. Одеса.

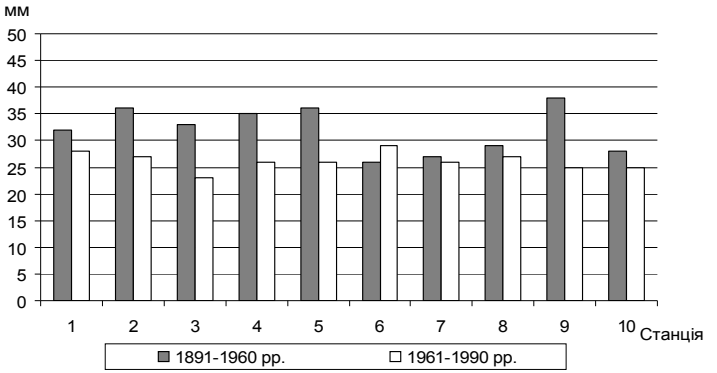


Рис. 2. Місячна кількість опадів на станціях Одеського регіону за періоди 1891-1960 рр. та 1961-1990 рр. (жовтень)

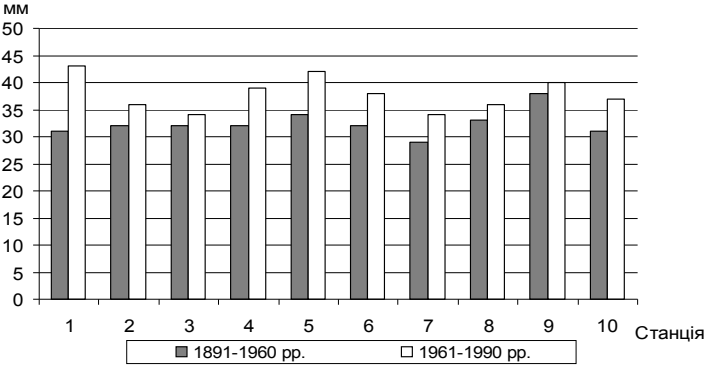


Рис. 3. Місячна кількість опадів на станціях Одеського регіону за періоди 1891-1960 рр. та 1961-1990 рр. (листопад)

Аналіз кліматичних довідників [3; 4] дав змогу визначити роки XX століття осіннього сезону, що характеризувалися відсутністю опадів. У вересні це спостерігається як у першому, так і у другому періодах. Для ст.ст. Затишшя, Сербка — 1944 рік, для ст.ст. Одеса, Б.-Дністровський — 1947 р.; ст.ст. Любашівка, Болград — 1961 р.; ст.ст. Сарата, Вилкове — 1982 р.; ст. Ізмаїл — 1903 рік. Навпаки, у жовтні та листопаді на станціях Одеського регіону відсутність опадів припадає на роки І періоду, що розглядається. І тільки на ст. Сербка це 1963 рік (як у жовтні, так і у листопаді).

Значення місячних сум опадів за весняний сезон (березень, квітень, травень) знаходяться в табл. 2.

Таблиця 2

Місячна кількість опадів на станціях Одеського регіону за періоди 1891-1960 рр. та 1961-1990 рр., мм

№	Станція	1891-1960 рр.				1961-1990 рр.			
		III	IV	V	$\bar{x}$	III	IV	V	$\bar{x}$
1	Любашівка	24	29	47	33	34	39	52	42
2	Затишшя	20	27	42	30	32	35	46	38
3	Сербка	25	30	39	31	26	34	39	33
4	Роздільна	22	29	46	32	30	36	47	38
5	Одеса	21	26	34	27	31	34	39	35
6	Б.-Дністровський	22	27	35	28	25	35	33	31
7	Сарата	19	29	47	32	26	32	48	35
8	Болград	21	32	48	34	32	36	51	40
9	Вилкове	23	29	36	29	33	35	41	36
10	Ізмаїл	24	30	47	34	33	34	47	38
	Середнє	22	29	42	31	30	35	44	36

Із аналізу табл. 2 видно, що місячна кількість опадів за стандартний період (1961-1990 рр.) практично всюди (крім ст. Б.-Дністровський) перевищує цю кількість опадів І періоду. Опади, як бачимо, у другій половині XX століття весною зростали, але по-різному в окремі місяці сезону. У березні зафіксовано у середньому по регіону найменша кількість опадів: 22 мм у першому та 30 мм у II періодах. Більш вологим, чим березень, є квітень. Ці значення збільшилися до 29 мм у І, та до 35 мм у II періодах. У подальшому опади зростають і у травні було зафіксовано 42 та 44 мм відповідно по періодах. Взагалі по регіону у березні місячна кількість опадів коливалася в межах від 19 мм (ст. Сарата) до 25 мм (ст. Сербка) у І періоді, та від 25 мм (ст. Б.-Дністровський) до 34 мм (ст. Любашівка) — у II періоді. У першій половині XX століття на ст. Одеса у квітні (26 мм) та травні (34 мм) зафіксовані мінімальні суми опадів, а на ст. Болград за ці ж місяці (32 та 48 мм) — максимальні по регіону. Це вказує на те, що опади південної частини області (в залежності від станції) дуже різняться по кількості і не мають будь-якої закономірності у І періоді. Навпаки, у II періоді чітко можна простежити тенденцію розподілу мінімальних значень місячної кількості опадів на південних станціях області (25 мм — ст. Б.-Дністровський у вересні; 32 мм — ст. Са-

рата у квітні та 33 мм — на ст. Б.-Дністровський у травні) та максимальних — на північній станції Любашівка (34, 39, 52 мм по місяцях весняного сезону відповідно).

За сезон по регіону місячна кількість опадів коливалася в межах від 27 мм (ст. Одеса) до 34 мм (ст.ст. Болград, Ізмаїл) у першому періоді та в межах від 31 мм (ст. Б.-Дністровський) до 42 мм (ст. Любашівка) в період 1961-1990 рр. Для більшої наочності за даними табл. 2 побудовані діаграми розподілу кількості опадів за окремі місяці весняного сезону. В якості прикладу на рис. 4 представлена місячна кількість опадів на 10 станціях Одеського регіону у березні.

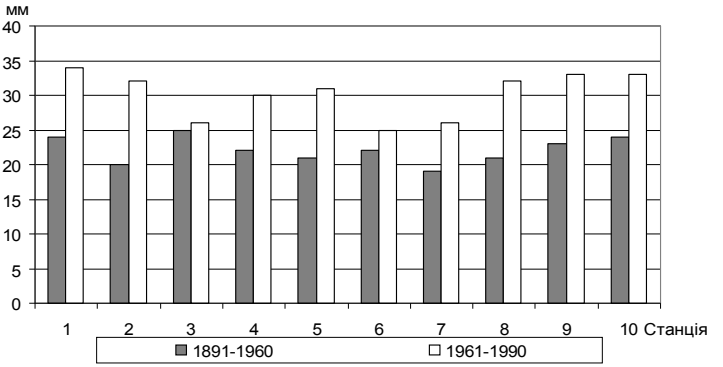


Рис. 4. Місячна кількість опадів на станціях Одеського регіону за періоди 1891-1960 рр. та 1961-1990 рр. (березень)

Як випливає з табл. 2 та рис. 4, у березні різниці сум опадів є найбільшими у порівнянні двох періодів. Опади суттєво зросли (на 7-12 мм) практично на більшості станцій регіону, крім ст. Сербка (на 1 мм) та ст. Б.-Дністровський (на 3 мм), на яких опади у березні на протязі XX століття суттєво не змінювалися. У квітні по регіону спостерігається зростання опадів, причому на північних станціях воно є більшим (до 10 мм), чим на південних (від 3 до 6 мм) у порівнянні з початком XX століття. У травні місячна кількість опадів майже відповідала нормі або залишалася незмінною на протязі двох періодів (ст. Сербка та ст. Ізмаїл) і тільки на ст. Б.-Дністровський ця кількість опадів зменшилася на 2 мм.

Таким чином, весною найбільш суттєві зміни в місячній кількості опадів на станціях Одеського регіону спостерігалися у березні. У цьому місяці збільшення кількості опадів у другій половині століття є найбільшим.

Література

1. Клімат України / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячка, В. М. Бабіченко. — К.: Вид-во Раєвського, 2003. — 343 с.
2. Ліпінський В. М. Глобальна зміна клімату та відгук в динаміці клімату України // Мат. Міжнар. конф. «Інвестиції та зміна клімату: можливості для України». — К., 2002. — С. 177-185.
3. Справочник по климату СССР. — Вып. 10, Украинская ССР. — Ч. IV, Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. — Л.: Гидрометеоиздат, 1969. — 605 с.
4. Климатологические стандартные нормы (1961-1990 гг.). — К., 2002. — 446 с.
5. Гончарова Л. Д. Динаміка режиму зволоження на території Одеського регіону протягом XX століття // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. — 2009. — № 4(8). — С. 94-100.

О. О. Врублевська
Ю. М. Гурська

ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІАЦІЙНОГО РЕЖИМУ В РАЙОНІ МІСТА ОДЕСИ

Вступ. Бурхливий розвиток усіх напрямків народного господарства і зростання народонаселення планети призвели до збільшення світової енергопотреби. Динаміка приросту споживання енергії тільки у зв'язку з зростанням населення Земної кулі в період 1980-2000 рр. і прогнозовані оцінки на 2050 рік, які представлені в роботах Груза (1979) і Ревель (1994, 1995), говорять про те, що тепер подвоєння енергоспоживання відбувається не за 50 років, як це мало місце на початку минулого століття, а за 15-20 років, а до 2050 року сумарне енергоспоживання зросте приблизно в 2,5 рази в порівнянні з теперішнім. Тому виникає проблема пошуку засобів отримання такої кількості енергії і переробки енергоресурсів, з якими людство раніше не стикалося.

Високі темпи зростання споживання енергії головним чином забезпечуються за рахунок органічного палива (вугілля, нафти, газу), запаси якого значно зменшуються. До того ж безпрецедентні масштаби його добутку можуть викликати не передбачені екологічні наслідки і катастрофи в масштабах Земної кулі. Тому в останній час все більш актуальним стає питання про необхідність використання сонячної радіації і енергії вітру, як основних джерел енергії на Землі.

Дійсно, Сонце — це по суті невичерпний постачальник енергії, тепла і світла. За оцінками спеціалістів загальна кількість сонячної енергії, що досягає поверхні Землі за рік, в 59 разів перевищує всю ту енергію, яку можна отримати з запасів копального палива, і приблизно в 35000 разів теперішнього щорічного споживання енергії у світі. Складність використання енергії Сонця полягає в тому, що вона характеризується малою щільністю на одиницю площини і має значну часову мінливість.

Метою роботи являлось дослідження статистичної структури рядів окремих характеристик радіаційного режиму і встановлення часової їх мінливості протягом другої половини двадцятого століття. Для розв'язання цих питань використані дані актинометричних спостережень за період з 1961 до 1986 року станції Одеса, обсерваторія, а також відбудовані методом кореляційного аналізу ряди за 40-річний період.

Основні результати дослідження. Часовий ряд — це перелік значень випадкової величини. Задача статистичного аналізу такого ряду полягає в тому, щоб з'ясувати основні його властивості, а саме мінливість і характеристики його періодичних і неперіодичних коливань. Знання цих властивостей дозволяє вирішити важливу задачу — передбачити поведінку часового ряду, що актуально при вивченні характеру змін клімату і окремих його складових.

Дослідження часової мінливості характеристик радіаційного режиму, а саме, прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню та сумарної радіації, передбачає оцінку основних параметрів їх розподілу, які є важливими кліматичними показниками (табл. 1). Це, перш за все, середнє арифметичне значення величин ряду, аналіз якого дозволяє стверджувати про наявність протягом року значних змін в усіх показниках радіаційного режиму. Так, пряма радіація на перпендикулярну поверхню в січні складає тільки 124 мДж/м^2, а в липні вона перевищує 580 мДж/м^2. Зіставлення максимальних і мінімальних її значень протягом року також підкреслює наявність значних змін в режимі прямої сонячної радіації за рік. Для сумарної радіації Q ці зміни ще більш помітні.

Середня статистичного ряду є результат підсумку всіх його величин, діапазон змін яких від мінімального значення до максимального може бути різним. Показником часової мінливості є середній квадратичний відхил σ_x і коефіцієнт мінливості C_v, аналіз яких дозволяє стверджувати, що як пряма сонячна радіація так і сумарна більш мінливі в часі в холодний період: коефіцієнт мінливості

C_v для сумарної радіації взимку складає 0,14-0,18, а для прямої радіації він коливається від 0,32 до 0,40. Влітку, ці показники радіаційного режиму більш стабільні. Так, коефіцієнт мінливості C_v для сумарної радіації не перевищує 0,10, для прямої — 0,15.

Таблиця 1

Основні статистичні характеристики місячних сум сумарної (а) і прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню (б)

а) Сумарна радіація Q

	$X_{ср}$	X_{min}	X_{max}	σ_x	C_v,%	As	E
I	109,0	74,8	142,9	17,00	0,16	-0,26	-1,22
II	154,0	110,1	224,2	28,30	0,18	0,52	-0,74
III	271,0	170,8	365,8	45,00	0,17	0,24	-0,56
IV	439,7	341,5	547,9	60,70	0,14	-0,27	-1,26
V	580,4	507,2	723,2	59,80	0,10	1,29	-0,44
VI	693,0	574,7	725,6	54,80	0,08	-1,43	-0,44
VII	663,4	580,8	743,9	44,13	0,07	-0,02	-1,07
VIII	606,8	498,9	668,0	55,20	0,09	-1,26	-0,77
IX	414,3	367,0	510,4	39,80	0,10	1,00	-1,37
X	254,5	215,9	352,5	31,60	0,12	1,51	0,96
XI	122,0	62,1	169,7	28,00	0,23	-0,52	-1,00
XII	80,4	60,1	113,5	11,20	0,14	0,73	0,10

б) Пряма сонячна радіація на перпендикулярну поверхню S

	$X_{ср}$	X_{min}	X_{max}	σ_x	C_v,%	As	E
I	123,90	52,2	195,5	40,0	0,32	0,26	-1,21
II	123,60	41,4	303,2	39,2	0,32	0,45	-0,73
III	215,60	79,1	398,6	68,5	0,32	0,29	-1,05
IV	334,80	179,9	556,3	87,5	0,26	1,17	0,40
V	502,00	323,0	752,6	111,5	0,22	0,53	-0,86
VI	576,30	407,5	716,9	87,8	0,15	0,35	-1,20
VII	582,57	427,8	733,1	81,8	0,14	0,17	-1,05
VIII	576,20	419,8	779,7	85,7	0,15	0,28	-0,82
IX	474,80	331,8	667,8	85,5	0,18	0,40	-0,83
X	298,40	200,6	588,0	63,8	0,21	1,55	1,24
XI	133,00	29,7	261,1	53,2	0,40	0,53	-0,57
XII	91,80	35,1	191,5	34,4	0,37	0,72	0,05

Важливими оцінками статистичного розподілу випадкових величин є основні третій і четвертий моменти, які дозволяють розрахувати коефіцієнти асиметрії A_S і ексцесу E і встановити ступень відмінності даного розподілу від нормального.

Для статистичного розподілу як сумарної радіації Q, так і прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню S характерно від'ємне значення коефіцієнта ексцесу E, що ще раз підкреслює їх значну мінливість. В значеннях коефіцієнту асиметрії рядів Q і S є помітні розбіжності. Якщо, для прямої радіації на перпендикулярну поверхню характерно додатне його значення в усі місяці року, з коливанням від 0,26 — в січні до 1,55 — в жовтні, що говорить про помітне відхилення їх статистичного розподілу від нормального, то в рядах Q такої закономірності не спостерігаємо: значення коефіцієнту асиметрії A_S коливаються від додатних до від'ємних в значних межах за абсолютною величиною. І тільки в липні розподіл наближається до симетричного.

На фоні загальних змін, які відбуваються в температурному режимі нашої планети, досліджуються зміни усіх кліматичних параметрів і на регіональному рівні. Безумовно, що в цьому плані для оцінки теперішніх і майбутніх можливостей використання геліоресурсів в нашому регіоні інтерес являє також дослідження змін показників радіаційного режиму протягом останнього часу. Нажаль, аналіз їх часового розподілу утруднено, бо з різних причин відсутні довгі ряди даних актинометричних спостережень, що майже виключає можливість вивчення динаміки цих змін. Тому попередньо до рішення цього питання зроблена спроба доступними методами відбудувати відсутні дані і збільшити таким чином вихідні ряди. Найбільш поширений метод, який використовується в такому випадку, це кореляційний метод, в основу якого покладені досить тісні зв'язки між різними показниками радіаційного режиму. Відомо, що режим прямої, розсіяної, сумарної радіації на одній і тій же широті в значній мірі визначається режимом хмарності. Тому, в багатьох роботах вивчається саме ця залежність.

Ясна річ, що пряма залежність існує між режимом прямої і сумарної радіації, з одного боку, і тривалістю сонячного сяйва (ТСС), з другого. Тому, маючи в своєму розпорядженні дані з прямої і сумарної радіації на станції Одеса, обсерваторія за період 1961-1986 рр., а також дані з ТСС центральних місяців сезонів за період 1951-1990 рр., в роботі зроблена спроба на основі кореляційної залежності між ними відбудувати для цих місяців часові ряди характеристик радіаційного режиму об'ємом в 40 років. Для підтвердження наявності лінійної залежності були побудовані кореляційні графіки між тривалістю сонячного сяйва і Q, і S, що дало можливість

для з'ясування тісноти зв'язку між ними використовувати коефіцієнт кореляції r_{xy}.

Для всіх місяців, що досліджувалися, коефіцієнт кореляції r_{xy} визнано статистично значущим, навіть для жовтня, коли його величина склала 0,58 і 0,35 відповідно для Q і S. В цьому випадку $t_{кр} = 2{,}02$ було перевищено ($t_ф = 3{,}1$-$2{,}9$), що дало змогу відхилити основну гіпотезу про його статистичну незначущість. Рівняння регресії і значення коефіцієнта кореляції r_{xy} наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Рівняння лінійної регресії

Місяць	Q	r_{xy}	S	r_{xy}
січень	Y = 0,54 x + 60,1	0,83	Y = 1,4 x + 14,4	0,84
квітень	Y = 1,31 x + 192,0	0,94	Y = 2,0 x - 22,7	0,89
липень	Y = 1,2 x + 306,2	0,84	Y = 2,32 x - 135,6	0,79
жовтень	Y = 0,57 x + 169,4	0,58	Y = 0,84 x + 161,7	0,35

Побудовані, з урахуванням відбудованих рядів прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню S і сумарної радіації Q, графіки їх часового розподілу дозволили виявити характер часових змін цих характеристик за 40-річний період (рис. 1).

Так, в січні відмічаємо значну часову зміну в рядах ТСС, так і S, і Q: помітне збільшення S, порівняно з нормою, спостерігається в періоди 1961-1967, 1970-1974, 1976-1980, 1981-1983 рр., тривалість яких, в середньому, становить 3 роки. Майже такою ж тривалістю характеризували періоди зі зниженими значеннями S, які припадали на роки 1966-1969, 1973-1976, 1979-1981 рр. Після 1983 року, спостерігається помітне зниження S, і лише в кінці 80-х років знову намітилась тенденція її збільшення. Більш стійким характером розподілу відмічався період з 1951-1960 роки, при загальному зниженому фоні в приході сонячної радіації порівняно з нормою. Аналогічний характер розподілу в часових рядах сумарної радіації Q.

В липні всі характеристики радіаційного режиму відрізняються значно більшою стабільністю при загальному зменшенню їх місячних сум після 1970 року.

Побудовані за ковзкими 10-річними середніми значеннями графіки часового розподілу S і Q (рис. 2) дають можливість підтвердити наявність періодів з підвищеними і зниженими їх величинами і намітити тенденцію їх зміни в часі. Так, в січні, до 1975 року

має місце тенденція їх зростання, після чого до кінця періоду спостереження вони зменшуються. Така ж тенденція спостерігається і в квітні, однак, зменшення місячних сум починається вже після 1965 року. В липні і жовтні характер змін більш складний. Так, в липні спостерігається безперервне їх зменшення до 1975 року, після чого намітилась тенденція їх збільшення, але на фоні значень нижче норми. В жовтні спостерігаються деякі коливання місячних величин S і Q з їх підвищенням до 1965 року, зменшення до 1975 року, з послідуючим їх підвищенням до 90-х років.

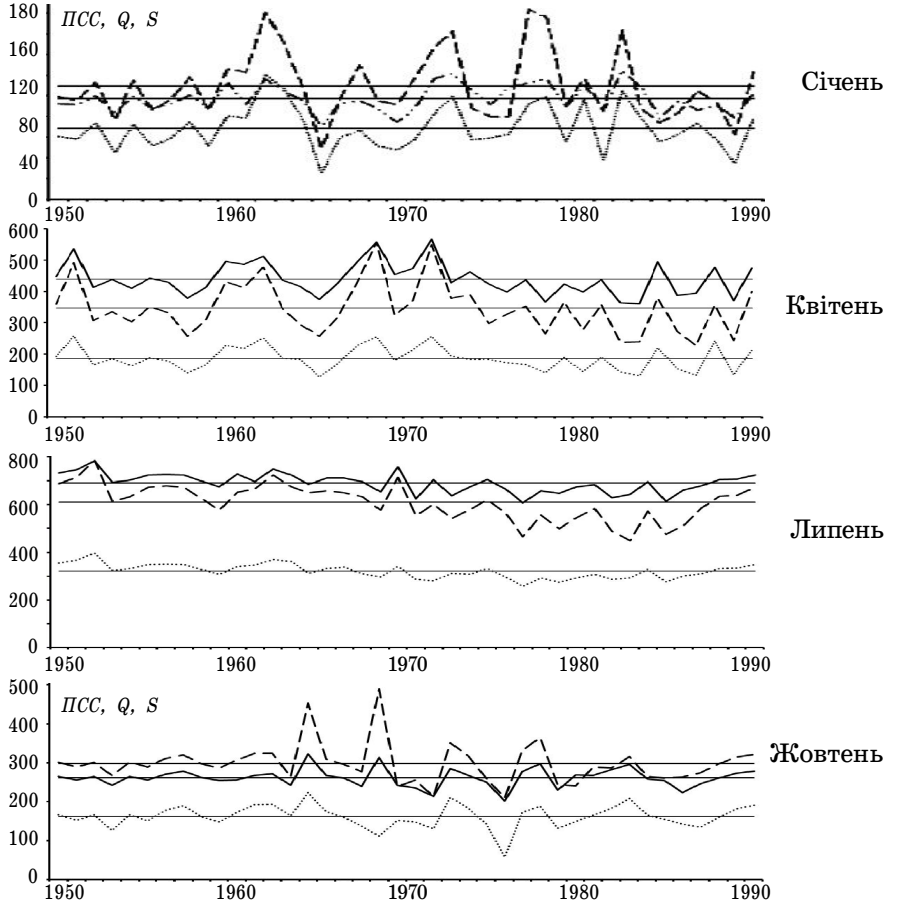


Рис. 1. Часовий хід характеристик радіаційного режиму, де: —— середнє, - - - - *ПСС*, —- - - *Q*, —— —— *S*.

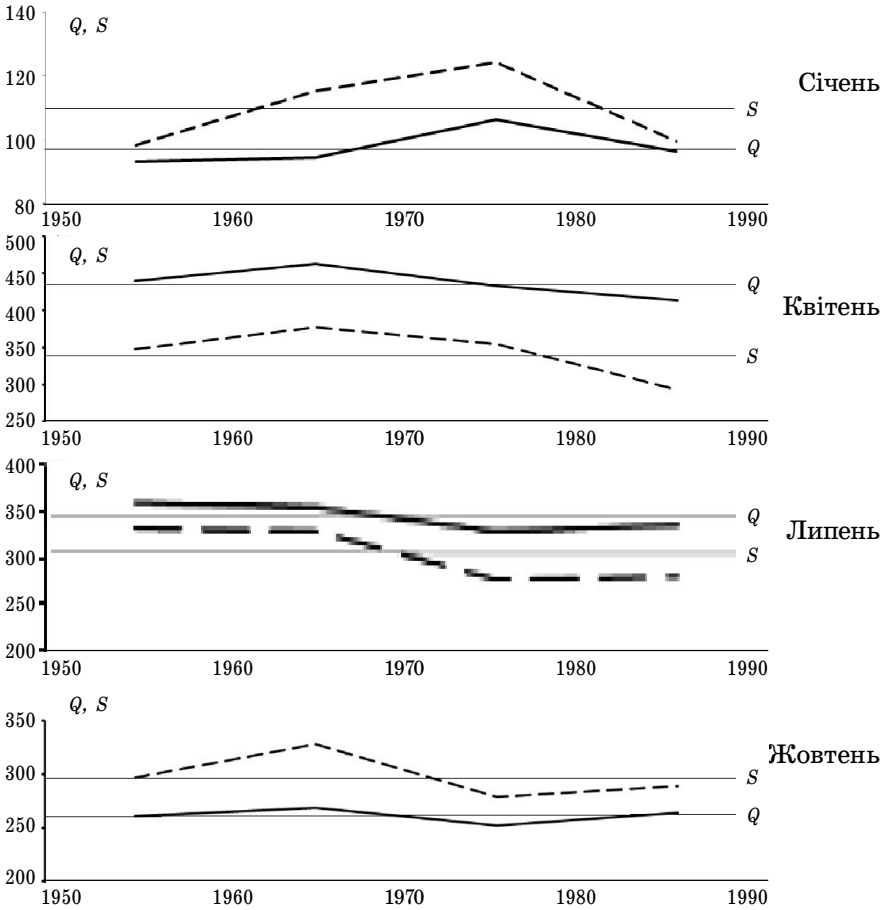


Рис. 2. Згладжений за 10-річних ковзких середніх часовий хід характеристик радіаційного режиму, де: —— середнє, ——— Q, — — S.

Загальну тенденцію цих змін ілюструє табл. 3, в якій наведені різниці між багаторічними середньомісячними сумами S і Q, знайденими до і після 1963 року. Вони вказують на те, що в цілому за рік зменшення прямої на перпендикулярну поверхню і сумарної радіації складає відповідно 261 і 196 мДж/м^2. При цьому, більш помітні ці зменшення в тепле півріччя. Можливо, це обумовлено збільшенням хмарності в тепле півріччя, що ілюструють різниці між середнім балом хмарності за послідуючі і попередні періоди (Δn) відносно 1963 року.

Таблиця 3

Різниця між багаторічними середніми значеннями S, Q і хмарності, отриманими за різні періоди осереднення

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Річна
Q_1	117	168	339	507	675	725	758	641	649	285	126	101	4911
Q_2	114	160	306	465	631	698	712	623	452	282	118	89	4650
ΔQ	-3	-8	-33	-42	-44	-27	-46	-18	-17	-3	-8	-12	-261
S_1	117	151	302	444	616	687	775	696	557	335	138	105	4923
S_2	95	153	281	428	591	663	725	656	572	323	137	103	4727
ΔS	-22	2	-21	-16	-25	-24	-50	-40	15	-12	-1	-2	-196
Δn	-0,2	-0,2	0,1	0,3	0,0	0,3	0,8	0,2	0,3	-0,4	-0,3	-0,3	

де S_1 і Q_1 — дані Кліматичного довідника (видання 1966 р.); S_2 і Q_2 — дані Науково-прикладного довідника (видання 1990 р.); Δ n — різниця між середнім балом хмарності.

Спроба виявити тренд в характері зміни за допомогою кількісних показників, а саме, за допомогою рівняння лінійної регресії між вихідними величинами з однієї сторони і значеннями років з іншої, не завершились успіхом, так як коефіцієнт кореляції виявився статистично незначущим, що не дозволило побудувати рівняння регресії і виявити трендові складові процесу. Однак, від'ємні значення коефіцієнта кореляції підтверджує встановлені закономірності в часовому розподілі характеристик сонячної радіації — відмічається тенденція їх зниження.

Це слід приймати до уваги при плануванні заходів щодо використання енергії Сонця для прикладної мети.

Література

1. Берлянд Т. Г. Климатологические исследования солнечной радиации для использования их в гелиотехнических целях // Тр. ГГО. — 1980. — № 427. — С. 3-33.
2. Волеваха М. М., Гойса М. І. Енергетичні ресурси клімату України. — К.: Наукова думка, 1967. — 132 с.
3. Гойса Н. И. Распределение суммарной радиации по территории Украины и Молдавии // Тр. УкрНИГМИ. — 1961. — Вып. 26. — С. 14-28.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. — Сер. 3. — Ч. 1. — Вып. 10. — Л.: Гидрометеоиздат, 1990.
5. Справочник по климату СССР. — Ч. 1, 5. — Вып. 10. — Л.: Гидрометеоиздат, 1963.

О. О. Врублевська
Ю. М. Гурська

РЕЖИМ ГОДИННИХ І ДОБОВИХ СУМ ПРЯМОЇ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ НА ПЕРПЕНДИКУЛЯРНУ ПОВЕРХНЮ В ОДЕСІ

Вступ. Неухильне зростання енергоспоживання настійно потребує від людства використання енергії Сонця для задоволення своїх енергетичних потреб. І всі регіони України, які розташовані на південь від 50° широти, практично придатні для вирішення цієї задачі за допомогою різних геліосистем. Для визначення економічної доцільності використання таких систем і вибір найбільш ефективних з них в місті Одесі і на території Одеської області потребується детальне дослідження, перш за все, режиму добових і годинних сум прямої сонячної радіації.

Метою роботи являлось дослідження повторюваності та забезпеченості добових і годинних сум прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню і визначення умов, при яких робота геліоустановок буде рентабельною. Для розв'язання цих питань використовувались актинометричні дані станції Одеса, обсерваторія з добових і годинних сум радіації за 26-річний період (1961-1986 рр.), а також їх багаторічні значення, отриманих з кліматичних довідників.

Основні результати дослідження. Як встановлено рядом дослідників, деякі геліоустановки (наприклад, параболоїдна установка ГУ-10), для одержання кип'ятку та водяної пари працюють рентабельно, якщо Сонце світить безперервно 4-5 годин. За цей час поступає, в середньому, близько 13-14 мДж/м^2 прямої сонячної енергії на 1 м^2 дзеркала геліоустановки. Таким чином, ця установка може ефективно працювати при добових сумах прямої радіації на перпендикулярну поверхню S понад 16 мДж/м^2 [2]. Наведені в табл. 1 повторюваності добових величин прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню різної величини дають уявлення про можливі сприятливі і несприятливі ситуації для роботи геліоустановок. На її основі збудована табл. 2, дані якої дозволяють оцінити забезпеченість добових сум радіації вище вказаної межі.

Встановлено, що навіть в зимові місяці мають місце дні, коли добові суми S перевищують 16 мДж/м^2, але ймовірність їх незначна. Так, в січні, вона складає 9,5 %, тобто приблизно 3 рази в місяці спостерігаються дні зі значним надходженням прямої радіації на перпендикулярну поверхню. Можливі випадки з добовими сумами S вище 18 і 20 мДж/м^2. В період, коли в середньому за місяць багаторічна добова сума S сягає і перевищує 16 мДж/м^2, а саме з

Таблиця 1

Повторюваність (%) добових величин прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню

Місяць	Добові величини радіації																					Багаторічна середня добова Σ
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-32	32-34	34-36	36-38	38-40	40-42	
I	57,3	7,2	6,7	5,4	5,0	4,7	4,3	3,8	2,8	1,5	0,4	0,4	0,3									4,37
II	56,9	7,2	5,5	4,5	4,2	4,0	4,5	3,2	3,4	2,1	1,3	1,3	0,6	0,8	0,2							5,03
III	44,8	7,1	4,3	6,2	4,4	4,2	4,8	2,7	4,3	4,7	4,7	3,5	3,2	1,6	1,6	1,1	0,8	0,1				7,85
IV	26,5	7,2	5,4	5,4	4,0	5,4	5,3	4,6	4,6	5,1	5,8	4,3	4,7	3,6	3,3	1,5	1,5	0,4	0,3	0,1		12,68
V	11,2	3,4	5,4	6,2	5,4	5,8	5,0	4,8	4,3	5,4	5,3	4,9	5,7	6,3	6,6	4,9	2,7	1,4	0,9			16,28
VI	6,1	2,5	3,9	5,2	4,1	4,2	5,0	5,0	7,4	6,7	5,2	5,8	8,5	8,9	7,7	4,7	4,4	2,5	1,5	0,5	0,1	20,00
VII	5,8	3,4	3,0	3,0	3,8	4,8	7,5	6,0	5,4	6,3	9,7	7,9	8,6	8,2	6,6	4,6	3,1	1,6	1,1	0,1		19,84
VIII	6,2	2,3	3,0	2,3	3,6	3,9	6,2	5,1	9,7	11,3	8,3	9,7	7,4	8,6	5,8	3,0	2,6	0,5	0,1	0,3		18,82
IX	10,6	3,9	3,9	4,6	3,9	5,1	7,2	5,1	8,6	8,3	9,1	7,8	4,9	7,5	3,3	1,4	1,0	0,4	0,3			15,80
X	23,4	8,6	7,2	5,9	5,3	5,8	5,6	6,3	5,5	7,9	6,2	5,2	0,3	1,3	0,3							10,76
XI	55,6	8,9	5,8	4,6	4,6	5,7	5,1	4,0	2,5	1,7	0,3	0,7			0,1							4,13
XII	57,8	8,3	6,7	3,9	4,1	3,4	3,4	3,1	10,3	0,6												2,93

травня по вересень, в кожному з цих місяців повторюваність днів з добовими сумами вище даної межі складає 50 % і більше; в червні, липні і вересні в половині днів кожного місяця добова сума перевищує 20 мДж/м^2, а більше ніж в треті днів місяця вона може бути вище за 26 мДж/м^2.

Таблиця 2

Забезпеченість добових сум прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню більше заданої величини

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
>16	5,4	9,7	25,6	35,2	48,4	63,1	63,1	68,5	55,1	31,3	5,6	10,9
>20	1,1	4,2	16,6	25,5	38,7	49,0	51,4	47,5	38,2	17,9	1,4	
>26		1,0	5,2	10,7	22,8	30,3	25,3	20,9	13,9	1,6		
>30		2,0	3,8	9,9	13,7	10,5	6,5	3,1				

Співставлення даних, отриманих в роботі, з тими, що наведені в [2] для м. Одеси на основі періоду з 1938 по 1964 роки, ще раз підтверджують висновок про те, що спостерігається зменшення в режимі надходження сонячної енергії: повторюваність малих добових сум радіації помітно збільшилась, а великих — зменшилась.

Відповідно критерію Б. П. Вейнберга [4], сонячна радіація може вважатися «технічно прийнятною» з того моменту, коли її інтенсивність (S) досягає 0,42 кВт/м^2, тобто годинна сума прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню повинна перевищувати 1,5 мДж/м^2. Така інтенсивність при середній умові прозорості атмосфери в помірних широтах спостерігається при висоті Сонця не нижче 10°, тобто, через 1-1,5 години після сходу і до заходу Сонця. Наведені в табл. 3 багаторічні годинні суми прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню при середній хмарності дозволяють стверджувати, що такі умови в місті Одесі майже відсутні в період з жовтня по березень, і тільки в квітні, в години, близькі до полудня, така можливість з'являється. В період з травня по вересень радіаційні умови в нашому регіоні сприятливі для ефективної роботи геліосистем: добові суми перевищують 16 мДж/м^2, а годинні суми значну частину доби перевищують 1,5 мДж/м^2.

Якщо розглядати пряму сонячну радіацію при безхмарному небі, тобто максимально можливу (табл. 4), то напрошується висновок, що умови для ефективної роботи геліосистем не виключені і в місяці холодного періоду: в цьому випадку період з годинними значеннями $S > 1,5$ мДж/м^2 розширюється на весь рік. Навіть в січні протягом 6 годин, тобто майже протягом всієї світлої частини доби, мають місце сприятливі умови роботи геліосистем.

Таблиця 3

Годинні суми прямої сонячної радіації (мДж/м^2) на нормальну до променів поверхню при середніх умовах хмарності

Місяць	За годинний інтервал (істинний сонячний час)																
	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
I					0,01	0,21	0,43	0,55	0,64	0,64	0,64	0,51	0,30	0,04				
II				0,01	0,13	0,38	0,60	0,73	0,77	0,77	0,73	0,64	0,47	0,21	0,02			
III				0,13	0,47	0,73	0,94	1,07	1,07	1,11	1,07	0,94	0,81	0,55	0,17			
IV			0,13	0,60	0,98	1,24	1,41	**1,49**	**1,54**	**1,49**	1,41	1,32	1,51	0,90	0,51	0,09		
V		0,04	0,47	0,98	1,36	**1,58**	**1,75**	**1,83**	**1,83**	**1,83**	**1,75**	**1,66**	**1,49**	1,24	0,90	0,34	0,02	
VI		0,17	0,73	1,24	**1,58**	**1,83**	**1,96**	**2,05**	**2,05**	**2,00**	**1,88**	**1,79**	**1,62**	**1,41**	1,07	0,55	0,13	
VII		0,09	0,73	1,28	**1,71**	**1,96**	**2,18**	**2,22**	**2,22**	**2,13**	**2,05**	**1,88**	**1,71**	**1,45**	1,15	0,55	0,09	
VIII		0,00	0,34	1,02	**1,54**	**1,82**	**2,05**	**2,18**	**2,18**	**2,09**	**2,00**	**1,83**	**1,62**	1,32	0,90	0,26	0,00	
IX			0,04	0,60	1,24	**1,62**	**1,88**	**1,96**	**2,05**	**2,00**	**1,88**	**1,75**	**1,45**	1,11	0,47	0,02		
X				0,09	0,55	0,90	1,15	1,24	1,32	1,32	1,28	1,15	0,90	0,47	0,04			
XI					0,10	0,38	0,51	0,64	0,68	0,68	0,64	0,55	0,34	0,06				
XII					0,00	0,17	0,38	0,47	0,55	0,55	0,55	0,43	0,21	0,00				

Таблиця 4

Годинні суми прямої сонячної радіації (мДж/м^2) на нормальну до променів поверхню при безхмарному небі

Місяць	За годинний інтервал (істинний сонячний час)																	
	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
I					0,21	1,30	**2,12**	**2,40**	**2,50**	**2,50**	**2,40**	**2,12**	1,30	0,21				
II				0,03	1,05	**2,00**	**2,50**	**2,71**	**2,81**	**2,81**	**2,71**	**2,50**	**2,00**	1,05	0,03			
III				0,64	**1,72**	**2,30**	**2,58**	**2,79**	**2,91**	**2,91**	**2,79**	**2,63**	**2,35**	**1,72**	0,64			
IV			0,40	1,38	**2,04**	**2,45**	**2,68**	**2,86**	**2,94**	**2,94**	**2,89**	**2,73**	**2,53**	**2,04**	1,38	0,40		
V		0,12	0,92	**1,71**	2,25	**2,56**	**2,76**	**2,86**	**2,91**	**2,91**	**2,89**	**2,79**	**2,58**	**2,20**	**1,69**	0,90	0,12	
VI		0,36	1,20	**1,87**	**2,28**	**2,56**	**2,71**	**2,81**	**2,86**	**2,86**	**2,81**	**2,71**	**2,56**	**2,28**	**1,87**	1,20	0,36	
VII		0,21	1,00	**1,82**	**2,24**	**2,45**	**2,61**	**2,73**	**2,76**	**2,76**	**2,73**	**2,61**	**2,45**	**2,24**	**1,82**	1,00	0,21	
VIII		0,02	0,69	**1,51**	**2,02**	**2,35**	**2,58**	**2,73**	**2,79**	**2,79**	**2,73**	**2,58**	**2,35**	**2,02**	**1,51**	0,69	0,02	
IX			0,06	1,00	**1,76**	**2,25**	**2,53**	**2,68**	**2,76**	**2,76**	**2,68**	**2,56**	**2,28**	**1,76**	1,00	0,06		
X				0,28	1,36	**2,15**	**2,53**	**2,68**	**2,73**	**2,73**	**2,68**	**2,53**	**2,15**	1,36	0,28			
XI					0,35	1,41	**2,15**	**2,48**	**2,61**	**2,61**	**2,48**	**2,15**	1,41	0,35				
XII					0,06	0,95	**1,84**	**2,28**	**2,43**	**2,43**	**2,28**	**1,84**	0,95	0,06				

З урахуванням наведених даних зроблена спроба оцінити в середньому місячну тривалість роботи геліоустановок при безхмарному неба і в реальних умовах хмарності (табл. 5).

Таблиця 5

Тривалість роботи геліоустановок (години)

Стан неба	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Безхмарний	186	224	310	300	372	360	372	372	300	248	180	186
Сер. хмарн.				60	248	300	310	279	240			

Відомості про можливу (при безхмарному небі) місячну тривалість роботи геліосистем свідчать про те, що на широті Одеси вони можуть експлуатуватись протягом року. Так, навіть взимку ця тривалість досягає 186 годин, підвищуючись до 372 годин в липні-серпні. Але в реальних умовах хмарності в багаторічному розрізі сприятливим для експлуатації геліосистем є період з квітня по вересень, а тривалість їх роботи в ці місяці коливається в значних межах: від 60 годин в квітні до 300-310 годин в червні-липні

Література

1. Берлянд Т. Г. Климатологические исследования солнечной радиации для использования их в гелиотехнических целях // Тр. ГГО. — 1980. — № 427. — С. 3-33.
2. Волеваха М. М., Гойса М. І. Енергетичні ресурси клімату України. — К.: Наукова думка, 1967. — 132 с.
3. Гойса Н. И. Распределение суммарной радиации по территории Украины и Молдавии // Тр. УкрНИГМИ. — 1961. — Вып. 26. — С. 14-28.
4. Исаев А. А. Экологическая климатология. — М.: Наука, 2001. — 456 с.
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. — Сер. 3. — Ч. 1. — Вып. 10. — Л.: Гидрометеоиздат, 1990.
6. Справочник по климату СССР. — Ч. 1, 5. — Вып. 10. — Л.: Гидрометеоиздат, 1963.

В. Х. Корбан
Л. Н.Дегтярева
Ж. Н. Корбан-Порохницкая

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОСАДКАХ В МОДЕЛЯХ ПРОГНОЗА НАВОДНЕНИЙ

Западные регионы Украины подвержены одному из самых разрушительных стихийных явлений погоды — наводнению. Ущерб от наводнения в различных регионах мира составляет миллиарды долларов. Для защиты населения и имущества западной части Украины от наводнения необходимо осуществлять мероприятия по разработке модели прогноза, который в общем случае должен состоять из двух частей — гидрологического и гидравлического. Гидрологическая часть прогноза включает взаимосвязь осадки-сток по бассейну реки совместно с притоками (суббасейны). Гидравлическая часть учитывает вклад притоков во время наводнений с использованием гидравлической трансформации паводка на основе полных уравнений Сант-Венанта [1] взаимосвязь осадков со стоком описывается передаточной функцией. В качестве исходной переменной используются данные об осадках. В используемой модели для прогноза потока необходимо учитывать точность прогноза, отрезок времени между подготовкой прогноза и началом наводнения, разрешающую способность данных об осадках [1-6]. Оперативные данные об осадках дают метеорологические радиолокационные станции. Метеорологический потенциал современных МРЛ позволяет измерять осадки с минимальной интенсивностью от 0,1 до 0,5 мм/час в радиусе обзора 250 км, а климатические повторяемости разных типов осадков в районе функционирования МРЛ и высоты верхних границ облаков, из которых выпадают осадки, позволяют определить максимальный радиус их обнаружения и размеры площади радиолокационных измерений [7]. Средняя высота радиоэхо облаков, дающих снегопады, изменяется от 3 до 4,4 км, а дальность их обнаружения изменяется от 100 до 160 км. Для обложных осадков средние высоты изменяются от 3,5 до 6,6 км, а дальность обнаружения — от 120 до 200 км. Для конвективных осадков указанные высоты находятся от 6 до 8 км при дальности обнаружения 200-250 км. Точность декадных сумм осадков при гидрологических прогнозах в соответствии с [8], должна составлять 10 %, пространственное разрешение 500-1000 км^2. По оценкам гидрологов, точность декадных сумм осадков осадкомерной сети находится в пределах 60-70 %.

Осадкомерная сеть с плотностью один прибор на 100 км^2 характеризуется среднеквадратичной ошибкой порядка 25 % при измерении среднего слоя осадков за сутки и 12 % при измерении среднего слоя осадков за декаду. Для площади 1000 км^2 ошибка измерения суточного слоя такой сетью составляет 17 % и уменьшается до 9 % для декадного слоя. В работе [9] показано, что точность измерения осадков увеличивается от 24 % при дождемерных измерениях до 14 % при радиолокационно-дождемерных при плотности сети 1 дождемер на 1600 км^2. При правильной калибровке МРЛ точность измерения осадков радиолокационным методом намного меньше 30 %. Совмещение радиолокационных и дождемерных данных является наилучшим методом измерения осадков, поскольку для заданной территории никому не известна ни истинная сумма осадков, ни точность осадкомерной сети. Совмещение радиолокационных и дождемерных данных экономически выгодней, чем содержание густой осадкомерной сети, плотностью не меньше 1 дождемера на 100 км^2. Однако при отсутствии на Украине телеметрических дождемеров, данные МРЛ об осадках будут репрезентативны за сутки и декаду.

Существуют разные подходы к использованию радиолокационной информации об осадках [2; 3; 10]:

1. Определение осредненных по пространству осадков в масштабе бассейна или суббассейна для ввода в сосредоточенную или полураспределенную модель прогноза осадков-стока.
2. Использование пространственных данных об опасных для прямого ввода в полностью распределенную модель прогноза на сети.

В качестве исходного материала в сосредоточенной модели используется одно из значений количества осадков, репрезентативное для водосбора.

В структуре полураспределенной модели входят несколько сосредоточенных моделей, где каждая сосредоточенная модель осадки-сток с передаточной функцией применяется сначала к субассейну для определения прогнозируемого выхода в нижнем течении каждого суббассейна, а затем используется модель течение-течение с передаточной функцией, характеризующей течение до выхода из главного бассейна. Для детального описания гидрологических процессов используется полностью распределенная модель осадки-сток на сетке, на которой водосбор соответствует сетке радиолокационной пространственной информации для исследуемого бассейна реки.

Пространственное распределение осадков совместно с поверхностными и субповерхностными характеристиками водосбора образует вход в каждый квадрат сетки.

В модели гидрологические процессы инфильтрационных потерь и трансформации осадки-сток рассчитываются в каждом квадрате сетки, а сток — при каждом входе в речной канал и переносе речного потока. В соответствии с [3] учет пространственного распределения осадков в масштабе суббассейна повышает точность прогноза наводнения по сравнению с сосредоточенной структурой модели, а средняя среднеквадратическая ошибка на возрастающем лимбе уменьшается на 30 %. На рис. 1 представлена гидрограмма 6-часового прогноза наводнений по моделям с использованием радиолокационной информации.

Для прогноза оповещения о наводнениях необходимо напрямую использовать значение радиолокационной отражаемости в квадрате сетки (4×4 км) бассейна как исходную переменную для модели.

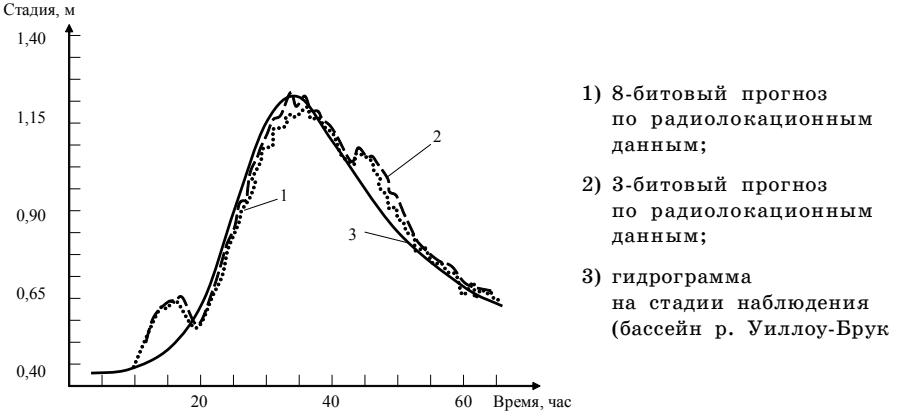


Рис. 1. Гидрограмма прогноза наводнений с использованием радиолокационной информации [10]

Структура модели при этом базируется на переводе отражаемости Z в слой осадков и включает в себя эффекты пространственного распределения осадков и движения осадков над бассейном реки. При этом связывают с гидрологическим переменным стоком радиолокационную отражаемость и по накопленным величинам Z по 5-минутным интервалам наблюдений в реальное время прогнозируют наводнение. Калибровка модели производится путем нахождения физико-статистической зависимости между гистограммами отражаемости и гидрограммой на дождемерной станции. Для корреляции берутся только восходящая ветвь гидрограммы и ее пик, т.к. главной целью прогноза является предупреждение о наводнении.

В настоящее время Западная Европа завершила построение радиолокационной сети штормооповещения. В каждом регионе, входящем в эту сеть, путем круглосуточного радиолокационного измерения осадков с заданной точностью успешно осуществляется прогноз наводнений. К, сожалению, на Украине, до настоящего времени практически не используется радиолокационная информация в гидрологических прогнозах такого опасного явления погоды, как наводнение, а применяемые методы и прогностические модели устарели и не соответствуют изменяющимся климатическим характеристикам.

Литература

1. De Troch F. P., Heynderikx J., Troch P. A., Van Erdeghem D. On the usefulness of weather radar data in real-time hydrological forecasting in Belgium. — COST 73, 1989, P. 473-481.
2. Andrien H., Creutin J. D., Delrieu G., Deoeux T., Jaguet G. Feasibility studies on the use of the French «ARAMIS» radar network for hydrologie applications. — COST 73, 1989, P. 505-509.
3. Cluckie J. D., Pao-shan Yu, Tilford K. A. Real time forecasting: model structure and data resolution. — COST 73, 1989, P. 459-471.
4. Borrows P. F., Haggelt C. M. The impact of weather radar on aspects of operational management in the Thames region. — COST 73, 1989, P. 495-504.
5. Pointin Y., Husson D., Founet-Fayard J., Messaoud M. Urban hydrology and hail detection experiments made with a raingage-hailpad network with a dual polarization radar. — COST 73, 1989, P. 529-538.
6. Trovati L. R., Mattos A. A radar reflectivity-runoff model for use in flood warnings. — COST 73, 1989, P. 483-494.
7. Брылев Г. Б., Гашина С. Б., Низдойминога Г. Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 231 с.
8. О составе, точности и пространственно-временном разрешении информации, необходимой для гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства и службы гидрометеорологических прогнозов. — Л.: Гидрометеоиздат, 1975. — 219 с.
9. Doviak R. J. A survey of radar rain measurement techniques. — J.Clim.Appl.Met., 1983, V. 22, P. 832-849.
10. Базлова Т.А. и др. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. — СПб.: Гидрометеоиздат, 2002. — 331 с.

М. М. Зінченко

З ПРАКТИКИ ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ

Відомо, що опадомір Третьякова найбільш розповсюджений засіб вимірювання атмосферних опадів на Україні. А ще відомо, що опадомір Третьякова в нашій країні зараз не виробляється в заводських умовах. Простота конструкції та дешевий матеріал дозволяє виготовляти цей прилад в «домашніх умовах», тобто в цехах місцевих підприємств. Як приклад, у 1995 році, на замовлення Білгород-Дністровського управління зрошувальних систем Одеського облводгоспу на місцевому заводі медичних виробів був виготовлений один зразок опадоміра Третьякова по існуючим для цього приладу технічним умовам.

Проте, якщо металева конструкція вдалася легко, то появилася проблема з виготовленням вимірювального стакану. Як правило вимірювальні стакани не витримують терміну експлуатації опадоміра, а тому потребують частої заміни. Де дістати вимірювальний стакан для опадоміру Третьякова?

Вихід з цього складного положення простий. Замість пошкодженого вимірювального стакану пропонується використовувати хімічні скляні вимірювальні циліндри або стакани з ємністю до 500 мл. Для цього, попередньо, необхідно провести розрахунок перевідного множника, щоб перевести об'єм води, який одержано в мілілітрах, в товщину шару атмосферних опадів в міліметрах.

Розрахунок виконується на основі таких даних:

$$V = S \cdot h, \qquad (1)$$

де V — кількість опадів, мл; S — площа основи циліндра, мм^2; h — товщина шару опадів, мм.

Відомо, що приймальна площа циліндричного відра опадоміру складає 200 см^2. Приймаючи до уваги, що $S = 200\ см^2 = 20000\ мм^2$, а $1\ мл = 1\ см^3 = 1000\ мм^3$, отримуємо формулу для переводу об'єму води, яка зібралася у вимірювальному відрі опадоміру, в шар атмосферних опадів:

$$h\ (мм) = \frac{V\ (мл)}{S\ (мм^2)} = \frac{V \cdot 1000\ (мм^3)}{20000\ (мм^2)} = 0{,}05 \cdot V \qquad (2)$$

Таким чином, кожній поділці вимірювального циліндру відповідає 0,05 мм шару атмосферних опадів.

Наприклад, кількість опадів у вимірювальному стакані склала 40 мл. Підставляємо у формулу (2) і отримуємо товщину шару опадів:

$$h = 0{,}05 \cdot 40\,(мл) = 2\,мм$$

При виборі вимірювальних циліндрів або вимірювальних стаканів перевагу необхідно надавати лабораторному хімічному посуду, як найбільш розповсюдженому і точному.

О. Л. Казаков
Ю. П. Онучина

ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ МОРСЬКИХ СГЯ ПО ВІТРУ В АЗОВО-ЧОРНОМОРСЬКОМУ БАСЕЙНІ (АЧБ)

Введення. Дане повідомлення є продовженням виконаної раніше роботи одним із співавторів роботи, присвяченої аналізу просторово-часової мінливості виникнення морських СГЯ на АЧБ [1]. У ній основна увага була приділена аналізу зібраних відомостей у Каталозі морських СГЯ для АЧБ, що містив також відомості про синоптичні умови виникнення морських СГЯ. Однак, останній матеріал дотепер не піддавався дослідженню. З огляду на зростаюче число випадків розвитку СГЯ у світі в останні десятиліття, метою даного повідомлення є представлення результатів дослідження умов виникнення та прояву морських СГЯ по вітру, як одного з найбільше часто повторюваних видів СГЯ і яке часто призводить до виникнення інших видів СГЯ (хвилювання, згінно-нагінних явищ, тягуна). Ця інформація може бути корисна й використана при обслуговуванні морських галузей господарства та при забезпеченні безпеки мореплавання.

Вихідний матеріал. Основу відомостей про морські СГЯ по вітру, що відбулися в АЧБ, склали відомості, які містяться у Каталозі по морським СГЯ [1]. Кожний випадок СГЯ, окрім його характеристики (район, час виникнення та тривалості, інтенсивність, завчасності попередження підрозділами гідрометслужби, нанесеному збитку) був доповнений наступною закодованою інформацією (табл. 1).

Вказані дані були отримані з трьох джерел: описів, Синоптичного бюлетеню та кільцевих карт погоди. У зв'язку із відсутністю окремих описів синоптичної ситуації для більшості морських СГЯ (такі описи були знайдені лише для 115 випадків, тобто менше 25 % від зібраного в Каталозі), а також тим, що нажаль кільцеві карти в

архіві Екологічного університету були наявні для обмеженого періоду, авторам довелося скористатися ще матеріалами Синоптичного бюлетеню, в якому, як відомо, представлені приземні карти для всієї північної півкулі лише за строк 00 UTC. Тому слід зауважити, що використання цих матеріалів для кодування синоптичних умов, відповідних початковій або максимальній стадіям розвитку СГЯ, виявилося вельми скрутним через представлений масштаб синоптичних процесів і великої часової дискретності.

Таблиця 1

Характеристика синоптичної ситуації

Характеристика	Вид і кодування
Вид баричного поля	1 - антициклон; 2 - гребінь; 3 - циклон; 4 - улоговина; 5 - зона взаємодії; 6 - малоградієнтне поле
Положення щодо центра баричного утворення	Az: 1 - північ; 2 - схід, 3 - південь; 4 - захід, 5 - центральна частина; Zn: 1 - передня частина; 2 - тилова частина; 3 - теплий сектор; 4 - центральна частина
Стадія розвитку баричного утворення	Az: 1 - частковий; 2 - розвинений; 3 - такий, що руйнується Zn: 1 - хвильовий; 2 - розвинений; 3 - такий, що заповнюється; для малоградієнтного поля: 01 - знижений тиск; 02 - підвищений тиск
Наявність атмосферних фронтів	1 - теплий; 2 - холодний; 3 - оклюзія; 4 - вторинний холодний; 5 - холодний із хвилями
Положення визначального баричного утворення	довгота, градуси; широта, градуси; значення першої замкнутої ізобари (гПа)
Баричний градієнт	гПа/100 км (або на 1 градус меридіана)

Аналіз морських СГЯ по вітру. За період 1956-1997 рр. в акваторії Чорного та Азовського морів було зафіксовано 164 випадки штормового вітру (в середньому — 4 випадки на рік). З них 127 було зафіксовано на акваторії Чорного моря і 37 на акваторії Азовського (табл. 2). Розподіл випадків по портах за вказаний період наведено на рис. 1. Найбільша кількість зареєстрована у портах Новоросійськ, Туапсе, Геленджик, а в українській акваторії — у Маріуполі та Керчі.

Оскільки вітер зі швидкістю 25 м/с і більше головним чином пов'язаний із зимовими синоптичними процесами, то в сезонному ході найбільша повторюваність сильного вітру приходиться на холодний період (жовтень-березень). В теплий період року умови для виникнення стихійного вітру маловірогідні, і в цей період сильний вітер спостерігався у 1-2 % випадків, а у травні за досліджуваний період зовсім не фіксувався (рис. 2).

Таблиця 2

Повторюваність виникнення СГЯ по вітру
в різних частинах АЧБ у 1956-1997 рр.

Море	Чорне																		Азовське		
Підрайон	19222								19333			19555				19666			20444		
Мікрорайон	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3
Кількість випадків:																					
по мікрор-ну	1	0	3	5	9	2	1	1	5	8	7	16	12	22	24	5	1	5	14	9	14
по підрайону	22								20			74				11			37		
по морю	127																		37		

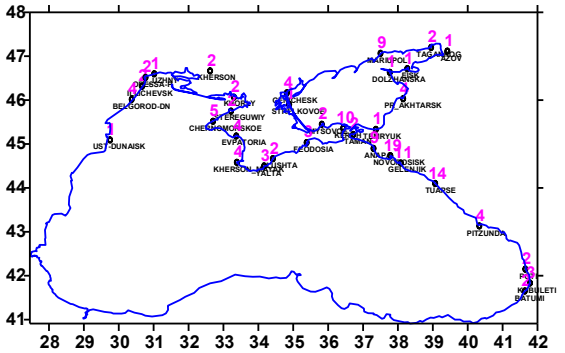


Рис. 1. Розподіл повторюваності виникнення морських СГЯ
по вітру у портах АЧБ

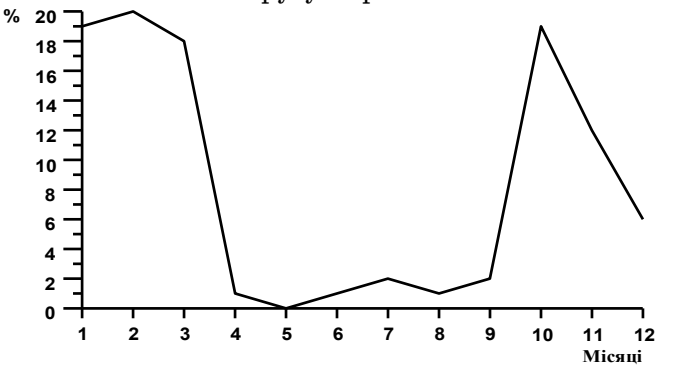


Рис. 2. Річний хід повторюваності (%) сильного вітру
в акваторії АЧБ

Як правило, вітер швидкістю 25 м/с і більше — результат дії великомасштабних центрів атмосфери, тому встановити певну закономірність в добовому ході не виявляється можливим.

Частіше всього (34 % всіх випадків) вітер більше 25 м/с за досліджуваний період продовжувався до 6 годин. Майже 60 % випадків він продовжувався до 12 годин, більше доби такий вітер спостерігався майже 23 % випадків (рис. 3).

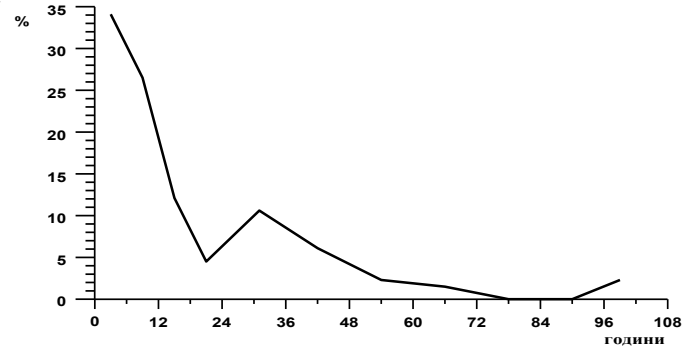


Рис. 3. Повторюваність (%) тривалості морських СГЯ по вітру на акваторії АЧБ

На рис. 4 представлена повторюваність дуже сильного вітру з різною швидкістю на акваторії Чорного та Азовського морів у 1956-1997 рр. В досліджуваний період ми отримали два модальних значення швидкості вітру (по 23 % випадків близько для 33 та 40 м/с). Останній максимум скоріш співпадає з верхнею межею шкали вимірювань приладів на морських станціях, і таким чином є граничним значенням, бо тільки у Новоросійську існує прилад, який дозволяє вимірювати більші швидкості.

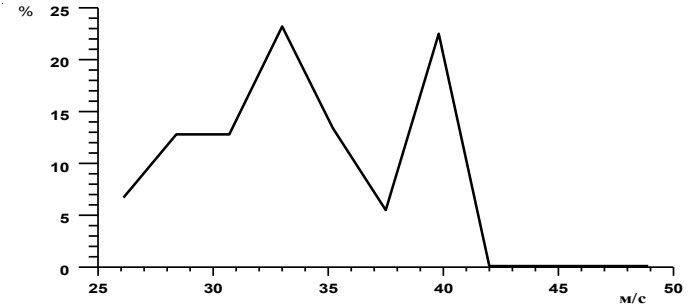


Рис. 4. Повторюваність швидкості вітру при морських СГЯ по вітру в акваторії АЧБ

Досліджуючи відхилення середньої швидкості стихійного вітру від екстремальних значень, було виявлено, що найчастіше (близько

50 % випадків) середня швидкість відрізняється від максимальних поривів на 6-10 м/с, тоді як відхилення 0-5 м/с — складають 31 % випадків. Інші відхилення мають незначні повторюваності.

В табл. 3 представлені напрямки вітру, при яких були зареєстровані СГЯ по вітру в АЧБ. Виявилося, що морські СГЯ по вітру розвивалися при вітрах зі східною та західною складовими, а при північному напрямку СГЯ по вітру в АЧБ за досліджуваний період не спостерігалось.

Таблиця 3

Повторюваність напрямків вітру підчас СГЯ по вітру

Напрям вітру, румб	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Повторюваність, %	0,0	30,6	23,6	2,5	8,3	9,5	12,7	12,8

Статистика синоптичних умов при морських СГЯ по вітру. В результаті аналізу синоптичних ситуацій при яких було зафіксовано дане СГЯ, було виявлено, що найчастіше стихійний вітер спостерігався при зоні взаємодії баричних утворень протилежного знаку (46 %) та циклонах (44 %). На всі інші випадки залишається близько 10 % (табл. 4).

Таблиця 4

Вид приземного баричного поля при СГЯ по вітру в АЧБ

Вид баричного утворення	Антициклон	Гребінь	Циклон	Улоговина	Зона взаємодії	Мало-градієнтне поле
Повторюванність випадків, %	3,9	0,6	43,9	4,5	45,8	1,3

Оскільки зареєстровані морські СГЯ по вітру найбільш вірогідні у циклонічних утвореннях та у зонах взаємодії, розглянемо далі підсумкові дані щодо характеристик цих видів приземного баричного поля (табл. 5).

Таблиця 5

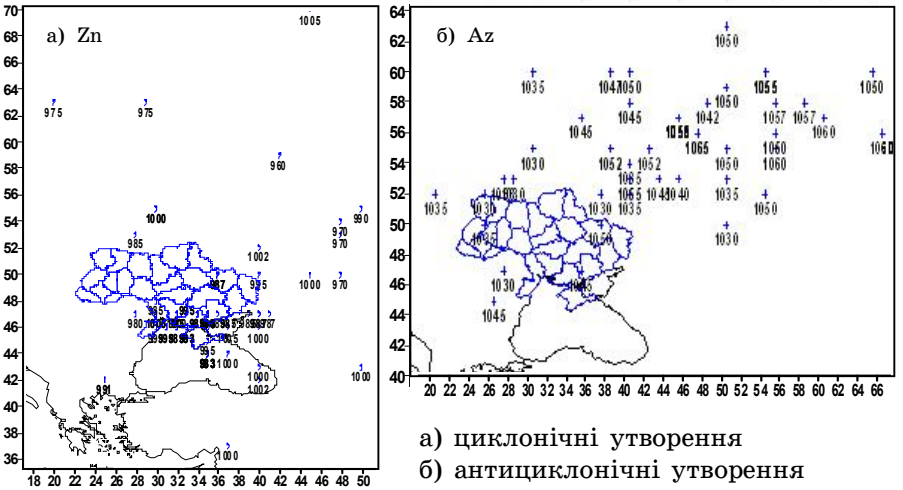
Повторюваність синоптичних умов,
при яких виникали морські СГЯ по вітру в АЧБ, %

Положення місцезнаходження СГЯ по вітру в циклонічному утворенні				
периферія	тилова частина		теплий сектор	центр
15,1	57,5		21,9	5,5
Стадія розвитку циклона				
хвиля	розвинений	заповнення	малоградієнтне поле	
4,3	85,5	8,8	1,4	
Тип фронту				
теплий	холодний	оклюзії	вторинний холодний	холодний із хвилями
7,4	39,5	12,3	6,3	3,5

Отже, з даних таблиць можна зробити висновки, що в досліджуваний період стихійний вітер найчастіше (близько 58 % випадків) спостерігався у тиловій частині циклонічного утворення. Що стосується стадії баричного утворення, при яких виникало СГЯ по вітру, то встановлено, що такий вітер найвірогідніше (близько 85 %) може виникати у розвинених циклонах та таких, що заповнюються (близько 9 % випадків), а в інших полях були зафіксовані поодиночні випадки.

Другий чинник, при якому утворюються сприятливі умови виникнення СГЯ по вітру в досліджуваний період, — це наявність фронтів: холодного фронту (22 %) та холодного фронту з хвилями (майже 20 %). При інших видах фронтів їх вплив на виникнення СГЯ по вітру значно зменшується (маємо на увазі фронти оклюзії, теплий та вторинний холодний фронти).

Оскільки морські СГЯ по вітру виникають та спостерігаються при активній циклонічній діяльності та у зонах взаємодії (знов таки при наявності депресії над Чорним морем) представляє інтерес розглянути місцеположення основного баричного утворення підчас дії морського СГЯ по вітру, які наведені на рис. 5.



а) циклонічні утворення
б) антициклонічні утворення

Рис. 5. Положення основних баричних утворень під час розвитку морських СГЯ по вітру на АЧБ*

* Цифри вказують значення тиску першої замкненої ізобари на приземній карті

Найчастіше місцеположення розвинутих циклонів знаходиться над півднем України та АЧБ, а розвинутих антициклонів — над

Європейською частиною Росії (ЄЧР). Перші можуть бути пов'язані з виходом південних циклонів та проходженням західних циклонів, другі — з блокуванням антициклоном, що перемістився на ЄЧР зі Скандинавії або з Сибіру. Решта випадків може бути при зворотному розташуванні: окремі циклони можуть знаходитися над північними районами Європи, а антициклони у південних районах над Балканами або над заходом України.

При дослідженні приземного тиску, що спостерігався в цих основних баричних утвореннях, було виявлено два модальних значення: перше — близько 22 % повторюваності відповідає значенню 1060 гПа, а друге з 18 % повторюваністю відповідає значенню 990 гПа, тобто тиску у антициклонах та циклонах.

І на останок розглянемо розподіл градієнту тиску при СГЯ по вітру в АЧБ (рис. 6). Цікаво відмітити, що цей розподіл градієнту також демонструє двумодальний вид, тобто такий, який був отриманий саме для швидкості вітру при СГЯ: з двома максимумами повторюваності при 33 та 40 м/с.

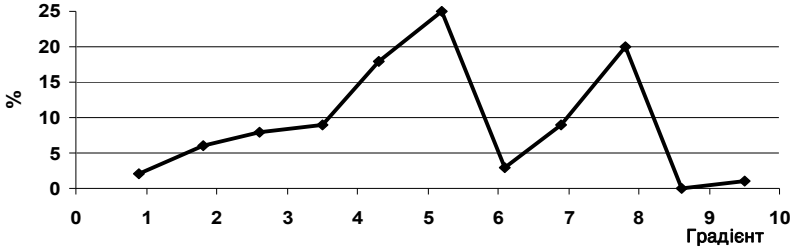


Рис. 6. Повторюваність градієнту тиску при морських СГЯ по вітру в акваторії АЧБ

Нагадаємо, що головною задачею системи гідрометобслуговування є складання прогнозів і попереджень про небезпечні і особливо небезпечні гідрометеорологічні явища в цілях запобігання або зменшення збитку при їх розвитку і безпеки населення. Тому слід оприлюднити дані про завчасність попередження морських СГЯ, особливо по вітру. На підставі зібраних даних, з'ясувалося, що найчастіше дане СГЯ попереджалось з завчасністю 10 годин (36 % випадків). Наголосимо, що завчасність попередження з терміном більше доби теж існували, навіть за 51 годину, проте це були поодинокі випадки, коли «процес був занадто прозорий». Відмітимо, що за весь розглянутий період було 6 випадків з СГЯ, які ніяк не були попереджені. Найбільшу кількість прогнозів та попереджень склали працівники ГМЦ ЧАМ, ГМБ Маріуполя та Новоросійська.

Висновки. Виникнення морських СГЯ по вітру в АЧБ обумовлено двома значними чинниками: активною циклонічною діяльністю на території України та ЄЧР, а також тривалим існуванням антициклону над заходом Росії. Останнє при наявності Чорноморської депресії сприяє виникненню значних горизонтальних баричних градієнтів. Циклонічна діяльність може супроводжуватися інтенсифікацією фронтів, на яких має місце посилення вітру до критеріїв СГЯ.

Література

1. Казаков А. Л., Собченко Е. А. Морские опасные и особо опасные гидрометеорологические явления в Азово-Черноморском бассейне. 1 Каталог // Метеорология, климатология и гидрология. — 2000. — Вып. 39.

Резюме

В статье рассматриваются условия возникновения и развития морских СГЯ по ветру на АЧБ за 1956-1997 гг. Основное внимание уделяется анализу архивных материалов с использованием карт приземного анализа.

З. П. Заволокина

ДОНЕСЕНИЕ О ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ЗИМНЕЙ НАВИГАЦИИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РАЙОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В 2008-2009 гг.

Зима 2008-2009 гг. в северо-западной части Черного моря по сумме «градусо-дней» была очень теплой и непродолжительной.

В декабре 2008 года на погодные условия Азово-Черноморского бассейна оказывали влияние ложбины 4 атлантических циклона с минимальным давлением в центре 990-995 гПа и 1 южный циклон с давлением 1002 гПа. Первая половина декабря была очень теплой. Среднесуточные температуры воздуха в первой декаде составляли 8-13° тепла с понижением в конце декады до 3° тепла. В середине второй декады наблюдалось непродолжительное понижение температура воздуха ночью до 4-7° мороза. В третьей декаде декабря преобладала меридианальная форма циркуляции высотного поля над Восточной Европой. Заток арктического воздуха распространился на южные районы Украины и акваторию АЧБ, что способствовало устойчивому переходу среднесуточной температуры воздуха через 0° (рис. 1).

Основными синоптическими ситуациями января были ложбины западных циклонов, северо-западные и южные циклоны, гребни антициклонов и взаимодействие барических образований. Атмосферная циркуляция была меридианальной. Вершины гребней достигали 70-80° с.ш., способствуя затоку холодной воздушной массы. Самой холодной была первая декада и начало второй декады января, температура воздуха ночью понижалась до 11-14° мороза. На Азово-Черноморском бассейне продолжался процесс интенсивного ледообразования, наблюдалось увеличение количества и толщины льда. В третьей декаде января погоду на акватории АЧБ определяла теплая воздушная масса, смещающаяся в передней части ложбины высотного циклона. Температура воздуха начала повышаться, среднесуточная температура была выше средней многолетней на 3-5°, а в отдельные дни — на 7-9°.

На погодные условия февраля оказало влияние 8 циклонов, из них ложбины северных атлантических циклонов с минимальным давлением в центре 965-985 гПа, и южные циклоны с давлением 990-1005 гПа. А также гребни западных, скандинавских и восточных антициклонов. Первая декада февраля отмечалась очень теплой для данного времени погодой, среднесуточная температура воздуха составляла 2-6° тепла, минимальная понижалась до 0-5° мороза. Во второй декаде февраля наблюдалась меридианальность смешанной формы циркуляции, западного и восточного положения высотного гребня. Температурный режим, по сравнению с предыдущим, понизился на 2-3°. Минимальная среднесуточная температура воздуха в третьей декаде кратковременно понизилась до 3-7° мороза.

В марте в северо-западной части Черного моря преобладала теплая погода. Среднесуточная температура воздуха в марте составляла 5-8°.

Ледообразование в северо-западной части Черного моря началось в конце декабря 2008 года. Ледовый период продолжался 23 декабря 2008 г. по 1 февраля 2009 г. «Сумма градусо-дней» мороза, характеризующая суровость зимы, составила 84,3° что на 54,1° меньше предыдущей зимы 2007-2008 гг.

За ледовый период наблюдалась одна волна холода в январе 2009 года. Самыми холодными периодами были третья декада декабря 2008 года («сумма холода» составила 25,3°) и первая декада января 2009 года («сумма холода» — 44,7°) (рис. 2).

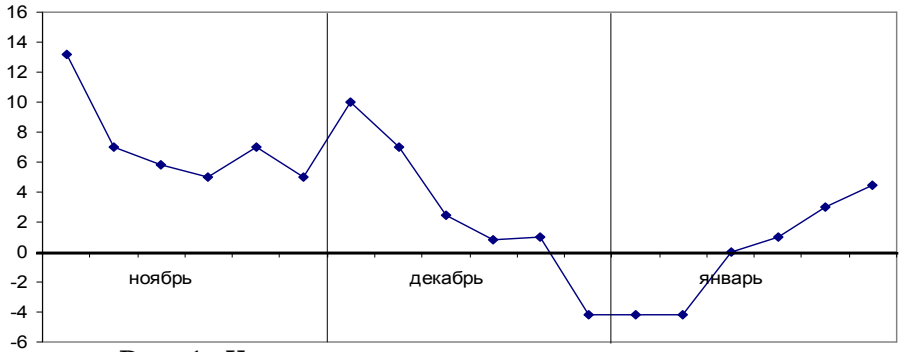


Рис. 1. Ход среднепентадных температур воздуха за зиму 2008-2009 гг.

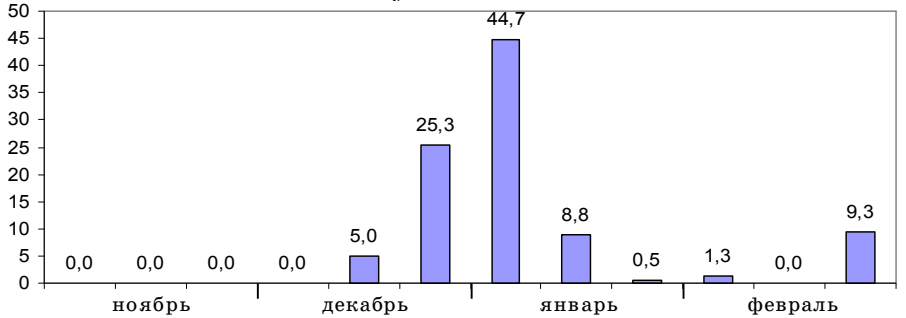


Рис. 2. Сумма отрицательных температур воздуха за зиму 2008-2009 гг.

Кратковременное появление устойчивого льда наблюдалось в Днепро-Бугском и Днестровском лиманах, Каркинитском заливе. В порту Южный (лимане) наблюдался плавучий лед в течение 5 дней. В портах Одесса и Ильичевск ледообразование не происходило.

Максимальная толщина льда отмечалась в Днепро-Бугском и Днестровском лиманах (во второй декаде января она составила 18-19 см). На этих лиманах наблюдалась и наибольшая продолжительность ледового периода, которая составила 31-40 дней, что на 41-49 дней меньше нормы.

Разрушение ледового покрова началось во второй декаде января. Полное очищение ото льда произошло: в Каркинитском заливе — 16 января, Днестровском лимане — 27 января, Днепро-Бугском лимане — 1 февраля.

За ледовый период отделом морских и речных гидрологических прогнозов ГМЦ ЧАМ было передано морским прогностическим

подразделениям и обслуживаемым организациям 4 долгосрочных ледовых прогноза, составленных РосГМЦ и 3 краткосрочных ледовых прогноза, составленных ГМЦ ЧАМ. Оправдываемость краткосрочных ледовых прогнозов составила 100 %.

Отделом МРГП ежедневно на протяжении всей ледовой кампании составлялись и передавались морским организациям и морским подразделениям гидрометслужбы обзоры ледовой обстановки по Азовскому и северо-западной части Черного моря. В них помимо данных наблюдений береговых станций и постов, использовалась информация, поступающая от ГМО Мариуполь (по открытой части Азовского моря) и от ДП «Морком» (по северо-западной части Черного моря и Азовскому морю). Вся эта информация так же отражалась в ледовых приложениях к морскому гидрометеорологическому бюллетеню. Всего за ледовый период было составлено 82 обзора ледовой обстановки. Также ежедневно обзоры ледовой обстановки на акватории АЧБ на русском и английском языках передавались в Центр навигационной информации для передачи по системе NAVTEX. Дважды в неделю составлялся краткий обзор ледовой обстановки для УкрГМЦ. Было составлено 15 обзоров. Согласно договоров с морскими организациями «Трансмар», ООО «Черномортехфлот», АСК «Укрречфлот», «Черноморнефтегаз» было составлено 111 ледовых обзоров.

Ледовая гидрометеорологическая информация с украинских и российских гидрометеорологических станций и постов поступала регулярно. Претензии по обслуживанию ледовой навигации морские организации Гидрометцентру ЧАМ не предъявляли.

С. П. Ковалишина
Н. С. Калошина
М. А. Грандова
Д. С. Дудник

О ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОМ И ГИДРОХИМИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ Г. ОДЕССЫ

Биоценозы гидробионтов Одесского побережья испытывают значительное антропогенное воздействие, и в то же время служат основным источником сохранения биоразнообразия морских акваторий. Изучение состояния прибрежных биоценозов дает возможность оценивать и прогнозировать экологическую ситуацию морской акватории.

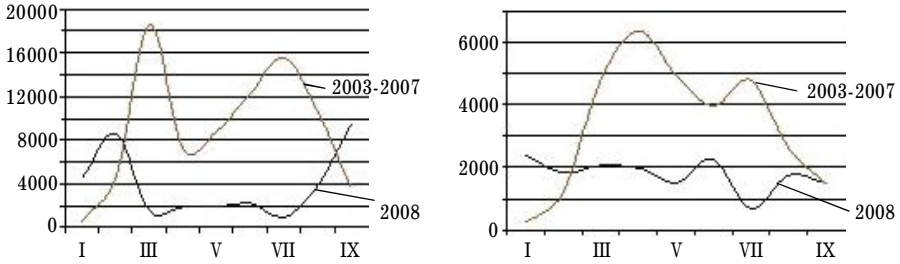
В качестве исследовательских станций в Одесском заливе были выбраны такие районы — мыс Малый Фонтан и «Аркадия», характеризующиеся определенным набором качеств. В районе мыса Малый Фонтан — волноломом, траверсами и камнями естественного происхождения и искусственно завезенной каменной отсыпкой (в приурезовой зоне). В районе «Аркадии» отсутствие волнолома, грунт песчаный, испытывает сильную рекреационную нагрузку.

Материалом для настоящего сообщения является анализ гидрохимических проб, а также проб фитопланктона, зоопланктона, мейобентоса отобранных сотрудниками Украинского научного центра экологии моря (УкрНЦЭМ) с прибрежных акваторий Мыса Малый Фонтан и Аркадии в 2008 году с недельным интервалом (во время сильных штормов пробы не отбирались). Сбор и обработка проб проводились по стандартным методикам. В ходе каждого отбора проб в районах исследования производились замеры температуры и солености воды, гидрохимический анализ. Температура воды, в течение года на разных станциях Одесских пляжей отличалась небольшой изменчивостью. Наиболее низкие значения солености в районах исследования отмечались весной, в период максимальной интенсивности речных паводков (март-апрель), колеблясь от 8,55 до 12,73 е.п.с. Аналогичная ситуация наблюдалась также в период летних заборов проб (июнь-август), вследствие неустойчивой погоды и обильных осадков. Осенью колебания солености были незначительны и достигали максимальных значений.

Содержание органического азота в акватории Аркадии изменялось от 39,0 мкг/л (зимний период) до 6,40 мкг/л (осенний период). Минимальное содержание минерального азота было отмечено летом — 3,10 мкг/л, максимум осенью — 73,0 мкг/л. Значение общего фосфора изменялось в пределах 7,10-85,0 мкг/л, максимум отмечен зимой.

За время исследования в открытом районе Аркадии было отмечено 136 видов микроводорослей, из которых 23 были определены только до рода. В полузакрытом районе мыса Малый Фонтан было обнаружено 111 видов микроводорослей, из которых до рода был определен 21 вид. Зарегистрированные микроводоросли относятся к 9 отделам: *Bacillariophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Haptophyta, Cryptophyta, Cyanobacteria, Chlorophyta, Euglenophyta, Dictyochophyta.* Доминирующими отделами были *Bacillariophyta* и *Dinophyta*. По биомассе на обоих типах акваторий доминировали диатомовые

водоросли *Pseudosolenia calcar-avis* и *Sceletonema costatum*, последняя является индикатором повышенной эвтрофикации исследуемых акваторий. По численности доминантами являлись также *S. costatum* и цианобактерия *Oscillatoria kisselevii*. Среднемесячные значения биомассы фитопланктона на обоих типах акваторий были снижены по сравнению со среднемесячными значениями за предшествующие 5 лет (рис. 1). Особенно это было выражено в районе Аркадии, где было произведено рефулирование осенью 2007 года. Традиционный весенний максимум в районе Аркадии был мало выражен и проявлялся в значительном повышении численности мелкоклеточных микроводорослей, в основном за счет цианобактерии *O. kisselevii*.



а) Аркадия б) Малый фонтан

Рис. 1. Сезонные изменения биомассы фитопланктона исследуемых районов, мкг/м^3

Летние максимумы, характерные для открытой акватории, вообще не наблюдались, зато был отмечен зимний максимум, пик которого приходился в феврале, в основном за счет массового развития диатомовой водоросли *S. costatum*, в том числе ее крупноклеточной формы, характерной для зимнего периода и осенний максимум, характеризующийся значительным повышением биомассы при низкой численности за счет развития крупноклеточных форм, прежде всего *P. calcar-avis*, характерных для 2-4 стадий летне-осенней сукцессии.

В районе мыса Малый Фонтан зимний и осенний пики были практически не выражены, так же как и летний, весенний максимум проявлялся в значительном повышении численности за счет массового развития мелкоклеточных форм, в особенности уже указанной выше *O. kisselevii*. Для обоих типов акваторий весенние пики проходили с задержкой по сравнению с предшествующими сроками и отмечены в мае. Традиционное для весенне-летнего периода преобладание качественных и количественных показателей

фитопланктона открытой акватории района Аркадии над аналогичными показателями полузакрытой акватории мыса Малый Фонтан в этом году не наблюдалось. Вероятно, это связано с не корректно проведенным рефулированием акватории Аркадии и последующим разложением биоты бентали, что привело к органическому загрязнению придонного слоя, а затем и вышележащих слоев. В период исследования наблюдали 3 случая цветения, один из них — цветение цианобактерии *O. kisselevii* в мае — наблюдалось на всех исследованных акваториях. Два других — цветение *P. calcar-avis*, отмеченное в сентябре, и цветение *S. costatum*, зарегистрированное в феврале — выявлены только в акватории Аркадии.

Максимумы численности и биомассы зоопланктонного сообщества наступали через 2-3 недели после фитопланктона. Зоопланктон представлен 24 видами, которые принадлежат к 14 таксономическим группам. Большее количество видов зарегистрированы в таксонах *Cladocera, Copepoda*. По видовому разнообразию зоопланктонного сообщества район Аркадии преобладает над районом мыса Малый Фонтан. Количественные показатели зоопланктонного сообщества уменьшились в два с половиной раза по сравнению с предыдущими годами (2003-2007), значительно уменьшилась доля мероланктона. Что является следствием проведенного насыпания песка в прибрежные акватории.

В составе мейофауны за период наблюдений было выявлено 12 таксономических групп: *Nematoda, Nemertini, Harpacticoida, Ostracoda, Amphipoda, Cumacea, Isopoda, Oligohaeta, Polychaeta, Gastropoda, Bivalvia, Chironomida L.*. Летняя мейофауна прибрежных акваторий носила нематодно-гарпактикоидний характер. Доминирующей группой по плотности поселений являлась *Nematoda*, субдоминантной — *Harpacticoida*. Значительно увеличилась численность *Nematoda* к осени. В акватории Аркадии численность мейобентосных организмов увеличивалась от начала лета до осени, а в акватории мыса Малый Фонтан были отмечены традиционные пики численности мейобентосных организмов в первой декаде июня и конце августа, что связано с периодом размножения макрозообентоса. Это свидетельствует о том, что состояние бентосных организмов лучше в акватории мыса Малый Фонтан, а в акватории Аркадии состояние бентоса нормализовалось только к осени. Допускаем, что исследуемый район Аркадии испытает значительное антропогенное влияние и последствия не корректно проведенного рефулирования.

Экологическое состояние гидробионтов прибрежных акваторий значительно ухудшилось по сравнению с предыдущими годами, что возможно, является следствием не корректно проведенного рефулирования прибрежных акваторий. Ухудшение состояния гидробионтов выявлено в уменьшении количественных и качественных показателей, изменениях состава такоценов.

Е. П. Ломакин

ГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕРМОХАЛИННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В данной работе представлены результаты анализа термохалинной структуры северо-западного региона Черного моря на основе климатических данных, накопленных с 1905 по 2005 гг. Всего было обработано шесть широтных и шесть меридиональных разрезов за все месяцы года. Разрезы были построены по двум характеристикам (температура и соленость). При построении разрезов и обработке данных были использованы программы «Гидролог 5.0.12» (автор: Белокопытов В. Н., МГИ, Севастополь, Украина) и «Serfer 8.09.2391» (Surface Mapping System, Golden Software, Inc.). Схема обработанных разрезов представлена на рис. 1.1.

Представлен годовой ход термохалинной структуры северо-западного региона Черного моря на примере одного меридионального разреза (31° в.д.) и одного зонального разреза (45° с.ш.) (рис. 1.2).

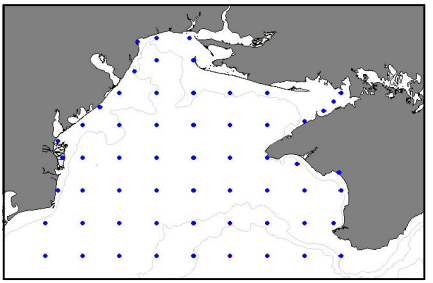


Рис. 1.1. Схема станций

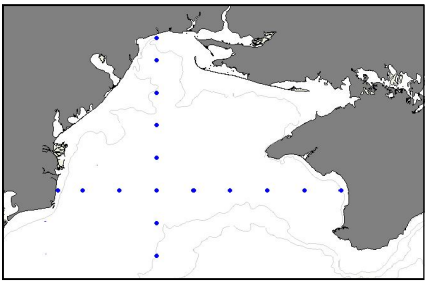


Рис. 1.2. Схема разрезов

Основным фактором, определяющим температурный и солевой режимы северо-западного региона, является речной сток. Существенное его влияние проявляется в мелководных приустьевых областях в северной части (устье Днепра) и западной части (устье Днестра и Дуная). Это хорошо заметно на всех построенных разрезах.

Рассмотрим среднегодовой ход температуры на примере вертикальных среднемесячных меридиональных разрезов по 31° в.д. с января по декабрь.

В январе (рис. 2.1) отчетливо виден горизонтальный градиент температуры: в северной части разреза средняя температура составляет 3 °С, а в его южной части средняя температура равна 8 °С. Вертикальный градиент практически не выражен, что свидетельствует об установившейся зимней конвекции. В феврале (рис. 2.2) наблюдается очень схожая картина, но значения максимума и минимума температуры понижаются в среднем на 1,5 °С (по сравнению с январем). Так же стоит отметить, что более холодные и опресненные воды проникают ниже на юг, нежели в январе. Именно в феврале происходит максимальное выхолаживание водных масс. Обстановка в марте мало чем отличается от февральской и январской. Характер вертикального и горизонтального градиентов температуры практически идентичен предшествующим двум месяцам.

На полученных разрезах отчетливо видно, что в апреле начинается прогрев поверхностного слоя воды (рис. 3.1). Таким образом, более холодные воды начинают заглубляться и проникать дальше на юг по материковому склонную Вертикальный градиент температуры составляет приблизительно 4 °С на 25 м глубины в самой северной точке разреза. Холодные воды проникают почти до 40 м, а затем на глубине около 60-70 м постепенно смешиваются с глубинными водами. В мае начинается более интенсивный прогрев водной массы, вследствие чего горизонтальный градиент теряет свою значимость, а вертикальный наоборот становится отчетливее выраженным (рис. 3.2). Поверхность прогревается до 14 °С и до глубины 20 м (в мелководных районах) и глубины 40 м (в глубоководных) температура понижается до 8-7 °С.

В июне, июле и августе рост вертикального градиента температуры интенсивно продолжается в связи с быстрым прогревом поверхностного слоя. Так в июне градиент составляет 11 °С на 40 м глубины, в июле — 13 °С на 40 м, а в августе он достигает своего максимального значения — 15 °С на 40 м. Таким образом, именно в августе (рис. 4.1) наблюдается максимальная температура поверхности моря.

Сентябрь характеризуется постепенным уменьшением вертикального градиента температуры. Причиной этому является преобладающее в северо-западном регионе влияние на температуру воды теплообмена с атмосферой. В октябре начинается постепенное охлаж-

дение поверхностного слоя, вследствие чего его заглубление и постепенное перемешивание с холодными глубинными водами. Температура воды на поверхности составляет 18-19 °С и понижается до 10-11 °С на глубине 50 м. Затем наступает резкий перепад до 8 °С. И вода с такой температурой распространяется вплоть до глубины 100 м. Это свидетельствует о начале зимнего конвективного перемешивания. В ноябре (рис. 4.2) данный процесс усиливается. Градиент становится слабее. Граница перехода от 10-11 °С к 8 °С значительно сглаживается и растягивается (теперь она расположена в пределах от 40 до 60 м). Температура поверхности едва достигает 12,5 °С. На севере разреза проявляется очаг холодной воды.

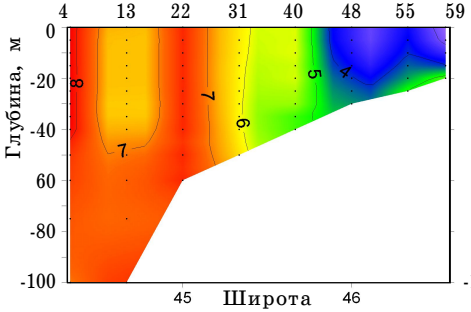


Рис. 2.1. Температура в январе

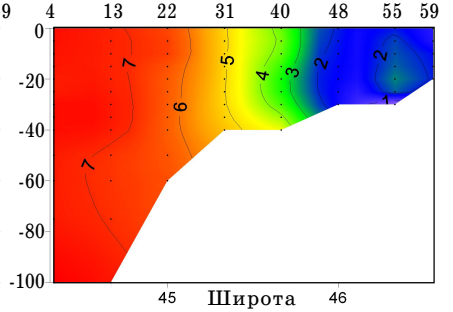


Рис. 2.2. Температура в феврале

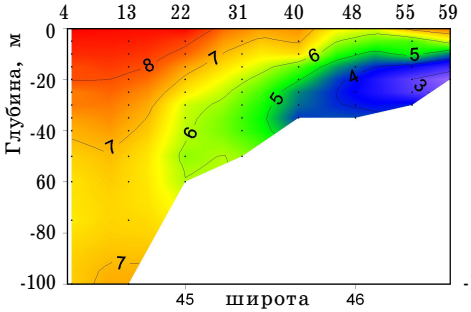


Рис. 3.1. Температура в апреле

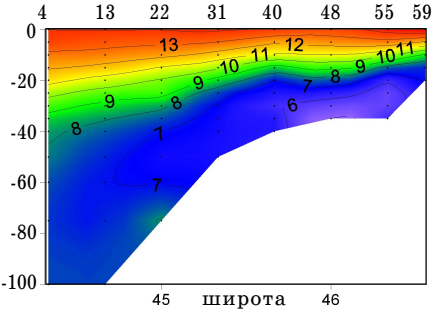


Рис. 3.2. Температура в мае

Наконец, в декабре наступает завершающая стадия становления зимней конвекции. Вертикальный градиент температуры практически исчезает. На поверхности температурный максимум составляет 9 °С в самой южной точке разреза. Средняя температура всей водной массы составляет приблизительно 8 °С. На севере начинается более интенсивное проникновение холодных речных вод. Судя

по характеру изолиний на разрезе можно сделать вывод, что происходит интенсивное перемешивание.

Соленость. В прибрежной зоне северо-западного региона сезонный ход солености напрямую зависит от речного стока. В частности на полученных разрезах можно выделить два основных очага пониженной солености вод. Первый — приустьевая зона Днепра; второй — приустьевая зона Дуная. Рассмотрим меридиональные разрезы по 31° в.д. за все месяцы года.

Годовой ход солености имеет адвективный характер. Во все месяцы минимум солености наблюдается в самой северной точке разреза. Зимой минимум достигает значения 13,2 ‰. Это значение зафиксировано в феврале (рис. 5.1). Именно в этом месяце наблюдается наибольшее выхолаживание водных масс. Происходит интенсивное ледообразование в прибрежных зонах. Поэтому, не смотря на низкую соленость, опресненные воды не распространяются далеко на юг. В остальной части рассматриваемого разреза соленость колеблется от 17 ‰ (ближе к северу) до 18,5 ‰ к югу. В южной части вырастает с глубиной до 19 ‰ на 100 м.

С марта по май (рис. 5.2) горизонтальный и вертикальный градиенты солености усиливаются. Опресненные воды проникают дальше на юг. Минимум за весенний период наблюдается в апреле. Он составляет 12 ‰.

В летний период распространение опресненных вод на юг продолжается с большей интенсивностью. В июле минимальная соленость составляет 15,2 ‰. В августе — 15,7 ‰ (рис. 5.3). Отмечается также рост солености на глубине 100 м до 19,6 ‰.

В сентябре горизонтальный и вертикальный градиенты значительно ослабевают. Опресненные воды достигают 46° с.ш. На глубине тоже происходит спад солености до 19 ‰ на 100 м. Осенний минимум солености наблюдается в ноябре (14,4 ‰) (рис. 5.4). В дальнейшем опресненные воды не выходят за пределы узкой 15-20’ прибрежной зоны вплоть до мая.

Касательно зонального распределения температуры и солености можно сказать, что сезонный ход термохалинных составляющих по своему характеру практически идентичен меридиональному. Минимум температуры наблюдается в феврале (1 °С) в западной части разреза. Максимум в августе (24,2 °С) на поверхности в западной (приустьевая зона Дуная) и восточной (побережье Крыма) частях разреза. Летом имеет место ярко выраженный верти-

кальный градиент. Зиме соответствует слабый горизонтальный градиент (при этом вертикальный практически отсутствует).

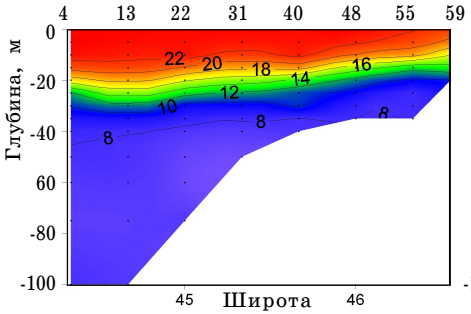


Рис. 4.1. Температура в августе

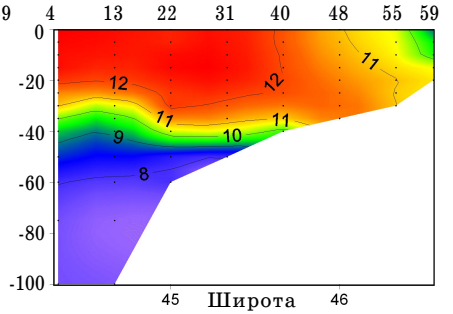


Рис. 4.2. Температура в ноябре

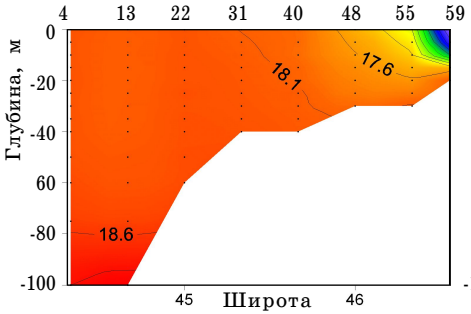


Рис. 5.1. Соленость в феврале

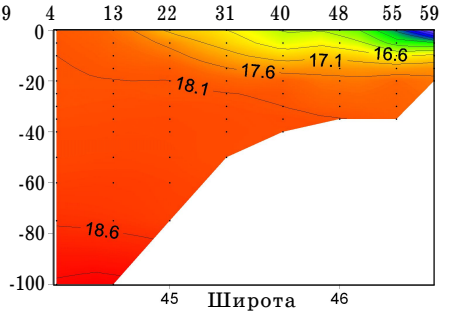


Рис. 5.2. Соленость в мае

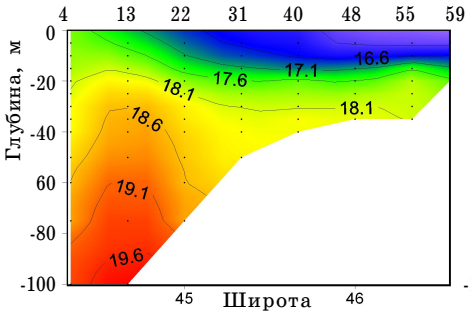


Рис. 5.3. Соленость в августе

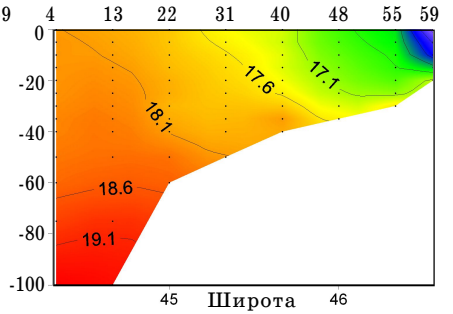


Рис. 5.4. Соленость в ноябре

Минимум солености наблюдается в июне (9 ‰). Дальше всего на восток опресненные воды распространяются в сентябре, что связано с характером динамики вод в данном регионе.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что анализ разрезов, построенных по климатическим данным, в целом подтверждает общепринятую термохалинную структуру северо-западного региона Черного моря. В свою очередь это свидетельствует о репрезентативности этих данных и дает возможность построения разрезов геострофических скоростей для дальнейшей оценки расходов водных масс, что позволит дать количественную оценку сообщаемости между шельфовой зоной (северо-западный регион Черного моря) и открытой частью моря, а также между различными акваториями северо-западного региона.

Г. Г. Золотарев

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ СУДНЕ УКРАИНСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА ЭКОЛОГИИ МОРЯ МИНПРИРОДЫ УКРАИНЫ «ВЛАДИМИР ПАРШИН»

Научно-исследовательское судно (НИС) «Владимир Паршин» (рис. 1) построено в 1989 г. на верфи «Лайватеоллисуус» (Финляндия) по заказу Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды для проведения научных исследований в области океанографии, метеорологии, гидрохимии, биологии, контроля за загрязнением морской среды. В настоящее время привлекается также и для проведения геологических работ. На судне есть семь специально оборудованных лабораторий и полный комплекс палубных грузовых устройств. Судно имеет неограниченный район плавания и ледовый класс Л1 Регистра Украины, что позволяет использовать его и в ледовитых морях и оснащено современным навигационным оборудованием, которое обеспечивает плавание судна и проведение исследовательских работ в любых условиях. На нем имеются следующие научные лаборатории — океанографическая, гидрохимическая, гидрохимическая (мокрая), гидробиологическая, метеорологическая, электроники, геологии. Экипаж и научный персонал размещаются в 1-местных и 2-местных каютах. Имеется возможность установки 5-ти запасных мест.

Конструкция, оборудование и системы судна отвечают современным требованиям международных конвенций, регулирующих вопросы мореплавания.

Судно оснащено носовым подруливающим устройством, дизельная установка обеспечивает скорость до 12 узлов. Высокая степень автоматизации (А2) обеспечивают оптимальные режимы работы

силовой установки при сокращенной численности обслуживающего персонала. Питание основных измерительных комплексов, осуществляется от специального стабилизатора через буферную систему аккумуляторов.

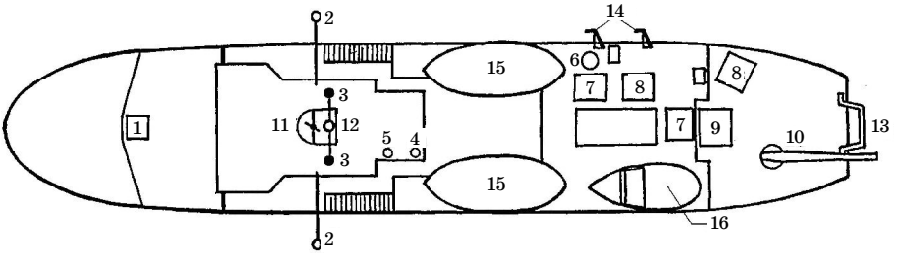
Рис. 1. НИС «Владимир Паршин»

Основные характеристики судна:

длина наибольшая, м	49,9
ширина наибольшая, м	10,0
высота борта, м	5,0
мощность гл. двигателя, л.с.	1 х 1340
скорость, уз	12
полное водоизмещение, т	927
валовая вместимость, т	752
чистая вместимость, т	226
осадка наибольшая, м	3,6
автономность (сутки)	35
дальность плавания, миль	5500
запас топлива, т	109,6
расход топлива, т: на ходу	3,0
на стоянке	0,8
на станции	1,7
запас воды (расход), т	95 (5.5)
экипаж (с научным составом), чел	20 (40)
количество мест	40 (+5)

Работа в море с дистанционными приборами, пробоотборниками, постановка и подъем автономных буйковых станций проводится четырьмя гидравлическими электроуправляемыми кабельно-тросовыми и тросовыми лебедками, кран-балками и кормовой П-рамой. Автоматические устройства лебедок позволяют измерять и индицировать на пульте управления длину вытравливаемого троса, скорость его движения, нагрузку на трос, сигнализировать о подходе концево-

го прибора, о спадании троса с блока или его обрыве. Одна из лебедок, установленная в кормовой части судна, позволяет использовать для работы измерительные комплексы, буксируемые на ходу судна. На судне также имеется два гидравлических грузовых крана.



1. Датчики температуры и солености воды в НПУ
2. Датчики температуры и влажности воздуха
3. Датчики скорости и направления ветра
4. Осадкомер
5. Датчики давления
6. ОУ комплекса Гидрозонд
7. Кабельные лебедки
8. Тросовые лебедки
9. Трюм экспедиционного оборудования
10. Кран
11. Анеморумбометр М63-М1
12. Штормовой пиранометр
13. П-рама (Н = 4 м)
14. Кран балки
15. Палубные шлюпки
16. Разъездной катер

Рис. 2. Схема расположения палубных устройств и приборов, использовавшихся в рейсе

Палубное и вспомогательное оборудование:

Лебедки гидравлические:

- кабельные ..... 2 шт.
  - усилие ..... 3 т
  - количество кабель-троса ..... 3000 (6000) м
  - диаметр кабель-троса ..... 9 (6) мм
- тросовые ..... 2 шт.
  - усилие ..... 3 т
  - количество троса ..... 3000 (6000) м
  - диаметр троса ..... 9-13мм (6) мм

Краны грузовые:

- усилие ..... 3 т, вылет стрелы 8.5 м
- усилие ..... 0,5 т

Кормовая П-рама:

- высота ..... 4 м
- вынос ..... 1.5 м
- грузоподъемность ..... 3 т

Кран-балки: ..... 2 шт.

- грузоподъемность ..... 3 т.

Г. Г. Золотарев
И. Г. Золотарева
И. В. Малахов
Г. А Ерофеев

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В СЕНТЯБРЕ 2008 ГОДА (29-Й РЕЙС НИС «ВЛАДИМИР ПАРШИН»)

С 19 по 27 сентября 2008 г. состоялся 29 экспедиционный рейс НИС «Владимир Паршин» по международной программе «Гермес», в рамках программы Еврокомиссии по изучению изменений климата и экосистем.

Заказчиком проведения исследований был Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова (ОНУ). Исследования проводились в северо-западной части Черного моря, в основном на свале глубин (рис. 1). На борту находилось 22 научных сотрудника ОНУ, Украинского научного центра экологии моря (УкрНЦЭМ) и Киевского института минеральных ресурсов НАН Украины. Научным руководителем экспедиционных работ был профессор кафедры общей и морской геологии ОНУ Янко В. В. Ответственными за проведением всего комплекса измерений и отбора проб воды зоо/фито- фауны и флоры, а также донных осадков были сотрудники УкрНЦЭМ под руководством заведующего сектором морского экологического мониторинга Золотарева Г. Г.

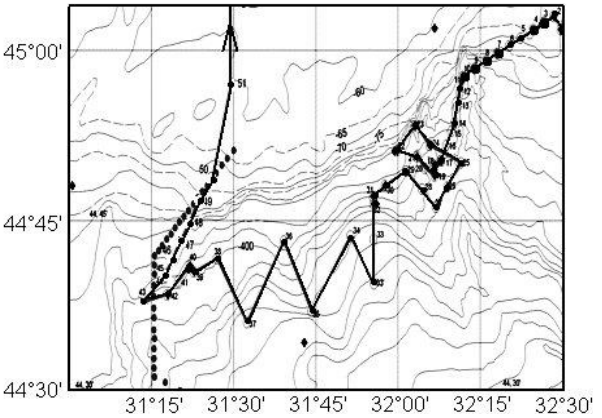


Рис. 1. Схема маршрута 29 рейса НИС «Владимир Паршин». Выделены станции, где обнаружено вторичное заиление

Рис. 2. Научные сотрудники 29 рейса НИС «Владимир Паршин»

Комплекс наблюдений и забортных работ:

1. *Гидрофизические исследования.* С использованием CTD-комплекса «Гидрозонд» проводилось исследование термохалинного состояния водной толщи и отбор проб воды для гидрохимических и гидробиологических определений. На станциях наблюдения определялись прозрачность и цвет морской воды.
2. *Гидрохимические исследования.* На заданных горизонтах определялись: растворенный кислород и биогенные элементы, фиксировались пробы воды и грунта для последующего определения загрязняющих веществ.
3. *Гидробиологические исследования.* Изучались бентосные организмы в донных отложениях. Пробы отбирались с помощью дночерпателя «Океан-0.25». Отбор зоопланктона в водной толще проводился с использованием сети Джедди, фитопланктон отбирался пластмассовыми батометрами HIDROBIOS объемом 5 л.
4. Для изучения литологических параметров отбирались пробы поверхностных донных отложений на определение гранулометрического состава, влажности осадка и других характеристик.

Пробы отбирались дночерпателем «Океан-0.25» и прямоточной гравитационной трубкой.

Основные предварительные результаты рейса:

1. Выполнено 47 экологических станций.
2. Вдоль полигона работ зафиксировано положение обостренного термохалинного фронта шельфовых вод.
3. Выявлена сложная динамическая структура вод исследуемой области.
4. Предварительный анализ проб, полученных на станциях в районе мыса Тарханкут с глубинами 75-93 м, подтверждают тенденцию к распространению вторичного заиления с мощностью наилка до 1 см.

Ю. И. Попов
А. С. Матыгин
В. В. Украинский
Е. П. Ломакин
И. В. Малахов

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОД ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ В СЕНТЯБРЕ 2008 Г.

Введение. В период с 21 по 27 сентября 2008 года на материковом склоне северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) с борта научно исследовательского судна «Владимир Паршин» (УкрНЦЭМ) были проведены геоэкологические работы по программе исследований Одесского Национального Университета им. И. И. Мечникова (ОНУ), которые позволили оценить летне-осеннее гидрофизическое и химико-биологическое состояние вод исследуемого региона. Проблема взаимодействия вод СЗЧМ и открытого моря в районе континентального склона — одна из фундаментальных задач в современных исследованиях Черного моря, т.к. при решении этой проблемы можно получить ответ на вопрос: в каком количестве переносятся загрязняющие вещества из СЗЧМ в глубоководную часть Черного моря.

Схема расположения станций на полигоне 29 рейса НИС «Владимир Паршин» (П29) показана на рис. 1. Весь комплекс наблюдений за температурой, соленостью, отбор проб воды для определения гидрохимических параметров морских вод производились с помощью зондирующего CTD-комплекса «Гидрозонд» с использованием стандартных методик.

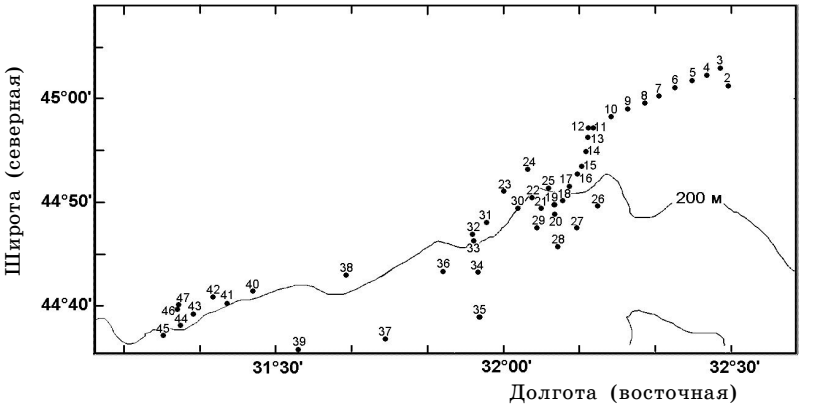


Рис. 1. Схема расположения станций
29 рейса НИС «Владимир Паршин», 21-27 сентября 2008 г.

Климатические характеристики гидрофизических полей П29

Материковый склон северо-западного шельфа (СЗШ) — это район интенсивной завихренности в зоне конвергенции. Вихреобразование наиболее активно в летне-осенний период года [1]. Основной динамической особенностью этой зоны в теплое полугодие является почти постоянное присутствие здесь крупного синоптического вихря (т.н. Севастопольского вихря). Последний, как правило, развивается в начале лета и генетически привязан к орографии склона и береговой черты в ЮВ области шельфовой зоны. Вихрь, как правило, становится нестационарным во вторую половину лета и в начале осени. Это обусловлено тем, что в этот период основная струя Кругового циклонического течения (КЦТ) повсеместно отклоняется от материкового склона в районы открытого моря. В частности, к западу от мыса Херсонес происходит расширение зоны конвергенции. Весенне-летние интенсификация и развитие волновых движений в струе КЦТ приводят к срыву и перемещению вихря в направлении основного потока [1], а в области его прежнего стационирования возникает антициклон следующей генерации. Такие ситуации могут многократно происходить в период теплого полугодия. Генетически Севастопольский вихрь является суперпозицией трех основных факторов: 1) весенне-летнего поступления паводковых вод речного стока с шельфа в глубоководную область и накопления их к западу от Крымского полуострова; 2) наличия струи КЦТ, усиливающейся при огибании южного выступа Крымского полуострова; 3) орографических особенностей района.

Климатические характеристики гидрофизических параметров вод полигона были получены из базы данных отдела научных исследований морской среды и прибрежной полосы УкрНЦЭМ (за период 1955-2007 гг.). А также была использована информация, приведенная в справочнике [2]. В рассматриваемом регионе моря в сентябре осредненные в климатическом масштабе термохалинные значения составляли: поверхностная температура — 21 °С, соленость — 17,7 епс.

Рассчитанные средние значения по всему П29: для температуры — 20,52 °С, для солености — 17,22 епс. Необходимо учитывать, что наблюдения производились в последней декаде сентября, а вышеприведенная климатическая норма рассчитана на середину месяца, а для переходного осеннего сезона она быстро изменяется. Для температуры норма на конец месяца должна быть несколько ниже своего среднемесячного значения, поэтому в статистическом смысле измеренные значения температуры близки к средним климатическим. В то же время тренд изменения среднемесячной климатической нормы солености для данного периода положительный, поэтому можно утверждать, что наблюденная соленость поверхностных вод ниже климатической нормы не менее чем на 0,5 епс.

Анализ результатов наблюдений. По данным Гидрометцентра Черного и Азовского морей (г. Одесса) в период, предшествующий съемке, отмечалась активизация ветровых условий над районом СЗШ: 15-16 сентября наблюдались В-ЮВ ветры со скоростями 10-15 м/с; 18-19 сентября — ветры СЗ направлений до 10-15 м/с. Непосредственно во время выполнения работ имели место слабые ветры переменных направлений. Таким образом, ветер не мог существенно влиять на формирование структуры океанографических полей непосредственно в период экспедиционных работ.

На рис. 2 приведены средние и экстремальные наблюденные и климатические значения вертикального распределения температуры воды в сентябре для акватории полигона. При климатическом осреднении однородный слой имеет толщину 10 м, а термоклин располагается в слое 10-30 м. Отличие вертикального распределения температуры для П29 в сентябре 2008 г. от климатического заключается в том, что термоклин заглублен и находится в слое 20-50 м. Но основной особенностью рассматриваемой структуры является распределение температуры в нижних слоях 75-90 м, в которых минимальное значение температуры П29 имеет более высокие

значения, чем максимальные по всему периоду наблюдений в центральном районе СЗЧМ [2] (рис. 2 (врезка)). Объясняется этот факт изменением климатических характеристик атмосферы в Азово-Черноморском регионе [3], и, как следствие, преобладанием теплых зим в последний 10-летний период. В этом аспекте следует отметить, что в районе о. Змеиный также зафиксировано повышение средней зимней температуры на глубинных горизонтах более, чем на 3 °С по сравнению с 80-ми годами двадцатого столетия [4].

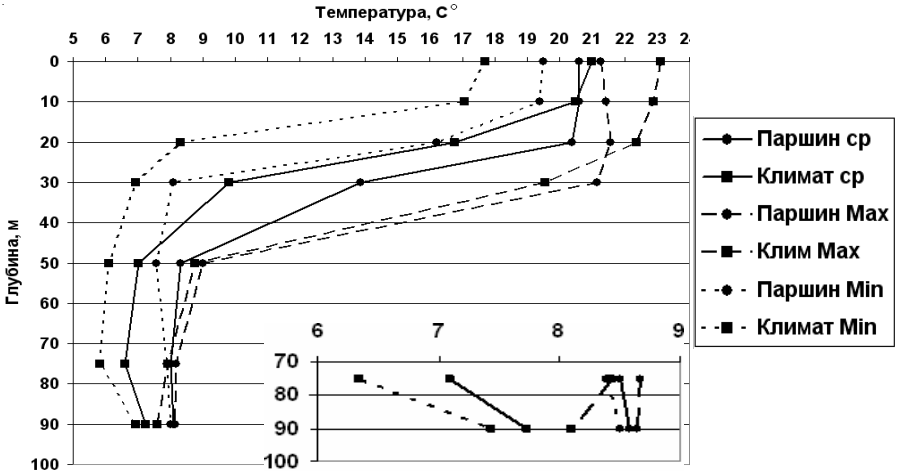


Рис. 2. Вертикальное распределение наблюденных и климатических оценок средних и экстремальных значений температуры воды на акватории П29 (на врезке — в увеличенном масштабе распределение оценок в слое 75-90 м)

В области шельфа с глубинами до 70 метров ядро холодного глубинного слоя располагалось непосредственно у дна. У кромки шельфа и далее в направлении свала глубин наиболее холодные воды уже представляли собой обособленное ядро и изопикнически распространялись в район свала глубин, формируя периферийные области холодного промежуточного слоя (ХПС) Черного моря. Глубина залегания ядра ХПС в области свала глубин находилась в пределах 74-84 м, а средняя температура вод ядра ХПС составляла 7,87 °С, что для исследуемой акватории является максимальным средним значением за последние 30 лет (рис. 3). Близкие значения температуры воды в ядре ХПС отмечались лишь в 1981 и 1984 годах (7,82 и 7,9 °С соответственно). Самые холодные зимы

за последние 30 лет наблюдались в 1985 и 1987 годы. Естественно, в эти годы формировались и наиболее холодные воды промежуточного слоя (для рассматриваемого района — 6,12 и 6,06 °С). Относительно холодными были и зимние условия 1993, 1996 и 2006 годов, что также отразилось в относительно низких значениях температуры воды ядра ХПС (6,38 в 1993 г. и 6,74 °С в 1996). (Морские наблюдения в 2006 году не производились).

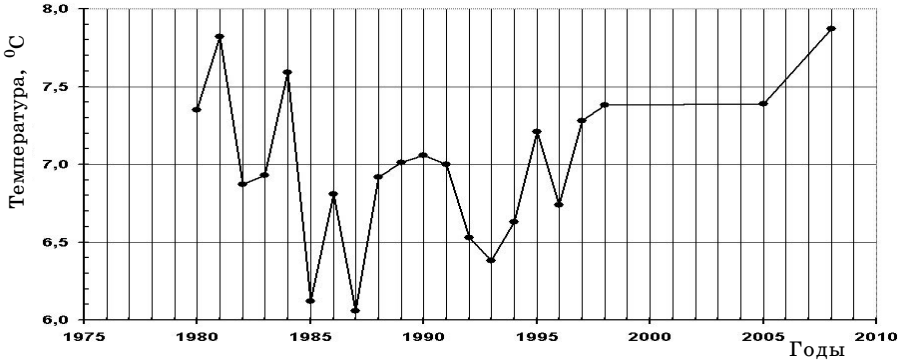


Рис. 3. Временной ход изменения температуры воды в ядре ХПС на акватории П29

Несмотря на ограниченные размеры П29, трехмерная структура поля солености также имела свои интересные особенности, которые свидетельствуют о значительных изменениях в гидрологическом режиме СЗЧМ. До 50 м значения солености примерно на 0,5 епс меньше среднего климатического значения, что подтверждает присутствие шельфовых вод (воды с соленостью менее 17,5 епс [5]). Граница распространения этих вод имела аномально восточное для данного времени года положение, и была достаточно интенсивна — поперечный градиент солености в области фронта составлял 1,5-2,0 епс на 10 миль (рис. 4).

Обращает на себя внимание широкий диапазон изменчивости солености на глубинах ниже 20 м (рис. 5). Если в верхних слоях полигона экстремальные значения солености укладывались в климатические границы измеренных значений, то в слое 20-75 м и минимальные и максимальные измеренные значения выходят за соответствующие пределы климатических норм. Этот факт может быть объяснен тем, что на полигоне в момент его производства находились насколько вихревых образований, которые, в зависимости от их направления вращения, могли опускать поверхностные шельфовые воды или

поднимать соленые глубинные. Прояснить ситуацию может информация о спутниковых наблюдениях за поверхностной температурой воды в СЗЧМ. Ежесуточные температурные поля, получаемые в Морском гидрофизическом институте по спутниковым данным, и построенные на их основе температурные анимации, позволили оценить циркуляционный режим рассматриваемой акватории моря.

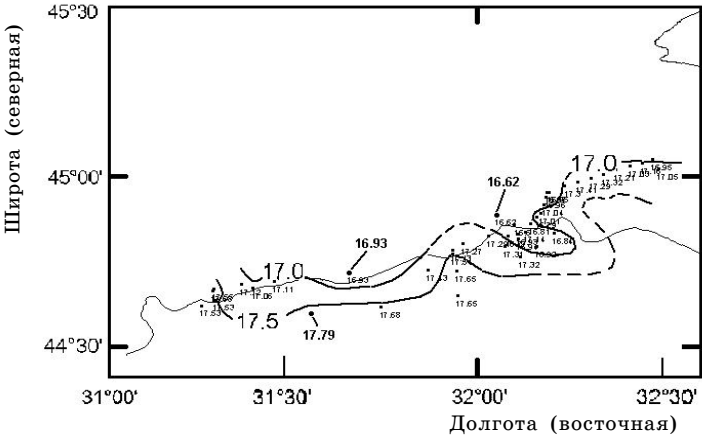


Рис. 4. Распределение солености поверхностного слоя воды на акватории П29

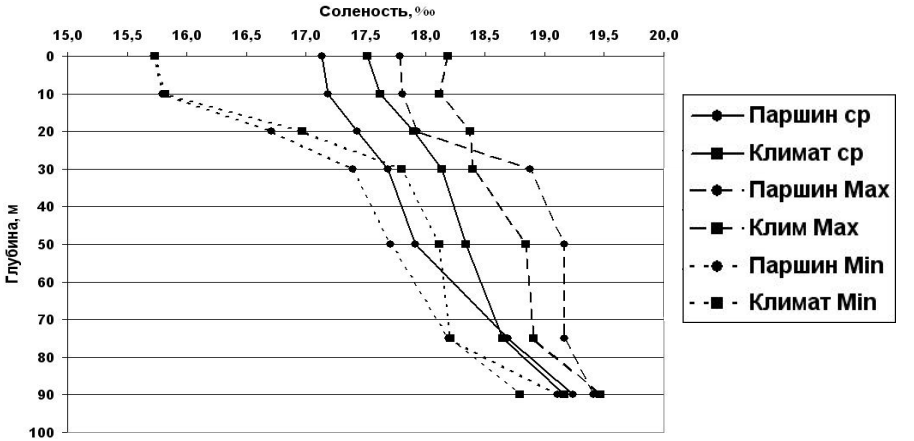


Рис. 5. Вертикальное распределение наблюденных и климатических оценок средних и экстремальных значений солености воды на акватории П29

На рис. 6 представлен фрагмент циркуляции в северной части западной половины моря по состоянию на 25 сентября 2008 года. Черными стрелками на рисунке показаны струи вихревых и связующих переносов. Белая стрелка в западной части рисунка характеризует месячное смещение «старого» Севастопольского вихря, а аналогичная в восточной части — смещение западного гребня Крымского антициклонического вихря. Тонкой белой линией выделена акватория исследуемого района.

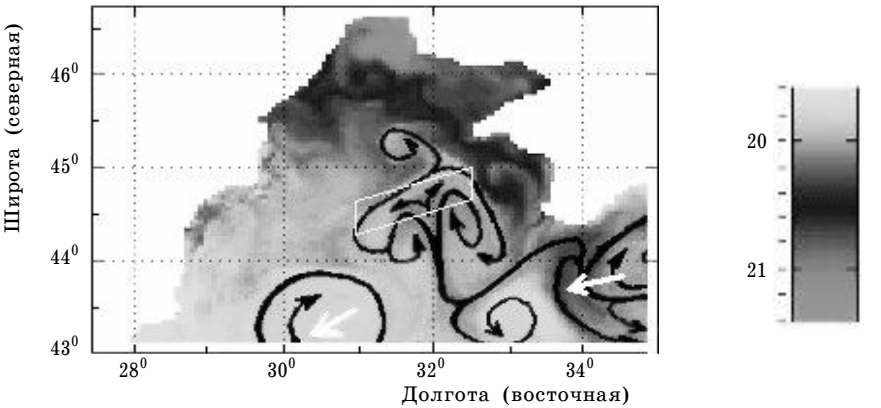


Рис. 6. Фрагмент схемы поля течений в северо-западном секторе Черного моря, полученный при анализе температурных анимаций. Термическое поле от 25 сентября 2008 года.

Анализ анимаций температурных полей всего Черного моря показывает, что выраженной струи общего циклонического переноса в сентябре 2008 года в море не существовало, преобладала вихревая структура динамического поля. Крупномасштабный циклонический перенос вод осуществлялся в основном вихревыми структурами и чрезвычайно изменчивыми связующими участками струйных течений. Похожая картина наблюдалась и в сентябре 2007 г. [1].

Динамическая структура П29 определяется системой грибовидных течений, (рис. 6), возникших при смещении на юго-запад Севастопольского вихря. Северная ветвь струи КЦТ, уходя традиционным путем на запад от южной оконечности Крымского полуострова, в районе меридиана 32° в.д. резко поворачивала на север, восполняя воды, ушедшие со «старым» Севастопольским вихрем. На севере в, районе П29, шельфовые воды и свал глубин блокируют распространение в СЗЧМ вод КЦТ. В верхушке грибовидного

течения усиливается галинный фронт (рис. 4, 6) а его волнообразная структура хорошо согласуется с направлением потоков описываемых динамических образований. При достижении потоком КЦТ материкового склона (почти по нормали) происходит его разветвление и формирование ярко выраженной структуры в виде грибовидного течения. Восточная ветвь традиционно формирует «новый» Севастопольский вихрь, а западная генерирует циклоническую завихренность. Как показал анализ температурных анимаций последующего периода, в октябре произойдет активное развитие циклонического вихря, он уничтожит «старый» Севастопольский антициклон и будет доминировать в центре западной половины моря.

Представленный разрез геострофических скоростей течений (рис. 7) также достаточно хорошо согласуется с рассмотренными выше особенностями пространственной структуры поверхностных течений. В районе станций №№ 31, 32 (~32° в.д.) наблюдается достаточно мощная струя северного направления со скоростями более 30 см/с, это хорошо соответствует стволу грибовидного потока (рис. 6); между станциями 24-12 (32°12' в.д.) и 32-38 (31°36' в.д.) отмечаются потоки обратного южного направления, т.е. отроги грибовидной структуры. В восточной части полигона между станциями 6-4 (32°30' в.д.) наблюдается узкий, но очень интенсивный поток с южной составляющей, который четко соответствует южной ветви расположенного севернее второго, теперь уже шельфового, грибовидного разветвления (рис. 6).

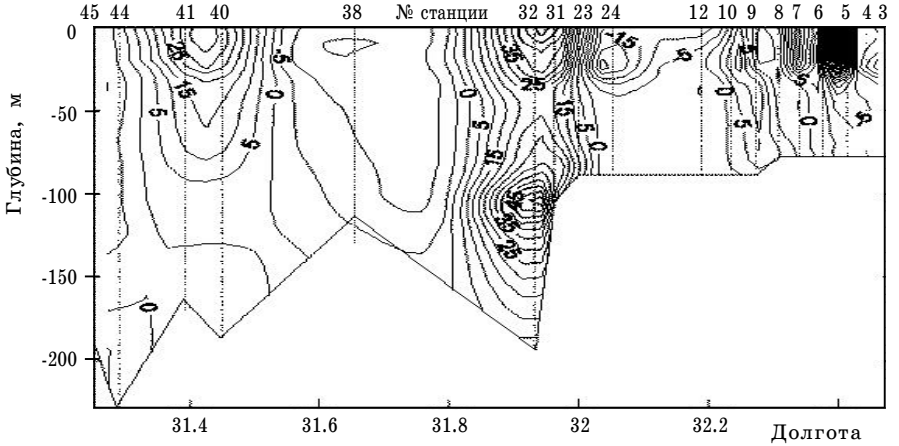


Рис. 7. Субмеридиональные составляющие геострофической скорости (см/с) на разрезе через полигон наблюдений П29

На западной периферии разреза в районе станций 40-44 (31°24' в.д.) проявляется поток с северной составляющей, который достаточно хорошо определяется в схеме поверхностных течений (рис. 6).

Еще одним доказательством наличия восточной антициклонической ветви грибовидного течения служит глубокое опускание вод с повышенным содержанием растворенного кислорода в районе станции 20 (32° в.д.) (рис. 8).

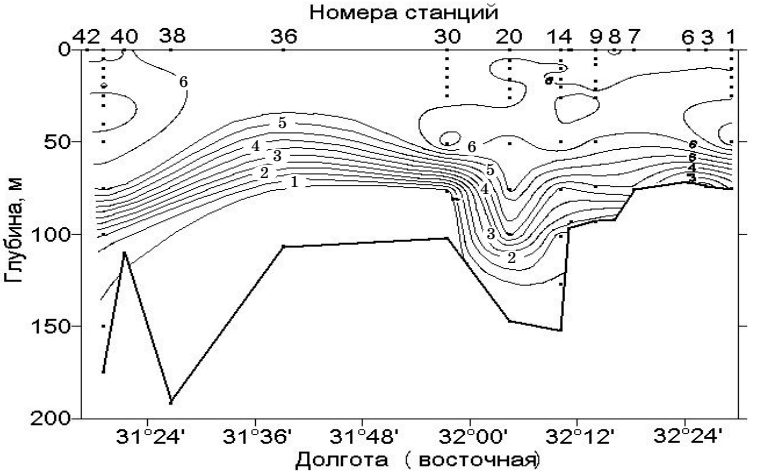


Рис. 8. Вертикальное распределение растворенного кислорода (мл/л) на разрезе вдоль полигона исследований

Основные результаты

1. Температурный режим поверхностного слоя вод был близок к климатической норме. Но на нижележащих горизонтах средние значения температуры превышали климатическую норму на 1,0-2,4 °С. Необходимо отметить, что минимальное значение температуры П29 превышало климатический максимум для всего центрального района [2].
2. Соленость вод поверхностных слоев была ниже климатической нормы не менее чем на 0,5 епс. В слое 20-75 м наблюдался аномально широкий диапазон значений солености вод, были превышены климатические экстремумы.
3. В сентябре 2008 года крупномасштабный общециклонический перенос в Черном море осуществлялся в основном разномасштабными вихревыми структурами и чрезвычайно изменчивыми связующими участками струйных течений.

4. В районе исследований происходило смещение на юго-запад «старого» Севастопольского антициклона, а в результате развития грибовидной структуры северного ответвления КЦТ формировался «новый» вихрь.
5. Грибовидная структура течений в районе П29 способствовала усилению галинного фронта шельфовых вод, а в восточной части полигона способствовала их внедрению во вновь формируемый Севастопольский вихрь.
6. Температура вод ХПС существенно зависит от суровости предыдущего зимнего сезона. Средняя температура вод ХПС в сентябре 2008 года в области свала глубин СЗШ имела значение 7,87 °С, что для данного района является абсолютным максимумом за последние 30 лет.
7. Зафиксированы значительные отклонения средних и экстремальных значений параметров вод в сентябре 2008 года в районе полигона П29 от климатических норм, что свидетельствует о влиянии глобального изменения климата на состояние вод СЗЧМ.

Литература

1. Попов Ю. И.. Матыгин А. С. Особенности циркуляции вод поверхностного слоя Черного моря по термическим спутниковым данным // Вісник Одеського державного екологічного університету. — Сер. Экология. — Одесса, 2008. — Вып. 6. — С. 217-224.
2. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря / Відп. ред. І. Д. Лоєва. — К.: КНТ, 2008. — 616 с.
3. Полонский А. Б. Роль океана в изменении климата. — К.: Наукова думка, 2008. — 184 с.
4. Popov Yu., Matygin A., Ukrayinskyy V. Changes of thermo-halinity characteristics in the North-West Black Sea shelf during the last 50 years. NATO Advanced Research Workshop Series. — Amsterdam: Springer, 2008.
5. Украинский В. В., Попов Ю. И. Районирование вод северо-западной части Черного моря по термохалинным показателям / Екологічні проблеми Чорного моря: Сб. наук. доп. — Одеса: ОЦНТІ, 2003. — С. 374-377.

И. В. Малахов
В. И. Шаров
А. С. Матыгин
Ю. И. Попов
В. В. Украинский

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА СВАЛЕ ГЛУБИН СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Данная работа основана на результатах экспедиционных исследований, выполненных в 29 рейсе НИС «Владимир Пашин» Украинского научного центра экологии моря в период с 21 по 27 сентября 2008 года. Схема расположения станций представлена на рис. 1. Всего было выполнено 47 гидрологических станций, в том числе — 6 полных гидрохимических, и на 30 станциях на поверхности и у дна производился отбор проб для определения концентрации кислорода и значения Ph.

Пробы для химического анализа отбирались с помощью кассеты из 24 батометров зондирующего CTD-комплекса «Гидрозонд».

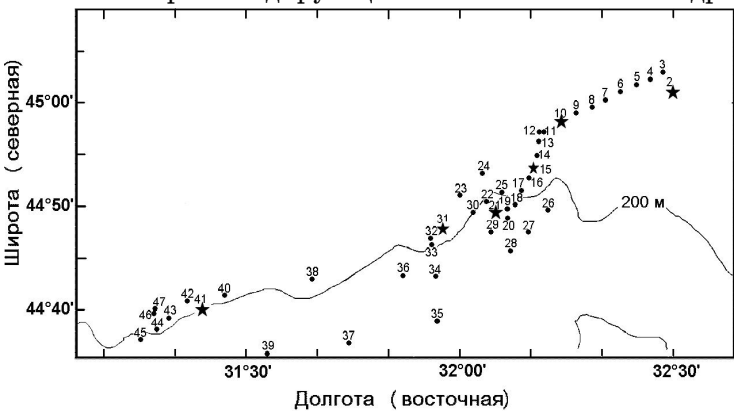


Рис. 1. Схема расположений станций на полигоне 29 рейса НИС «Владимир Паршин» (П29). Звездочкой отмечены станции, на которых выполнялся полный комплекс гидрохимических наблюдений

Подробное изложение особенностей структуры термохалинных и гидродинамических полей в районе исследований между северо-западным шельфом (СЗШ) и глубоководной частью Черного моря представлено в статье [1]. Отметим, что экспедиция проводилась в переходный период — от гидрологического лета к осени. Это обусловило

наличие трехслойной вертикальной структуры профилей температуры, состоявшей из верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) (0-20 м), слоя термоклина (20-50 м) и ядра холодного промежуточного слоя (ХПС), который на мелководных участках (до 70 м) находился вблизи дна, а в районе склона — на горизонтах 75-85 м. На глубоководных участках полигона от ядра ХПС и до дна температура медленно повышалась. Температура ниже ВКС на шельфе и в ХПС была выше среднеклиматической на 1-3 °С. Поле солености также имело аномальное строение: низкие значения на поверхности (до 0,5 е.п.с. ниже климатической нормы) и очень широкий интервал значений ниже ВКС, которые выходили за экстремальные границы климатических норм для всего центрального района СЗШ [2].

В период выполнения съемки непосредственно на полигоне по материалам спутниковой информации о поле поверхностной температуры были идентифицированы несколько вихревых образований, которые обусловили сложную динамику исследуемого района и, соответственно, определили особенности пространственного строения гидролого-гидрохимических полей. Сюда следует отнести наличие хорошо выраженного фронта между шельфовыми водными массами и водами открытого моря, а также систему течений грибовидной формы.

Задача данной работы — исследование особенностей распределения гидрохимических элементов в районе свала глубин, а также анализ взаимосвязей между особенностями распределения гидрохимических и гидрологических характеристик вод.

Растворенный кислород. Изменчивость концентрации растворенного в морской воде кислорода является важным показателем пространственно-временной структуры водных масс акватории. Она определяются двумя главными факторами: гидрологическими (температура, соленость и динамика вод) и биохимическими процессами (фотосинтез и окисление органических веществ). Климатические оценки содержания кислорода для сентября в центральном районе СЗШ были получены из справочника [2] за период 1990-2005 гг. и из банка данных Украинского В. В. за период 1955-2008 гг.

Вертикальное распределение наблюденных и климатических средних, а также экстремальных значений содержания кислорода в водах полигона представлены (табл. 1, рис. 2). Хотя изменчивость вертикальной структуры концентрации кислорода вписывается в границы климатических норм, но его содержание, начиная с горизонта 60 м, заметно меньше климатических значений.

Таблица 1

Изменчивость гидрохимических показателей морской воды по средним многолетним значениям за период 1955-2005 гг. и по данным 29-го рейса НИС «В. Паршин» за сентябрь 2009 г.

Горизонт	O_2, мл/л	PH, ед. pH	PO_4*, мкг/л	$P_{ОБЩ.}$, мкг/л	NO_2, мкг/л	NO_3, мкг/л	$N_{ОБЩ.}$, мкг/л
Поверхность	5,86 5,79	8,43 8,37	5,5 3,8	21,6 35,7	0,4 0,6	3,1 4,0	812 252
10 м	5,93 5,79	8,40 8,39	7,8 3,0	22,3 21,7	0,5 1,1	2,6 9,9	611 199
20 м	5,95 6,12	8,39 8,37	4,2 3,7	22,3 44,9	0,3 1,0	8,0 13,6	536 208
30 м	6,32 6,84	8,22 8,28	8,4 3,9	16,2 24,2	1,3 1,4	13,7 5,8	435 409
50 м	6,50 6,20	8,16 8,25	7,8 7,6	22,4 30,3	1,2 1,6	12,9 14,1	474 245
75 м	4,40 5,87	8,12 8,16	21,1 10,0	40,8 40,0	1,0 0,2	29,8 34,9	526 429
90 м	2,85 4,33	7,89 8,06	35,3 17,1	67,6 88,7	1,0 0,9	47,7 69,1	543 404

Примечание: в числителе — оценки средних значений, полученные по материалам экспедиции, в знаменателе — климатические нормы.

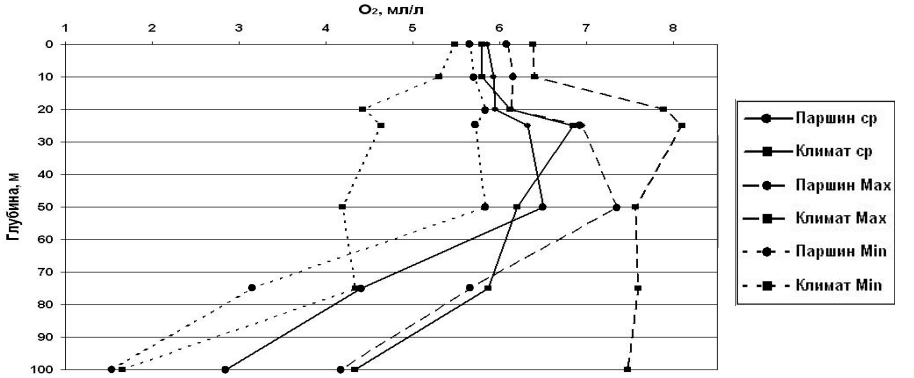


Рис. 2. Средние и экстремальные значения концентрации кислорода (мл/л): климат (■), по материалам экспедиции (●)

В тоже время, анализируя распределение содержания кислорода на условном разрезе, построенном по всем шести полным гидрохимическим станциям (рис. 3), отметим заметный прогиб изооксиген в районе станции 21 (32,08° в.д). Обусловлен он нахождением в этом месте антициклонического образования. Представ-

ленные (рис. 4) вертикальные профили распределения кислорода на станциях 15, 21, 31 свидетельствуют о значительной динамической активности на П29, связанную с существованием в этом районе течения грибовидной формы, состоящего из антициклонического и циклонического вихрей, в которых, соответственно, происходит опускание и подъем водных масс. Такие вертикальные перемещения вод привели к тому, что на горизонте 75 м разреза для указанных станций наблюдается большой диапазон значений растворенного кислорода: от 5,6 до 0,1 мл/л. Отметим также, что в районе ст. 21, где разрез пересекал антициклонический вихрь, глубина опускания вод с насыщением не менее 20 % достигала 150 м, в то время как на ст. 31 она была на 75 м меньше (рис. 3, 4).

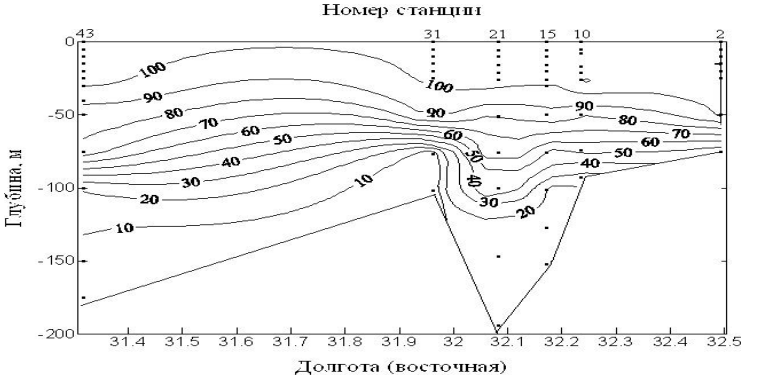


Рис. 3. Схематический разрез по полным гидрохимическим станциям полигона значений растворенного кислорода, мл/л

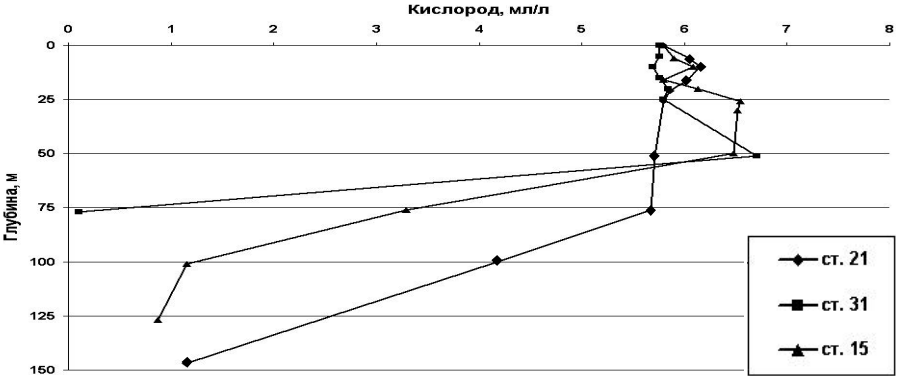


Рис. 4. Вертикальные профили содержания растворенного кислорода на трех станциях полигона: № 15, 21 и 31

Следует отметить, что «условный гидрохимический» разрез не проходит через центры вихрей грибовидной структуры, но все же пересекает их северную периферию. Поэтому предполагается возможным связать структуру циркуляции течений грибовидной формы и пространственное распределение гидрологических и гидрохимических характеристик вод на П29.

Водородный показатель. Водородный показатель (*Ph*) — индикатор происходящих в морской воде окислительно-восстановительных процессов. Концентрация ионов водорода напрямую зависит от содержания в воде кислорода и характеризует интенсивность биохимических процессов фотосинтеза. Определенное влияние на повышение *Ph* на СЗШ имеет речной сток, с которым в море поступает большое количество гидрокарбонатов. Паводковый сток весной и осенью также играет важную роль в повышении значения *Ph*. Летом поверхностные воды интенсивно прогреваются, что вызывает выделение углекислого газа из воды в атмосферу из-за понижения растворимости двуокиси углерода. В летний период начинается второй максимум развития фитопланктона и, следовательно, усиливается их фотосинтезирующая деятельность. Такой расход CO_2 также приводит к повышению *Ph* особенно заметном на СЗШ [3].

Шельфовые воды — это трансформированные речные воды, следовательно, они должны иметь несколько большее значение водородного показателя, чем воды открытого моря, что и отражают график вертикальных профилей *Ph* (рис. 5, 6). На рис. 7 приведен схематический вертикальный разрез значений *Ph*. Отметим хорошее качественное соответствие пространственных структур распределения кислорода и водородного показателя, так как пространственные особенности распределения *Ph* как правило коррелируют с таковыми для распределения кислорода. Причем высокие концентрации кислорода соответствуют более щелочным водам, а в областях с пониженным содержанием кислорода наблюдаются более низкие значения *Ph*. Таким образом, в центральной части полигона под влиянием мезомасштабной антициклонической завихренности [1] происходило опускание поверхностных обогащенных кислородом трансформированных речных вод. Сравнение рис. 4 и рис. 5 подтверждает вывод об определяющем влиянии динамики на вертикальное распределение *Ph*.

Хотя в статистическом смысле профили средних значений (климатического и наблюденного) достаточно близки, но экстремальные значения данных, полученных в экспедиции, выходят за климатические нормы центрального района СЗШ [2] (рис. 6).

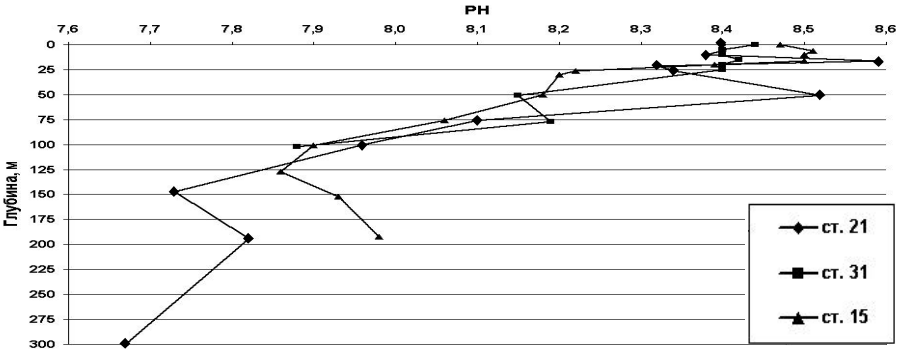


Рис. 5. Вертикальные профили водородного показателя *Ph* на трех станциях полигона: № 15, 21 и 31

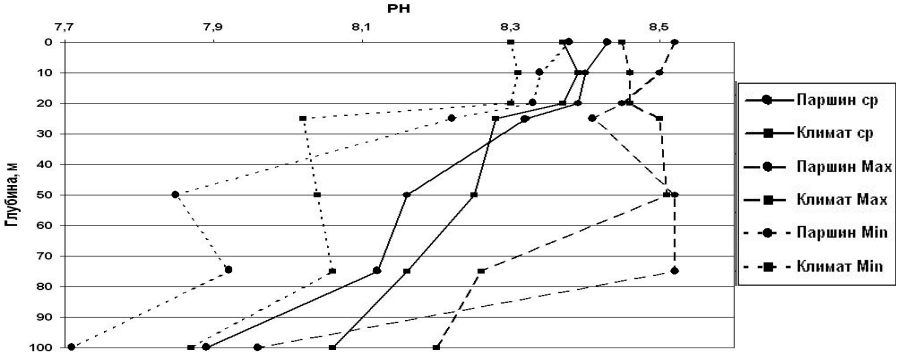


Рис. 6. Средние и экстремальные значения *Ph*: климат (■), по материалам экспедиции (●)

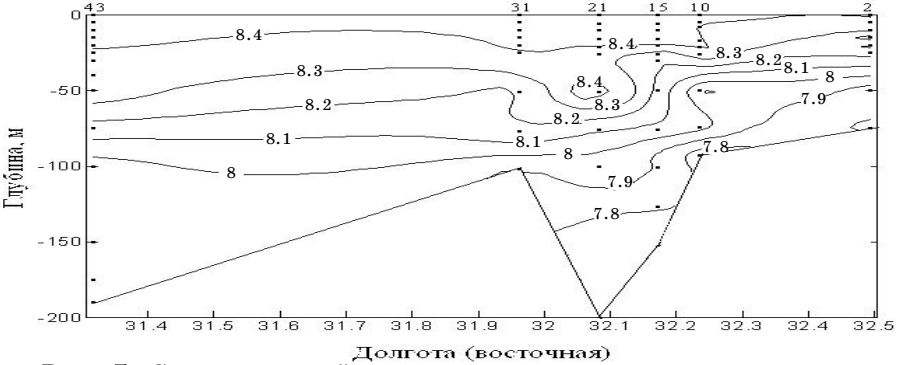


Рис. 7. Схематический разрез по полным гидрохимическим станциям полигона П29 значений *Ph* (усл. ед.)

Аналогичную картину представляет собой и распределение солености [1]. Объяснением этих фактов могут быть климатические изменения структуры термохалинных полей, которые, в свою очередь, определенным образом повлияли на циркуляционные системы СЗШ.

Как уже отмечалось, на шести станциях полигона был проведен полный гидрохимический анализ вод. Определенные выводы, конечно, можно сделать относительно распределения по вертикали, рассчитать оценки средних значений, показать экстремальные границы значений. Однако, отмеченная сложная структура гидродинамического поля в районе свала глубин СЗШ предполагает, как уже было показано на примере анализа структуры полей температуры, солености, кислорода, водородного показателя соответствующие масштабы изменчивости и гидрохимических полей. Таких данных нет. Поэтому ограничимся рассмотрением средних вертикальных профилей, проанализируем экстремальные наблюденные значения гидрохимических характеристик.

Биогенные вещества. Биогенные вещества относятся к физиологически важным компонентам химического состава морской воды. Они являются основой биологического круговорота и ведущим фактом эвтрофикации вод.

Фосфаты. По сравнению с поверхностью на глубинах 10-20 м содержание фосфатов уменьшается вследствие усиленного потребления их в этом слое фитопланктоном. На П29 минимум содержания фосфатов выражен довольно слабо (рис. 8), вследствие процесса вертикального опускания поверхностных вод при антициклонической циркуляции. Далее с глубиной количество фосфатов возрастает.

Следует отметить, что если рассматривать количество фосфатов в водах СЗШ в 2 временных интервалах 1955-1989 и 1990-2008 гг., то содержание их в морских водах резко уменьшится во II случае. Объяснить это можно исключительно методическим фактором, т.к. до 1990 г. измерения проводились в подавляющем количестве случаев на рыбацких судах, а с прекращением обслуживания точки «С», суда ГОИН переключились на измерения в Черном море. В результате, использование современных методик и более качественное производство анализов дали резкое уменьшение содержания фосфатов в морских водах.

Общий фосфор. Количество наблюдений общего фосфора ($P_{общ.}$) в водах СЗШ — единичны. Ограниченные сведения о содержании общего фосфора в морских водах не позволяют выявить закономерности его распределения в водах всей акватории моря. В целом, количество общего фосфора неизменно увеличивается с глубиной (рис. 9).

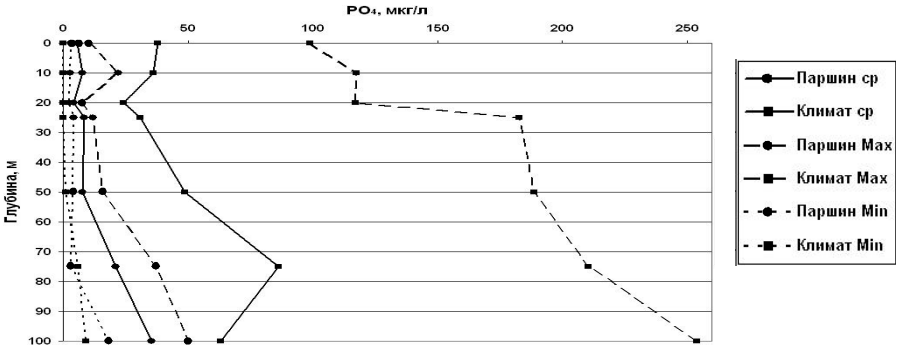


Рис. 8. Вертикальные профили средних и экстремальных значений фосфатов: климат (■), по материалам экспедиции (●)

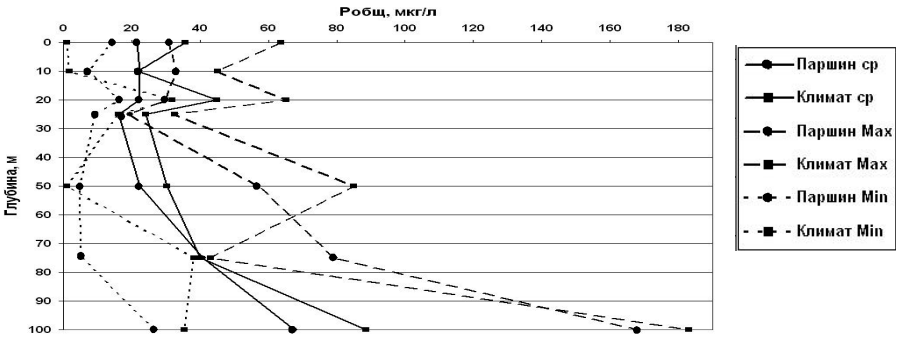


Рис. 9. Вертикальные профили средних и экстремальных значений $P_{общ.}$: климат (■), по материалам экспедиции (●)

На П29 вертикальное распределение $P_{общ.}$ укладывается в климатические рамки достаточно хорошо. Влияние динамики в распределении $P_{общ.}$ также велико: на рис. 10 проявляются обширные зоны опускание вод в зоне Az-циркуляции и подъемы глубинных вод с повышенным содержанием.

Нитритный азот. Вертикальное распределение нитритов в СЗШ определяется речным стоком, гидродинамическими условиями и биохимическими процессами. Вертикальная структура вследствие интенсивности и разнонаправленности биохимических процессов на разных глубинах достаточно сложна. В центральном районе максимум концентрации находится на глубине 30-50 м. На глубине 10 м располагался локальный максимум, наличие которого отмечается в литературе [4]. В центральном районе промежуточный минимум отмечается на глубине 12-25 м и сохраняется на протяжении всего года.

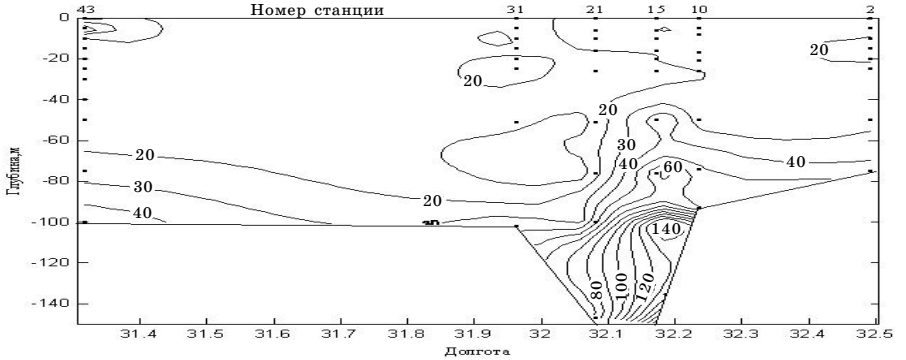


Рис. 10. Схематический разрез по полным гидрохимическим станциям полигона значений $P_{общ.}$, мкг/л..

Достаточно хорошо совпадает средний вертикальный профиль NO_2 на П29 с описанным выше средним распределением: наблюдается два максимума на 10 и 25 м, и, соответственно, минимум на горизонте 20 м (рис. 11).

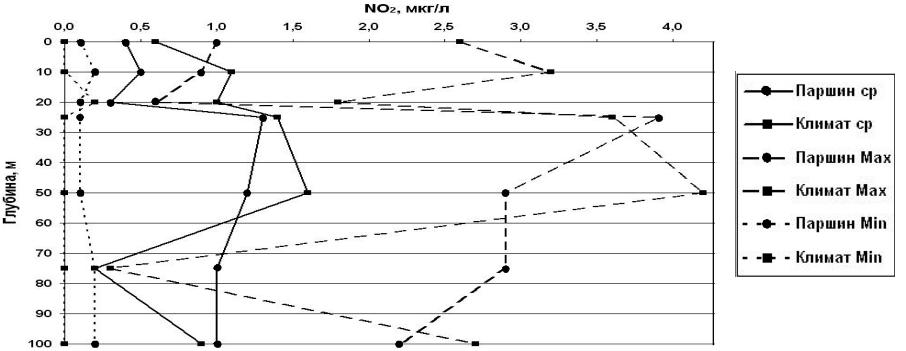


Рис. 11. Вертикальные профили средних и экстремальных значений нитритов: климат (■), по материалам экспедиции (●)

Нитратный азот. NO_3 имеет в климатическом масштабе для сентября максимум на горизонте 20 м (рис. 12). Т.е. как раз между двумя максимумами нитритов, что определяется глубиной начала процесса денитрофикации при разложении взвешенного органического вещества.

Вертикальное распределение нитратов на П29 также характеризуется локальным максимумом значений на горизонте 25 м, медленным убыванием концентраций до глубины 50 м и, затем, ее возрастанием с увеличением глубины.

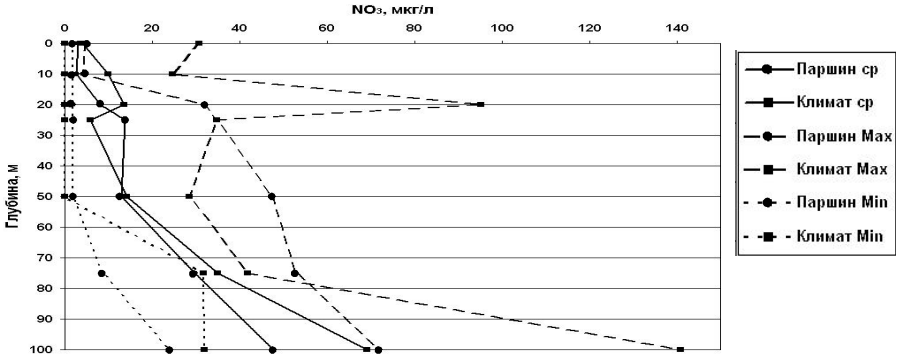


Рис. 12. Вертикальные профили средних и экстремальных значений нитратов: климат (■), по материалам экспедиции (●)

При описанной выше достаточно сложной вертикальной термохалинной структуре и динамическими особенностями П29 разрез для нитритов (рис. 13), имеет интересные особенности: локализованные области максимальных и минимальных значений, в ядрах которых концентрации нитритов значительно отличаются от окружающей морской воды.

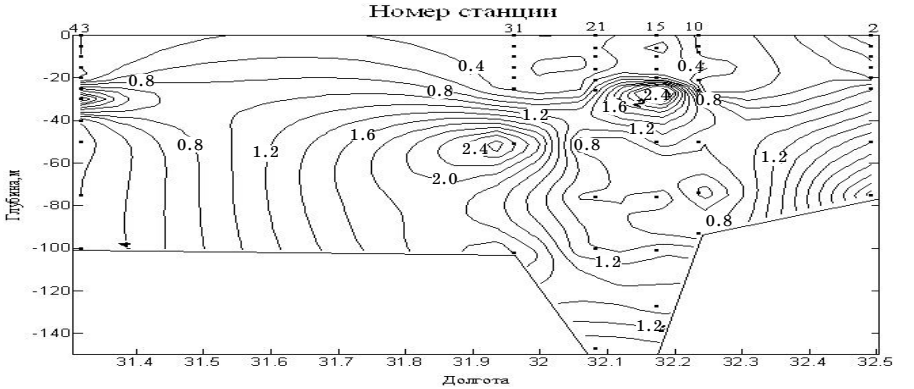


Рис. 13. Схематический разрез по полным гидрохимическим станциям полигона значений нитритов, мкг/л

Очень хорошо выделяются воронкообразные области минимальных значений нитратов и купол подъема вод с высоким содержанием нитратов на разрезе (рис. 14) можно также предположить, что это является отражением сложившейся общей гидрологической ситуации [1] и влиянием специфической динамики вод, наблюдавшейся в момент проведения работ на полигоне П29.

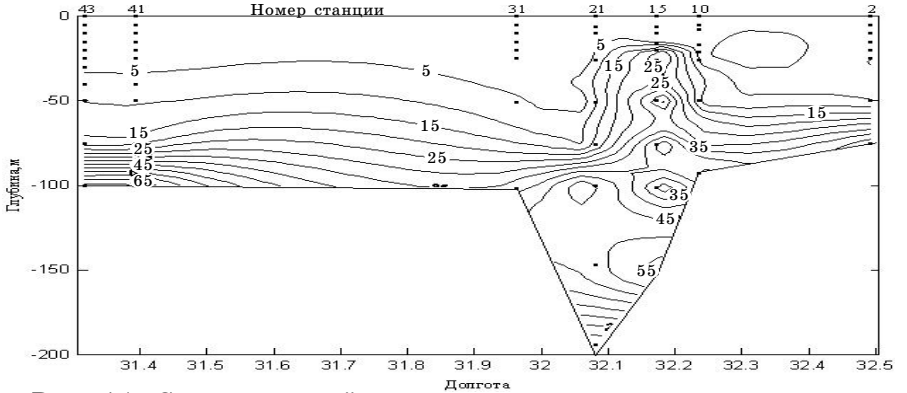


Рис. 14. Схематический разрез по полным гидрохимическим станциям полигона значений нитратов, мкг/л

Общий азот. Средние концентрации $N_{общ.}$ превышают климатические нормы, особенно в поверхностном слое 0-20 м (рис. 15). Здесь накладываются два процесса — постоянное увеличение концентраций $N_{общ.}$ в последние десятилетия, а также аномально далекое распространение шельфовых вод на восток. На вертикальном разрезе значений концентраций общего азота (рис. 16) четко прослеживаются воды с его пониженным содержанием.

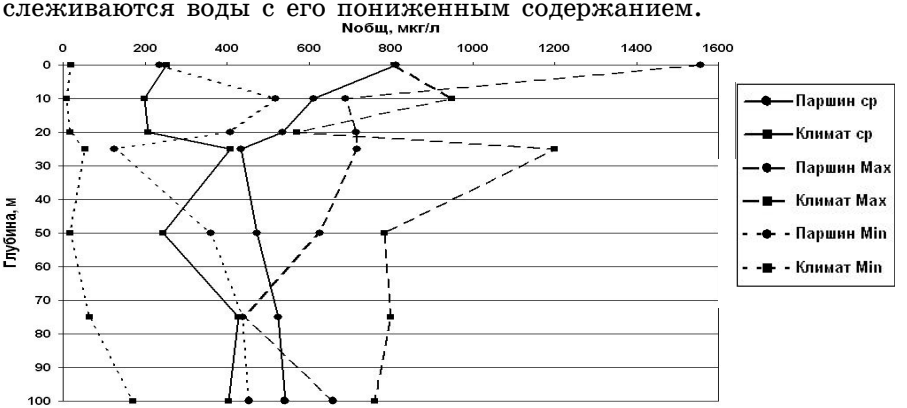


Рис. 15. Вертикальные профили средних и экстремальных значений $N_{общ.}$: климат (■), по материалам экспедиции (●)

Выводы. Особенности пространственного распределения гидрохимических элементов в период проведения экспедиционных исследований в 29 рейсе НИС «Владимир Паршин» дали четкое представление об определяющем влиянии гидрологических факторов на

формирование вертикальной структуры гидрохимических полей. Измеренные значения параметров морской воды (*Ph*, общий фосфор, нитраты, температура, соленость) на П29 выходили за существующие рамки климатических норм.

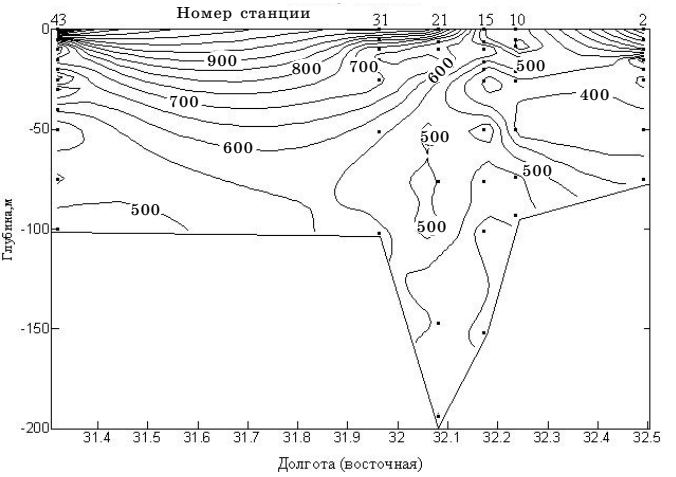


Рис. 16. Схематический разрез по полным гидрохимическим станциям полигона значений $N_{общ.}$, мкг/л (минимальные и максимальные значения), что свидетельствует о возможных климатических изменениях состояния вод северо-западного шельфа Черного моря.

Литература

1. Попов Ю. И., Матыгин А. С., Украинский В. В., Ломакин Е. П., Малахов И. В. Особенности гидрологической структуры вод юго-восточной части северо-западного шельфа Черного моря в сентябре 2008 г. // В настоящем сборнике. — С. 95-104.
2. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря / Відп. ред. І. Д. Лоєва. — К.: КНТ, 2008. — 616 с.
3. Большаков В. С. Трансформация речных вод в черном море. — К.: Наукова думка, 1970. — 328 с.
4. Кондратьев С. И., Романов А. С., Внуков Ю. Л. Особенности распределения гидрохимических характеристик в районе материкового склона северо-западной части Черного моря // Морской гидрофизический журнал. — 2007. — № 5. — С. 69-79.

А. Г. Волошина
Н. А. Берлинский

ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА КОНТРОЛИРУЕМОГО СУДОВОГО БАЛЛАСТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МОРСКУЮ СРЕДУ

Введение. Загрязнение морей, океанов и их биоты стало важнейшей международной проблемой, а необходимость охраны морской среды от загрязнений диктуется требованиями рационального использования природных ресурсов.

Судовой балласт — это забортная вода, которая принимается в балластные танки судна в случае его неполной загрузки, в целях обеспечения остойчивости, управляемости и общей безопасности судна [3]. Балластная вода сбрасывается за борт судна в порту погрузки.

Проблему сброса судовых балластных вод можно условно разделить на две части: проблему загрязняющих веществ водного балласта и проблему биологической инвазии, то есть вселения чужеродных видов в морскую среду.

В качестве загрязняющих веществ судового балласта наиболее характерны взвешенное вещество, железо и нефтепродукты, которые подлежат контролю.

Основной причиной загрязнения балласта является неудовлетворительное техническое состояние систем забора и сброса балластных вод и само состояние балластных танков. В результате этого на стенках и днище образуется осадок, ржавчина, продукты которых совместно с балластными водами сбрасываются в акваторию портов.

Увеличение размеров судов, скорости и частоты рейсов приводит к необходимости более частой балластировки судов, а также к увеличению объемов принимаемого балласта (ежегодно перемещается около 10 миллиардов тонн балластной воды). Это, в свою очередь, приводит к увеличению вероятности загрязнения прибрежных вод сбрасываемым балластом.

Влияние на морские экосистемы загрязняющих веществ водного балласта

На экологическое состояние вод Черного моря немаловажное влияние оказывает судоходство и объекты морского транспорта Украины, расположенные в прибрежной зоне Дунайского, Днепро-Бугского и Черноморско-Азовского бассейнов. На этой территории находится 20 морских портов и 7 судоремонтных заводов, которые

осуществляют определенное воздействие на морскую среду в результате производственной деятельности, включающей погрузочно-перегрузочные работы, операции с нефтепродуктами, ремонт судов и др.

Проводится постоянный лабораторный контроль качества балласта всех судов, которые заходят в морские порты Одесса, Ильичевск, Южный, Керчь и Феодосия. В случае превышения нормативных показателей качества балластных вод, их сброс в портах Украины не разрешается. В последние годы, в связи со снижением промышленного уровня на Украине, состояние северо-западной части Черного моря улучшилось. Это закономерно связанно со снижением объемов сбросов промышленных и сточных вод, а уменьшением внесения минеральных удобрений на сельскохозяйственные угодья и смыва биогенных веществ с водосборных территорий основных рек.

В настоящее время основными загрязняющими компонентами морской среды являются нефтепродукты. Следует отметить, что содержание нефтепродуктов в воде открытых частей Черного моря в основном ниже ПДК (0,05 мг/л). В прибрежной зоне Украины, наиболее чистым, по содержанию нефтепродуктов, на протяжении последних лет, остается регион Большой Ялты, где концентрации нефтепродуктов постоянно наблюдаются на уровне в два раза ниже ПДК — 0,02 мг/л. В акваториях основных черноморских портов отмечается снижение нефтепродуктов с тенденцией к стабилизации концентраций на уровне ПДК.

В последние годы наиболее загрязненные прибрежные воды, по содержанию нефтепродуктов, отмечены в Севастопольской бухте. Здесь наблюдается превышение ПДК в среднем в 2-3 раза, что обусловлено негативным влиянием операций с нефтепродуктами на судах Черноморского флота, а также загрязнением моря из береговых источников. Однако, следует отметить, что в настоящее время наблюдается тенденция снижения общего уровня загрязнения нефтепродуктами вод Севастопольских бухт. Отмечаются повышенные значения концентраций нефтепродуктов в воде морских портов, которые расположенные на реках (Херсонский, Николаевский порты). Концентрация нефтепродуктов в воде Николаевского порта нередко превышает 2-3 ПДК, что обусловлено значительным антропогенным влиянием сточных вод городской канализации, которые без очистки сбрасываются в акваторию Николаевского порта. Загрязнение открытых районов Черного моря синтетическими поверхностно активными веществами (СПАВ) остается на низком

уровне — в среднем в 2 раза ниже ПДК. Однако, в прибрежных районах, подверженных влиянию сбросов муниципальных стоков, уровень загрязнения СПАВ часто достигает ПДК.

Морские порты Украины оборудованы специализированными терминалами для перевалки нефти и нефтепродуктов. При этом наибольшую опасность для морской среды представляют нефтепродукты, которые попадают в воду с танкеров при аварийных ситуациях. Государственная инспекция охраны Черного моря расследует все случаи аварийных разливов нефтепродуктов в портах Украины, руководит всеми операциями по локализации и сбору попавших в море нефтепродуктов, принимает участие в устранении негативных для окружающей среды последствий их сброса. При выявлении загрязнения моря нефтепродуктами Госинспекция проводит экстренный мониторинг: прогнозирует возможное распространение нефтяного пятна, отслеживает степень загрязнения морской среды в очаге загрязнения и прилегающих акваториях. Согласно законодательству Украины, виновник загрязнения восполняет затраты на уборку акватории, а также выплачивает компенсацию за ущерб, нанесенный природной среде.

В настоящее время перегрузка нефти и нефтепродуктов происходит на специализированных терминалах с использованием нового, отвечающего современным критериям безопасности оборудования. Производится бонирование каждого танкера, что снижает риск распространения нефтяного загрязнения акватории при аварийных разливах. Разработаны планы ликвидации аварийных разливов, позволяющие в кратчайшие сроки ликвидировать последствия аварии. Постоянно обновляются средства технического оснащения для локализации, уборки и ликвидации последствий аварийных разливов. Усилен государственный контроль качества балластных вод, которые сбрасываются в портах, и их соответствия нормативам, установленным для сброса.

Кроме того, администрации портов Украины проводят ведомственный мониторинг состояния морской среды своих акваторий — это позволяет им своевременно выявлять источники загрязнения и незамедлительно реагировать на изменение качества морской воды. Комплекс природоохранных мероприятий в портах привел в последние годы к тому, что в акваториях основных портов, занимающихся перевалкой нефтепродуктов, их концентрация в воде акваторий снизилась до экологически безопасного уровня — 0,05 мг/дм^3 и ниже.

Важно отметить, что некоторые из фракций, содержащихся в нефти, весьма токсичны. Низкокипящие насыщенные углеводороды и некоторые ароматические соединения (бензол и ксилол) не только токсичны, но и в разной степени растворимы в воде. В состав высококипящих фракций входят канцерогенные вещества, относящиеся к полициклическим соединениям. Нефть эмульгируется, образующиеся эмульсии с разным содержанием нефти могут быть токсичны, и физически воздействовать на организмы, вызывая удушье.

Общее воздействие нефтепродуктов на морскую среду можно разделить на 5 категорий:

- непосредственное отравление с летальным исходом;
- серьезные нарушения физиологической активности;
- эффект прямого обволакивания живого организма нефтепродуктами;
- болезненные изменения, вызванные внедрением углеводородов в организм;
- изменения в биологических особенностях среды обитания [4].

Другой важный параметр, влияющий на морскую экосистему и подлежащий контролю — взвешенное вещество. Это твердые частицы, находящиеся в морской воде в виде взвеси. В состав взвеси входят минеральные и органические частицы, имеющие различное происхождение: терригенное (продукты размыва пород суши), биогенное (мелкие фрагменты тел организмов и детрит), вулканогенное (обломочный материал вулканических извержений), хемогенное (продукты химических реакций), космогенное (космическая пыль). Некоторое количество взвешенных веществ попадает в море со сточными водами.

Взвешенные вещества являются частицами минерального и органического происхождения, имеющие большие размеры, чем коллоидные частицы, и находящиеся в воде во взвешенном состоянии [1].

Присутствие в воде большого количества взвешенных частиц оказывает на обитателей моря самое разнообразное влияние. Снижение прозрачности воды, при наличии взвеси, лимитирует фотосинтез, организмы фильтраторы подвержены неблагоприятному воздействию минеральной взвеси, которая засыпает бентос. Повышение концентрации взвешенных веществ приводит к частичной гибели и уменьшению продукционных показателей планктона, негативно воздействует на молодь ценных промысловых видов рыб. Зачастую наличие взвеси в воде нарушает поведение и обмен веществ у рыб.

Осаждение взвешенных частиц ухудшает условия обитания и нереста донных организмов, а при слое в несколько миллиметров уничтожает бентос, в том числе такие ценные виды промысловых беспозвоночных, как краб и креветка, которые из-за своих биологических особенностей не способны выйти из зоны поражения, и вынуждены постоянно находится в ней.

В определенных условиях взвешенное вещество могут вызвать вредные эффекты, вплоть до гибели рыб и других организмов. Говоря о воздействии на ихтиофауну в целом, можно выделить следующие, в порядке возрастания опасности, механизмы вредного воздействия на рыб повышенных, по сравнению с естественным фоном, концентраций взвешенных веществ:

- нарушение поведения и миграций;
- ухудшение питания и дыхания;
- поражения на эмбриональных и постэмбриональных стадиях развития;
- воздействие на жаберный аппарат и внутренние органы с последующими физиолого-биохимическими изменениями (вплоть до гибели рыб) и др.

Определение количества взвешенных частиц важно проводить при контроле процессов биологической и физико-химической обработки сточных вод и при оценке состояния природных водоемов.

Следующим параметром, за которым осуществляется контроль это концентрация железа в морской воде. Воздействие железа на водные экосистемы не менее пагубно, чем воздействие вышеуказанных веществ. При поступлении в водоемы соединения железа (хлориды, сульфаты и нитраты) диссоциируют в воде, и ионы железа вместе с гидроксильными ионами выпадают в осадок. Но малые концентрации железа остаются в растворе и при низком значении *pH* оказывают токсическое действие на рыб и другие водные организмы. Механизм вредного действия железа на рыб объясняется тем, что железо, осаждаясь в воде в виде гидроокиси на щелочной слизистой оболочке жабр рыб, механически закупоривает их и разъедает. В щелочной среде для рыб летальна концентрация железа в 0,9 мг/л. Этим в значительной степени объясняется более вредное действие соединений железа на рыб по сравнению с теплокровными животными. Так, на карпа летальное действие оказывает железо в концентрации 0,9 мг/л при *pH* 5,5 и ниже. На щуку, линя и форель летальное действие оказывает железо в концентрации

1-2 мг/л при *pH* 5,0-6,7. Форель гибнет через 5 минут при концентрации железа в воде 10 мг/л [1].

Из соединений железа наиболее сильное токсическое действие на рыб оказывает сернокислое и двухлористое железо, менее сильное — треххлористое железо и окись железа. Таким образом, выброс за борт балластной воды с продуктами коррозии железа оказывает вредное влияние на состояние окружающей среды, что представляет серьезную экологическую проблему.

Поэтому Комитет по безопасности на море (ИМО) на своей 63-й сессии одобрил поправки к Конвенции СОЛАС-74, добавив новое правило II-1/14-1, требующее, чтобы системы предотвращения коррозии были предусмотрены в балластных танках забортной воды новых навалочных и нефтяных танкеров.

Защита балластных танков морских судов лакокрасочными покрытиями в сочетании с установкой протекторов позволяет обеспечить снижение общей скорости коррозии и предотвращает возникновение местных коррозионных и коррозионно-механических разрушений судовых конструкций. Комплексная защита обшивки балластных танков создает возможность для требуемого снижения или предотвращения коррозии.

Методы предотвращения негативных последствий сброса судового балласта в морских портах Украины

С целью защиты Черного моря от загрязнений и вселения инвазивных чужеродных видов (биологических инвазий) в морских портах Украины проводится экологическая проверка балластных вод, сбрасываемых с судов во время погрузочных операций.. Управление системой предотвращения негативных последствий сброса судового балласта в Украине производится в двух направлениях:

- проверка судовой документации, подтверждающей факт смены балласта в Черном море;
- экоаналитический контроль качества балластных вод, включающий в себя отбор проб судового балласта, лабораторный анализ балласта и сопоставление полученных результатов с существующими предельно допустимыми концентрациями загрязняющих веществ и фоновыми значениями акватории.

Представители государственной службы экологического контроля (Государственной экологической инспекции охраны Черного моря) в обязательном порядке осуществляют проверку судовой документации судов на территории Украины. В обязательном порядке подлежат проверке следующие судовые документы:

- Ballast Water Report — балластная форма, в которой наряду с основными характеристиками судна указываются данные о балластных танках и история операций с балластной водой.
- План управления водяным балластом. Такой план должен содержать: соответствующие части по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов; документацию по одобрению оборудования для обработки; сведения о расположении возможных точек взятия проб. Должен быть указан офицер из числа экипажа судна, отвечающий за разработку данного плана и приведение его в действие; а также записи о том, что план введен в действие и записи обо всех операциях, производившихся с балластом.
- Журнал операций с балластом.
- Deadweight scale — шкала дедвейта судна, по которой при можно рассчитать фактическое количество балластной воды на борту судна.
- Акт пломбировки забортных клапанов, в том числе клапанов балластной системы.
- International Oil Pollution Prevention Certificate (IOPP) — Международный сертификат предотвращения загрязнений нефтью (для нефтеналивных судов). Сертификат подтверждает наличие на судне танков изолированного балласта, а также содержит запись о том, что нефтяной танкер работает со специальными балластными устройствами [2]. «Изолированный балласт» означает водяной балласт, принятый в танк, который полностью отделен от нефтяной грузовой и нефтяной топливной систем, и предназначен только для перевозки балласта.

Тщательной проверке документов с целью подтверждения факта смены балласта и лабораторному исследованию балластных вод, предполагаемых к сбрасыванию, подвергаются все танкера, независимо от количества заходов в порт.

Балластные воды исследуются по следующим показателям: взвешенные вещества, общее железо и нефтепродукты. Разрешение на сброс балласта выдается экологической службой только при полном соответствии химических анализов всех проб установленному нормативу содержания нефтепродуктов — менее 0,05 мг/дм^3, общего железа — менее 0,05 мг/дм^3, взвешенных веществ — не превышая предельно допустимой концентрации, которой является фоновое значение региона водопользования.

Заключение. Проводимые проверки и выявленные факты нарушения природоохранного законодательства Украины указывают на необходимость продолжения систематического лабораторного контроля за сбросом балластных вод. Они также вынуждают судовладельцев и капитанов судов следить за техническим состоянием систем забора и сброса изолированного балласта и чистотой танков.

Осуществляемая система лабораторного контроля за сбросом судового балласта в морских портах Украины соответствует национальному природоохранному законодательству и не противоречит международным конвенциям, участником которых является Украина [5].

Литература

1. Гусева Т. В., Молчанова Я. П., Заика Е. А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. — М.: Эколайн, 2000. — 95 с.
2. Отдел экологического контроля Государственной Азово-Черноморской экологической инспекции. Серьезная проблема южных морей // Юридическая помощь. — Керчь, 2007. — № 12. — С. 1.
3. Резолюция ИМО А.868(20) от 27 ноября 1997 года. Руководство по контролю водяного балласта судов и управлению им для сведения к минимуму переноса вредных водных и патогенных организмов // Сборник № 9 резолюций ИМО. — СПб.: ЗАО ЦНИИ МФ, 1998. — 184 с.
4. Сагайдак А. И. Проблема водяного балласта и пути ее решения // I науч.-практ. семинар по проблеме управления водяным балластом судов: материалы семинара (26-27 августа 2003 года, г. Одесса). — Одесса, 2003. — С. 1-35.
5. Цыганков А. Химия окружающей среды. — М.: Химия, 1982. — 672 с.

О. А. Семенова

ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ВОДОРОСЛИ

В изучении загрязнителей водной среды большое внимание уделяется тяжелым металлам, представляющим особую опасность для гидробионтов [1; 2].

В настоящее время собран большой массив данных по моделированию уровней загрязнения водных экосистем, сравнению оценок реакции популяций массовых видов гидробионтов на токсическое воздействие тяжелых металлов in vitro. Многочисленные экологичес-

кие исследования свидетельствуют о неоднозначности взаимосвязи между концентрацией загрязнителей и их токсичностью для гидробионтов, о наличии сложнейших механизмов адаптации организмов к токсическому воздействии. В то же время изучению адаптаций массовых, в значительной степени определяющих продукцию и круговорот веществ в водных экосистемах, одноклеточных водорослей к различным загрязняющим веществам уделяется недостаточно внимания. Между тем, адаптация — фундаментальное свойство живой системы, позволяющее организмам противостоять альтерирующим воздействиям, сопровождающим производственную деятельность человека [1; 2] Однако сейчас можно говорить только об определенных тенденциях действия тяжелых металлов на водоросли.

Цель нашей работы — проанализировать данные результатов исследований, имеющихся в отечественной и зарубежной литературе о токсическом действии солей тяжелых металлов на жизнедеятельность и на адаптационные ресурсы одноклеточных водорослей разных систематических групп.

Известно, что поступление тяжелых металлов в водную среду вызывает, радикальные перестройки в структуре водных ценозов и эколого-физиологических свойств гидробионтов [3-9].

Влияние тяжелых металлов на видовой состав водорослей в водной среде является безусловным фактом. В то же время потребность некоторых видов в металлах и чувствительность по отношению к ним — неодинаковы. Все тяжелые металлы, включая и те, которые входят в перечень необходимых микроэлементов, в концентрациях выше определенных значений являются токсичными для микроводорослей [10-24]. Микроэлементы участвуют в физиолого-биохимических процессах как необходимый компонент ферментных систем. Вследствие токсического действия металлов повреждается барьер, препятствующий проникновению ионов металлов внутрь клетки. Таковым барьером служат мембраны клеток. Структура и функция мембран нарушаются вследствие взаимодействия ионов металлов с транспортными белками интенсификации перекисного окисления липидов, угнетения системы антиокислительной защиты. Вследствие потери целостности мембран и нарушения осмотического барьера возникает усиленная экскреция свободных аминокислот, белков и калия клетками водорослей в окружающую среду. Наблюдается угнетение роста, повреждение физиолого-биохимических функций фотосинтеза, дыхания, синтеза пигментов, нуклеиновых кислот,

усиливается перекисное окисление жиров. Металлы влияют на метаболизм белков, вызывая индуктивный синтез металлотоксинов [13]. Известно также, что вариабельность факторов водной среды модифицирует токсичность тяжелых металлов для водорослей [24].

Токсичность тяжелых металлов зависит от формы нахождения их в водной среде. Так, в ионной форме тяжелы металлы больше доступны для водорослей, чем в связанной, и поэтому вызывают большее токсическое действие [33-37]. Токсичность металлов связана также с их физическими и химическими свойствами [25; 26; 38-47]. Она увеличивается одновременно с увеличением атомной массы тяжелых металлов, электропроводность влияет на быстроту взаимодействия металла с цитоплазмой клеток. Степень ионизации металла определяет его реакционную способность и зависит от величины *pH* раствора. Ионизация влияет также на адсорбцию металла поверхностью клеток и на его проникновение через клеточные мембраны. При действии тяжелых металлов происходят изменения в коллоидных системах клеток, денатурация белков и их выпадение в осадок, блокирование активных центров ферментов [15].

Экспериментальные данные свидетельствуют, что реакции водорослей разных таксономических групп на присутствие и аккумуляцию тяжелых металлов различны, а механизм действия тяжелых металлов имеет выраженный дозо-зависимый 3-х фазный характер [48].

Нами изучалось действие соли меди и смесей солей железа и кадмия, железа и свинца на изменение численности и ряд тест-показателей биохимических параметров различных одноклеточных водорослей: *Chlorella vulgaris Beijer.* (класс *Chlorophyceae*, порядок *Chlorococcales* семейство *Chlorellaceae*), *Pavlova luteri Droop* (класс *Prymnesiophyceae*, порядок *Pavlovales* семейство *Pavlovaceae*), *Dunaliella salina Teod* (класс *Chlorophyceae*, порядок *Volvocales*, семейство *Dunaliellaceae*), *Talassiosira pseudonama* (класс *Centrophyceae*, порядок *Coscinodiscales*, семейство *Talassiosiraceae*), — синтез протеина, ферментативную активность, перекисне окисление липидов. Было установлено, что действие указанных стрессоров не является идентичным. Влияние солей и смесей солей тяжелых метал лов и характер протекания внутриклеточных процессов детоксикации носит в целом дозозависимый характер, а также является функцией времени воздействия стрессоров и видовой принадлежности тест-объектов [49-51]. По характеру варьирования величин вышеперечисленных тест-показателей изучаемые водоросли можно разделить на две группы: первая — *Ch. vulgaris* и *P. luteri*; вторая — *D. salina* и *Th. pseudonama*.

Характер установленных изменений и направленности биохимических процессов соответствуют явлениям, наиболее изученным на многоклеточных организмах. Эти изменения свидетельствуют о начальных стадиях клеточного механизма адаптации, направленных на ликвидацию негативного воздействия окружающей среды, который был нами обозначен как «адаптационный синдром» [49].

Изменения биохимических показателей (ферментативной активности, в особенности каталазы, а также уровня перекисного окисления липидов, характеризующих защитные реакции клетки от влияния стрессоров, являются высокочувствительными тестами ответных внутриклеточных реакций и могут успешно использоваться для диагностики состояния микроводорослей в системе мониторинга водных экосистем [48-50].

В клетках микроводорослей концентрируются как участвующие, так и не участвующие в метаболизме. Первые могут накапливаться в количествах, превышающих необходимость в них, как в компонентах минерального питания [53].

До достижения определенного уровня не наблюдается влияния тяжелых металлов на структуру и функции клеток, т.е. фитопланктонные организмы в той или иной степени способны противопостоять токсическому действию тяжелых металлов, т.е. можно говорить об определенной устойчивости к токсикантам. В понятие устойчивость входят — способность видов выживать при концентрациях металла, которые для других летальны; способность приспосабливаться к таким концентрациям токсикантов, которые тормозили их рост или были летальными.

Адаптация к воздействию тяжелых металлов может наблюдаться при подборе готовых резистентных форм в генетически неоднородной популяции при элиминации ее малоустойчивой части. Последующая резистентность культуры определяется появлением потомства резистентных клеток.

Установлено, что микроводоросли особо уязвимы к поражающему действию отдельных факторов среды, в частности тяжелых металлов в ранние периоды онтогенеза [35; 54].

Устойчивость одноклеточных водорослей к действию тяжелых металлов определяется комплексом взаимодополняющих механизмов: уменьшением аккумуляции тяжелых металлов, уменьшением проницаемости клеточных мембран для металлов, выведением металлов из клеток и детоксикацией металлов в среде, на поверхности и

внутри клеток. Для каждого вида существует определенный порог, после которого, попав в организм, тяжелые металлы угнетают жизнедеятельность микроводорослей, разрушая физиологические процессы, в том числе и механизмы, которые регулируют содержание металла в клетках. Дальнейшее неурегулированное накопление тяжелых металлов может привести к гибели клеток [55; 56].

Характерной особенностью тяжелых металлов является торможение многих физиологических и биохимических процессов, инактивация ферментативных процессов фотосинтеза и деления клеток. Так, содержание в водной среде свинца и кадмия в пределах 100-1000 мкг/л при длительном воздействии приводит к значительному торможению процессов деления клеток. Ионы кадмия играют значительную роль в «обеднении» клеток хлорофиллом «а» [52]. Свинец вызывает торможение митотических процессов, образование полиплоидных ядер, роста и цитокинеза, формирование многоядерных клеток. Наблюдается ингибирование ферментных систем, фиксации углекислого газа и процесса фосфорилирования. О. А. Патин [52] размещает водоросли в порядке повышения их резистентности к свинцу при его содержании в среде 100-1000 мкг·л$^{-1}$ в следующей последовательности: диатомовые — перидиниевые — зеленые морские — зеленые пресноводные. Аналогичный ряд в отношении кадмия установить сложно из-за недостатка данных.

При наличии в морской воде одновременно нескольких тяжелых металлов можно наблюдать явления, которые не всегда объясняются влиянием отдельных металлов [54]. Эти эффекты могут иметь черты синергизма или антагонизма, т. е. явления, которые приводят к нарушениям процессов жизнедеятельности, соответственно превышая и уменьшая аналогичные эффекты отдельных токсикантов. Сведений по этим вопросам чрезвычайно мало. Известно, что кальций, фосфор и магний — основные антагонисты в отношении обмена многих микроэлементов. Кальций и фосфор действуют как антагонисты на особо опасные тяжелые металлы — свинец, кадмий, никель и бериллий [32].

Наибольшее количество антагонистических реакций наблюдается при наличии в водной среде железа, марганца, кобальта и цинка, играющих важную роль в физиологии водорослей. В антагонистических отношениях к этим металлам часто выступают хром, селен и молибден. Синергические взаимодействия наблюдаются очень редко. Синергизм кадмия по отношению к железу и никелю, воз-

можно, является артефактом: разрыв физиологических барьеров под действием избытка ионов этого металла [23; 25]. Особого внимания заслуживает гидроокись железа, которая является своеобразным носителем (коллектором) многих микроэлементов в воде и может ограничивать первичное продуцирование органического вещества [16; 30; 57-60].

В целом, механизмы устойчивости клеток к тяжелым металлам, независимо от факторов окружающей среды, можно условно разделить на две группы: внеклеточные, связанные с предупреждением попадания металла в клетку, и внутриклеточные, которые базируются на изменениях метаболизма клеток, в которые попали ионы металла, и которые приводят к его иммобилизации и детоксикации [60].

Внеклеточные механизмы устойчивости определяются высокой катионной емкостью клеточных мембран, а также ослизненностью оболочек микроводорослей. Токсичные ионы иммобилизуются до их проникновения в клеточные мембраны. Внешняя оболочка может быть обогащена кальцием и кремнием, что еще более усиливает защитные возможности. Поверхностные структуры «старых» культур более развиты, чем у молодых [60]. Снижение токсического эффекта тяжелых металлов на более поздних стадиях развития культуры зависит от их хелатирования (накапливающимися) внеклеточными метаболитами водорослей. В клетках микроводорослей одновременно протекают процессы накопления металлов из раствора и их выделение, которое усиливается при увеличении концентрации металлов в организме. Адаптацию микроводорослей к действию тяжелых металлов связывают с наступлением динамического равновесия между этими процессами [27; 36].

Эндогенная стойкость к тяжелым металлам обеспечивается внутриклеточными перестройками и изменением метаболизма, направленными на изоляцию или связывание металла с последующим выведением из клетки или локализацией в ней. Эти процессы осуществляются посредством механизмов, обеспечивающих нейтрализацию последствий токсического действия металлов: репарацию ДНК, протеолиз поврежденных белков, метаболизм продуктов перекисного окисления жиров и выделение поврежденных жиров из мембран. Тяжелые металлы с плотностью больше 5 г/см по величине токсического влияния можно разместить в следующей последовательности: Sb > Ag > Co > Hg > Ni > Pb > Cr > Cu > V > Cd > Zn > Fe > (Mn, U). Токсичность проявляют и некоторые легкие металлы: A1 в раствори-

мой фазе. В свою очередь, по механизму токсического действия тяжелые металлы можно разделить на две группы: первые (Fe, V, Си, Сг) в клетках поддаются редоксциклизации, а другие (Cd, Hg, Ni, Pb) вызывают использование в метаболических восстановленной формы глутатиона и белковых SH-групп, что приводит к накоплению перекисных ионов, гидроксильных радикалов. В обоих случаях наблюдается снижение активности некоторых ферментов и усиление пероксидазной активности и перекисного окисления липидов. Образование перекисей, в свою очередь ведет к разрывам ДНК и выделению из клеток ионов K^{+}, Ca^{2+}, Mg^{2+} вследствие повреждения плазматической и вакуолярной мембран. Эти процессы вызывают снижение биосинтеза хлорофилла, фотосинтетической и дыхательной активности, вызывая разрушение хлоропластов и митохондрий [55].

Таким образом, изучение влияния тяжелых металлов на жизнедеятельность и адаптационные ресурсы важнейших первичных продуцентов — одноклеточных водорослей имеет фундаментальное экологическое значение ввиду повышенной чувствительности процессов их жизнеобеспечения к изменениям химического состава водной среды.

Выводы:

1. Все тяжелые металлы, в том числе являющиеся необходимыми микроэлементами, в концентрации выше определенных значений токсичны для водорослей.
2. Токсичность тяжелых металлов связана с их физическими и химическими свойствами. Вариабельность факторов водной среды также модифицирует токсичность.
3. Действие тяжелых металлов вызывает торможение многих физиологических и биохимических процессов, инактивацию ферментативных процессов фотосинтеза и деления клеток.
4. Механизмы, определяющие устойчивость клеток к влиянию тяжелых металлов, делят на внеклеточные, предупреждающие попадание металла в клетку и внутриклеточные, базирующиеся на изменениях метаболизма клеток, приводящих к их иммобилизации и детоксикации
5. Изменения биохимических показателей (ферментативной активности, уровня перекисного окисления липидов), характеризующих защитные реакции клеток водорослей, являются высокочувствительными тестами ответных реакций на присутствие в среде токсикантов и могут успешно использоваться для диагностики состояния микроводорослей в системе мониторинга водных экосистем на ранних стадиях загрязнения.

Литература

1. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового Океана. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 304 с.
2. Патин С. А., Морозов Н. П. Некоторые аспекты загрязнения морской среды тяжелыми металлами // Труды ВНИРО. — 1974. — Т. 10. — С. 7-10.
3. Израэль Ю. А. Экология и контроль природной среды. — Л.: Гидрометеоиздат, 1979. — 375 с.
4. Брагинский Л. П. Биопродукционные аспекты водной токсикологии // Гидроб. журн. — 1988. — Т. 24. — № 3. — С. 74-83.
5. Патин С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового Океана. — М.: Пищевая промышленность, 1979. — 304 с.
6. Бурдин К. С. Основы биологического мониторинга. — М.: Изд-во МГУ, 1985.
7. Мур Ж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. — М.: Мир, 1987. — 285 с.
8. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Отв. ред. Зайцев Ю. П, Александров Б. Г., Минева Г. Г. — К.: Наукова думка, 2006. — 702 с.
9. Базелян В. Л. Влияние хозяйственной деятельности на водные экосистемы // Екологічні проблеми водних екосистем та забезпечення безпеки життєдіяльності на водному транспорті. — Одеса, 2001. — С. 106-109.
10. Волохонский А. Г. К вопросу об азотном и фосфорном фонде у протококковых водорослей // Рыбохозяйственное изучение внутренних водоемов. — 1970. — № 4.
11. Куминг Д. Г. Моделирование продуктивного цикла в море // Основные проблемы океанологии. — М.: Наука, 1968.
12. Власюк П. А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. — К.: Наукова думка, 1969. — 387 с.
13. Арнон Д. Роль микроэлементов в питании растений, в частности в фотосинтезе и усвоении азота / Микроэлементы. — М., 1962. — С. 9-50.
14. Дмитриева А. Г., Кожанова О. А., Дронина Н. Л. О роли металлов в жизни клетки водорослей // Альгология. — 1999. — Вип. 9. — № 2 (Тезисы докл. II Междунар. конф.) — С. 42.

15. Дьяконова К. В. Железогумусовые комплексы и их роль в питании растений // Почвоведение. — 1962. — № 7. — С. 19-25.
16. Брукс Р. Р. Загрязнение микроэлементами // Химия окружающей среды / Под ред. Дж. О. М. Бокриса. — М.: Химия, 1982. — С. 371-413.
17. Гордеев В. В., Лисицын А. П. Микроэлементы / Океанология: Химия океана. — М.: Наука, 1979. — Т. 1 (Химия вод океана). — С. 337-365.
18. Нахишина Е. П. Микроэлементы в водохранилищах Днепра. — К.: Наук. думка, 1983. — 157 с.
19. Корж В. Д. Геохимия элементарного состава гидросферы. — М.: Наука, 1991. — 345 с.
20. Добровольский В. В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. — М.: Мысль, 1983. — 272 с.
21. Стародубцев Е. Г., Гордеев В. В. Первичная продукция и железо в водах юго-восточной части Тихого океана // Геолого-геофизические исследования в юго-восточной части Тихого океана: Океанологические исследования. — М.: Наука, 1976. — С. 11-116.
22. Адель Ахмед, Фахти и др. Взаимодействующее влияние NaCl, Cd, Hg на росу и пигменты фитопланктона р. Нил (у г. Эль-Миниа, Египет) // Гидроб. журн. — 1999. — Т. 35. — № 6. — С. 69-80.
23. Бажюк В. М., Миронюк В. Н., Сиднев Ю. П. и др. Физико-биохимические изменения в бурых водорослях под действием тяжелых металлов // Экология. — 1983. — № 6. — С. 62-65.
24. Линник П. Н. и др. Формы существования, основные закономерности превращения и биологическая роль соединений тяжелых металлов в природных водах // Водн. ресурсы. — 1987. — № 5. — С. 84-96.
25. Линник П. Н. Формы миграции тяжелых металлов и их действие на гидробионтов // Эксперим. водн. токсикология. — 1986. — № 11. — С. 114-154.
26. Бондаренко Г. П. Об устойчивости растворимых комплексных соединений меди с гуминовыми и фульвокислотами в различных средах // Геохимия. — 1972. — № 8. — С. 371-413.
27. Пасичная Е.А. Токсичность меди для гидрофитов: аккумуляция, влияние на фотосинтез, дыхание, пигментную систему (обзор) // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37. — № 3. — С. 93-107.
28. Линник П. Н. Формы миграции меди в пресных и солоноватоводных водоемах // Гидробиол. журнал. — 1984. — Т. 20. — № 1. — С. 69-75.

29. Божков А. И., Голтвянский А. В. Функциональная гетерогенность клеток Dunaliella viridis Teod (Chlorophyta) и чувствительность к действию сернокислой меди // Альгология. — 2000. — Т. 10. — № 1. — С. 22-30.
30. Божков А. И., Ляшепко Т. Е., Догадина Т. В. Влияние ионов меди на интенсивность выделения белков и фенолов в среду двумя видами водорослей рода Dunaliella Teod // Биол. науки. — 1992. — № 1. — С. 126-132 // РЖБ. — 1993. — №8
31. Барашков Г. К., Киристаева Н. М. Токсичность соединений меди для Chlorella pyrenoidosa Beyer // Гидроб. журн. — 1977. — Т. 13. — № 4. — С. 92-94.
32. Золотухина Е. Ю., Гавриленко Е. Е. Тяжелые металлы в водных растениях. Аккумуляция и токсичность // Биологические науки. — 1989. — № 9. — С. 93-106.
33. Морозов Н. П., Патин С. А., Петухов С. А. Основные черты биогеохимии микроэлементов группы металлов в экосистемах океанов и морей / Труды ВНИРО. — 1978. — Т. CXXXIV. — С. 23-35.
34. Давыдова О. А. О токсичности ионов металлов. — М.: Знание, 1991. — 36 с.
35. Варшал Г. М., Кощеева И. Я., Сироткина И.С. и др. Изучение органических веществ поверхностных вод и их взаимодействия с ионами металлов // Геохимия. — 1979. — № 4. — С. 598-607.
36. Мартин Р. Б., Маршаль Я. Х. Взаимодействие между ионами металлов и нуклеиновыми основаниями, нуклеозидами и нуклеотидами в растворах // Ионы металлов в биологических системах. Амбивалентные свойства нуклеотидов. — М.: Мир, 1982. — С. 53-103.
37. Волков И. И. Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере Черноморского бассейна) // Проблемы методологии и геохимии осадочных пород и руд. — М.: Наука, 1975. — С. 85-113.
38. Линник П. Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции // Гидробиол. журн. — 1999. — Т. 35. — № 1. — С. 22-39.
39. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 270 с.
40. Волков И. И. Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере Черноморского бассейна) //

Проблемы методологии и геохимии осадочных пород и руд. — М.: Наука, 1975. — С. 85-113.
41. Демина Л. Л. Формы миграции тяжелых металлов в океане. — М.: Наука, 1982. — 120 с.
42. Демина Л. Л., Гордеев В. В., Фомина Л. С. Формы железа, марганца, цинка и меди в речной воде и их изменения в зоне смешения речных вод с морскими (на примере рек бассейнов Черного, Каспийского и Азовского морей) // Геохимия. — 1978. — № 8. — С. 1211-1229.
43. Никаноров А. М., Жумидов А. В. Исторический биомониторинг тяжелых металлов // Природа. — 1987. — № 6. — 33 с.
44. Патин С. А. Некоторые особенности распространения металлов в экосистемах пелагиали океана // Океанология. — 1973. — Вып. 11. — Т. 13. — С. 255-257.
45. Линник Н. П., Васильчик Т. А. Роль гумусовых веществ в процессах комплексообразования и детоксикации (на примере водохранилищ Днепра) // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37. — № 5. — С. 98-112.
46. Товстопят Е. С., Еременко В. Я., Назарова А. А. Комплексные соединения тяжелых металлов с аминокислотами, встречающимися в природных водах // Гидрохим. материалы. — 1971. — Т. 56. — С. 91-106.
47. Усенко Е. В., Божков А. И. Влияние тяжелых металлов на динамику роста и функциональную активность генетического аппарата Chlorella vulgaris // Биол. науки. — 1991. — № 3. — С. 69-76.
48. Базелян В. Л., Коломейченко Г. Ю., Семенова О. А. Биохимические механизмы адаптации одноклеточных водорослей к тяжелым металлам / Сб. трудов Междун. научн. конф. 24-27 июля 2006 г., Херсон. — 2006. — С. 19-23.
49. Базелян В. А., Гусляков М. О., Коломейченко Г. Ю., Корхов А. А., Семенова О. О. Вивчення біохімічних механізмів регуляції адаптаційних процесів водоростів різних систематичних груп / Тез. доп. VII Міжнар. наук.-практ. конф. «Вода: проблемы и решения». — Дніпропетровськ, 2005. — С. 36-39.
50. Семенова О. А. Токсическое влияние смесей соединений кадмия, свинца и железа на морские одноклеточные водоросли // Екологічні проблеми водних екосистем та забезпечення безпеки життєдіяльності на водному транспорті. — Одесса, 2001. — С. 167-168.

51. Нобел П. Физиология растительной клетки. — М.: Мир, 1973. — 288 с.
52. Kong F., Sand W., Ни Wei. Effect of Al and Ca on growth, morphology and metabolism of Scenedesmus obliquis cells // Oceanol. Stud. Mar. — 1998. — V. 19. — № 4. — P. 56-58.
53. Гапочка Л. Д. О адаптации водорослей. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. — 287 с.
54. Ochiai E. I. Toxicity of heavy metals and biological defence principes and applications in bioinorganic chemistry // J. Chem. Educ. — 2000. — V. 72. — № 6. — P. 479-484.
55. Патин С. А., Ибрагим А. М. Влияние микроэлементов группы металлов на первичную продукцию и фитопланктон Средиземного и Красного морей // Океанология. — 1975. — Вып. 4. — Т. 15. — С. 886-890.
56. Соломин Г. А., Гончарова Т. О. Роль гидроокисей в самоочищении природных вод от ионов тяжелых металлов // Гидрохим. материалы. — 1968. — Т. 46. — С. 143-149.
57. Hayward J. Studies on the growth of Phacodactilum tricornutum. The effect of iron on growth // J. Mar. Biol. Ass. V.K. — 1968. — V. 48. — № 2. — P. 295-302.
58. Lewin J., Chen G.H. Available iron a limiting factor for marine phytoplankton // Limnol. Oceanogr. — 1971. — V. 16. — № 4. — P. 670-675.
59. Семенова О. А. Воздействие соединений меди и свинца на планктонные одноклеточные водоросли // Екологічні проблеми водних екосистем та забезпечення безпеки життєдіяльності на водному транспорті. — Одеса, 2001. — С. 164-166.
60. Москвина М. И. Роль слизистой оболочки цианобактерий Nostoc muscorum в связывании и детоксикации ионов кадмия / Тез. докл. Междунар. научной конф. «Автотрофные микроорганизмы». — М., 2000. — С. 124-125.
61. Лисицин А. П. Процессы океанской седиментации. — М.: Наука, 1978. — 392 с.

Резюме

В статті проаналізовано характер впливу важких металів на водорості. Запропоновано перелік високочутливих тестів, які можна використовувати в системі моніторингу та діагностики водних екосистем.

УДК 551.582

Т. Є. Данова
О. С. Брагіна

ВПЛИВ ПІВНІЧНОАТЛАНТИЧНОГО КОЛИВАННЯ НА ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Вступ. Згідно з теперішніми уявленнями про зміни клімату Європейського регіону, в тому числі й України, в більшості випадків визначається впливом циркуляційних процесів в Північній Атлантиці [2; 3; 5], а саме північноатлантичним коливанням.

З північноатлантичним коливанням пов'язують характер переважаючої погоди в Північній Америці, Гренландії та Європі. В період, коли значення індексу є високими, спостерігається посилення субтропічного максимуму тиску та поглиблення ісландського мінімуму, що призводить до великих градієнтів між цими центрами дії та посилення вітрів, що несуть з Атлантичного океану тепле та вологе повітря в Північну Європу. В цей час в Канаді та Гренландії переважає суха та холодна погода. При низьких значеннях індексу ПАК інтенсивність ЦДА в Північній Атлантиці слабне, а ці центри зміщуються на південь або південний схід. При цьому інтенсивність зональних вітрів зменшується, а їх напрямок зміщується в напрямку Середземномор'я, де встановлюється тепла та волога погода. В Північній Європі в цьому випадку переважає суха та волога погода.

Велику кількість досліджень присвячено впливу ПАК на формування аномалій гідрометеорологічних полів Європи [1; 4]. Однак спеціальний аналіз впливу ПАК на гідрометеорологічні процеси, що відбуваються на території України (якщо не враховувати робіт, в яких характеризується вплив ПАК на Чорноморсько-Середземний регіон, їх загальний аналіз наводиться в [2]) не проводився. Саме тому, метою даної роботи є дослідження особливостей взаємозв'язку між періодичними складовими в часових рядах середньомісячних значень індексу ПАК та середньомісячних температури повітря та кількості опадів для території України. Більш того, слід зазначити, що аналіз буде проведено для холодного півріччя, коли вплив ПАК на гідрометеорологічні характеристики максимальний [1-6].

Матеріали та методи дослідження. В ході роботи використовувалися середньомісячні значення температура повітря та середньомісячної кількості опадів з 1926 по 2000 роки (грудень-березень) для 10 станцій України (Київ, Одеса, Кіровоград, Луганськ, Пол-

тава, Мелітополь, Херсон, Суми, Лозова, Миколаїв), а також значення індексу ПАК за цей же період ($N = 75$) й мають дискретність 1 рік. Взаємозв'язок між періодичними складовими в часових рядах середньомісячних значень індексу ПАК та середньомісячними значеннями температури повітря та кількості опадів здійснювалося за допомогою взаємного спектрального аналізу. Алгоритм дослідження стаціонарних випадкових процесів було реалізовано на ПЕОМ за допомогою комп'ютерної програми «Spektr», розробленої на кафедрі фізики атмосфери ті кліматології.

Результати та їх аналіз. Користуючись комп'ютерною програмою «Spektr» було отримано статистичні оцінки взаємної спектральної щільності індексу ПАК та середньомісячної температури повітря та середньомісячної кількості опадів для десяти станцій з грудня по березень, в якості прикладу представимо вищевказані характеристики для ст. Лозова за січень-місяць (табл. 1, 2).

За даними табл. 1 і 2 побудовані графіки функцій: ко-спектра $Cx_ix_j(w)$ (рис. 1, 2), квадратурного спектра $Qx_ix_j(w)$ (рис. 3, 4) та когерентності (w) (рис. 5, 6).

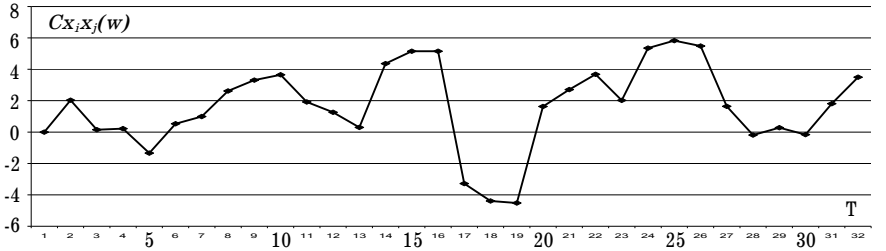


Рис. 1. Ко-спектр випадкових процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$, середньомісячна температура повітря, січень, Лозова

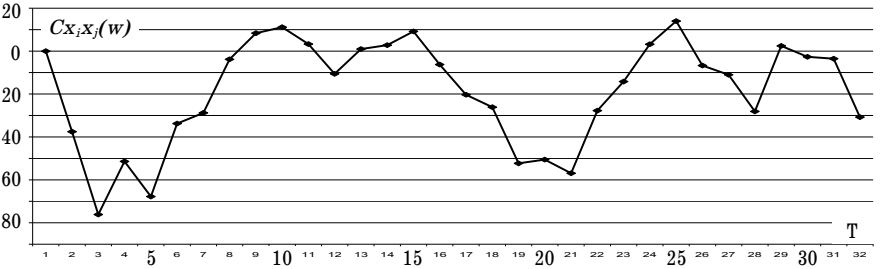


Рис. 2. Ко-спектр випадкових процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$, середньомісячна кількість опадів, січень, Лозова

Таблиця 1

Статистичні оцінки взаємної спектральної щільності для індексу ПАК та середньомісячної температури повітря за січень, ст. Лозова

№ п/п	$C_{x_i x_j}(\omega)$	$Q_{x_i x_j}(\omega)$	$\gamma(\omega)$	$T_к, рік$	$\psi_{x_i x_j}(\omega)$, град.	$\psi, рік$
1	0,00	0,00	0,00		90,00	
2	2,03	-1,00	0,50		333,74	
3	0,15	-2,74	0,38		273,17	
4	0,22	-3,78	0,66		273,28	
5	-1,34	-0,07	0,29		183,01	
6	0,53	2,01	0,88		75,32	
7	0,99	1,26	0,52		51,87	
8	2,62	-1,65	0,81		327,71	
9	3,31	-0,57	0,64		350,18	
10	3,65	0,09	0,71		1,35	
11	1,92	4,90	0,86		68,61	
12	1,26	2,72	0,59		65,20	
13	0,30	5,65	0,78		87,01	
14	4,36	-2,04	0,49		334,86	
15	5,15	-1,73	0,53		341,45	
16	5,15	-4,48	0,87		318,93	
17	-3,28	0,50	0,59		171,29	
18	-4,39	1,19	0,88		164,83	
19	-4,52	-7,64	0,66		239,40	
20	1,63	-7,56	0,63		282,13	
21	2,71	-6,55	0,52		292,52	
22	3,68	2,39	0,71		33,07	
23	2,02	1,51	0,87		36,84	
24	5,35	-2,61	0,93	2,7	333,97	2,5
25	5,83	-3,33	0,92	2,6	330,30	2,4
26	5,48	-0,33	0,55		356,54	
27	1,64	2,62	0,57		58,05	
28	-0,19	4,56	0,76		92,39	
29	0,28	0,34	0,12		51,27	
30	-0,16	1,27	0,31		97,32	
31	1,81	0,45	0,47		13,81	
32	3,50	1,65	1,00		25,22	

Таблиця 2

Статистичні оцінки взаємної спектральної щільності для індексу ПАК та середньомісячної кількості опадів за січень, ст. Лозова

№ п/п	$C_{x_i x_j}(\omega)$	$Q_{x_i x_j}(\omega)$	$\gamma(\omega)$	$T_к, рік$	$\psi_{x_i x_j}(\omega)$, град.	$\psi, рік$
1	0,00	0,00	0,00		90,00	
2	-37,55	40,41	0,78		132,90	
3	-76,15	40,15	0,78		152,20	
4	-51,39	2,15	0,71		177,60	
5	-67,79	-1,45	0,93	12,8	181,22	6,4
6	-33,74	-2,62	0,86		184,44	
7	-28,78	-17,06	0,72		210,65	
8	-3,80	-38,91	0,76		264,42	
9	8,35	-25,87	0,45		287,88	
10	11,14	-4,12	0,27		339,72	
11	3,28	25,99	0,68		82,80	
12	-10,61	7,51	0,42		144,71	
13	0,96	13,65	0,34		85,96	
14	2,78	-22,17	0,42		277,15	
15	9,18	-14,11	0,39		303,04	
16	-6,26	-35,65	0,81		260,04	
17	-20,34	-7,87	0,64		201,15	
18	-26,11	-11,17	0,54		203,15	
19	-52,30	-26,11	0,68		206,52	
20	-50,55	-20,72	0,66		202,29	
21	-56,91	-6,53	0,77		186,54	
22	-27,73	23,36	0,87		139,89	
23	-14,22	5,08	0,39		160,34	
24	3,19	-51,36	0,76		273,55	
25	13,99	-61,85	0,89		282,74	
26	-6,71	-34,99	0,43		259,14	
27	-11,03	8,52	0,37		142,31	
28	-28,10	11,39	0,79		157,93	
29	2,44	-2,85	0,16		310,49	
30	-2,66	-2,18	0,14		219,39	
31	-3,56	-7,26	0,29		243,87	
32	-30,76	-22,91	1,00		216,67	

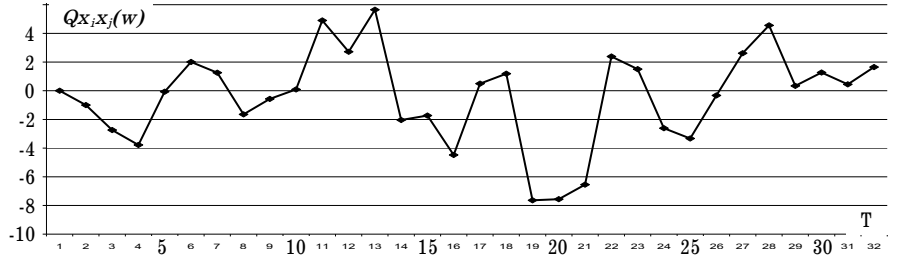


Рис. 3. Квадратурний спектр випадкових процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$ середньомісячна температура повітря, січень, Лозова

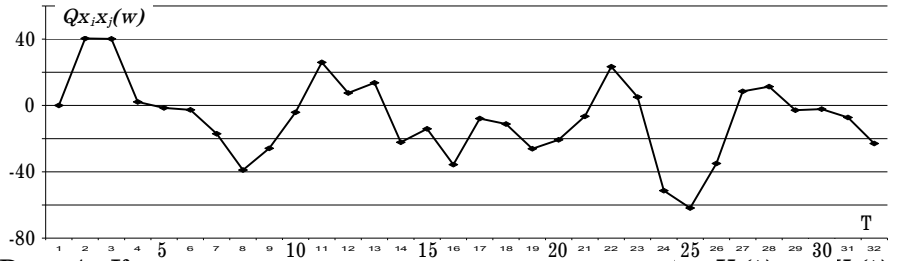


Рис. 4. Квадратурний спектр випадкових процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$ середньомісячна кількість опадів, січень, Лозова

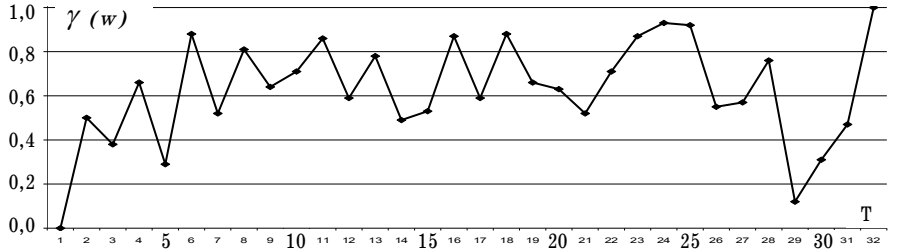


Рис. 5. Когерентність процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$ середньомісячна температура повітря, січень, Лозова

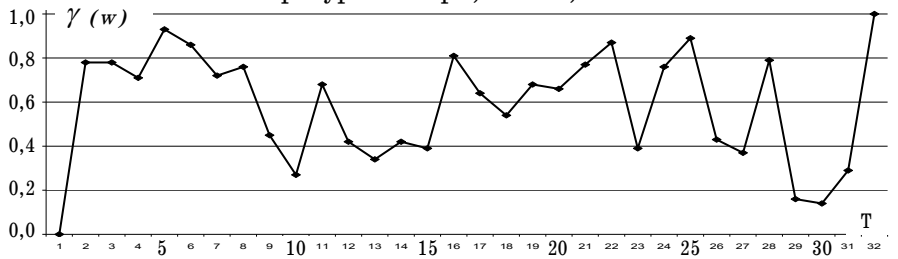


Рис. 6. Когерентність процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$ середньомісячна кількість опадів, січень, Лозова

Також було розраховано спектральні щільності окремих випадкових процесів, а саме середнього місячного індексу ПАК [процес $X_i(t)$] та середньомісячна температура повітря та середньомісячна кількість опадів [процес $X_j(t)$] за грудень-березень. В якості демонстраційного зразка представимо як і раніше результати за січень для ст. Лозова для індексу ПАК та середньомісячної температури повітря. На рис. 7 та 8 представлені відповідні спектрограми. Для визначення вірогідності статистичної оцінки спектральної щільності використовували довірчий інтервал, для якого значення оцінки спектра попадає з заданою ймовірністю. Нуль гіпотеза формулювалась таким чином: на рівні значущості 0,05 (та 0,10) відсутні гармонічні коливання в спектрі атмосферного тиску на фоні спектра реалізації «білого шуму». В даному випадку перевірка статистичної гіпотези складалася з порівняння оцінки спектральної щільності $\hat{S}_x(\omega)$ зі значенням $S_{кр}(w)$ заданої ймовірності, які приймалися в якості меж довірчого інтервалу.

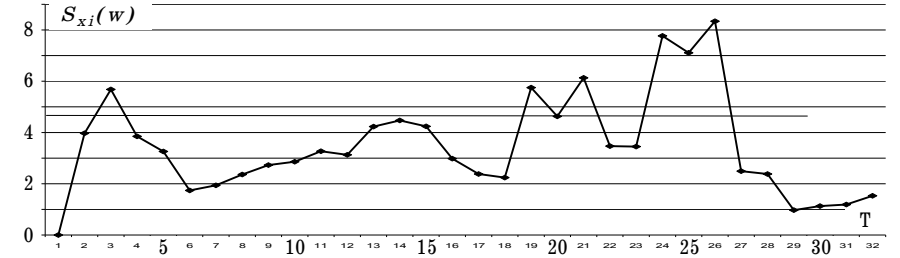


Рис. 7. Спектрограма випадкового процесу $X_i(t)$ і довірчий інтервал, який побудований з ймовірністю 95 % (——)

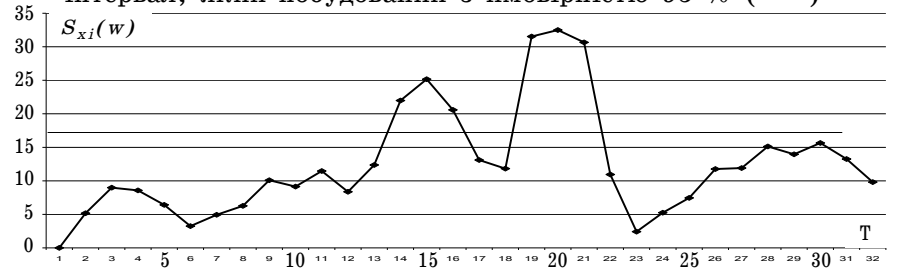


Рис. 8. Спектрограма випадкового процесу $X_j(t)$ і довірчі інтервали, які побудовані з ймовірністю 95 % (——)

В табл. 3, 4 представлені основні статистичні характеристики для розрахунків меж довірчих інтервалів на заданих рівнях значущості $\alpha = 0{,}05$ та $\alpha = 0{,}10$ при визначенні періодичних компонент

в спектральній щільності окремих випадкових процесів, що розглядаються.

Таблиця 3

Основні характеристики для розрахунку довірчих інтервалів та їх меж, середньомісячна температура повітря, січень, Лозова

Характеристика	Рівень значущості α	
	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.10$
$\chi^2_{кр}(\alpha,\nu)$	49,80	46,10
$S_{кр}(\omega)$	1,35	1,25
$I_\alpha\left[S_{x_i}(0)\right]$	4,70	4,60
$I_\alpha\left[S_{x_j}(0)\right]$	16,80	15,60

ν = 37;
Scp [процес $X_i(t)$] = 3,5;
Scp [процес $X_j(t)$] = 12,5

Таблиця 4

Основні характеристики для розрахунку довірчих інтервалів та їх меж, середньомісячна кількість опадів, січень, Лозова

Характеристика	Рівень значущості α	
	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.10$
$\chi^2_{кр}(\alpha,\nu)$	49,8	46,1
$S_{кр}(\omega)$	1,35	1,25
$I_\alpha\left[S_{x_i}(0)\right]$	4,7	4,6
$I_\alpha\left[S_{x_j}(0)\right]$	1124,6	1041,1

ν = 37;
Scp [процес $X_i(t)$] = 3,5;
Scp [процес $X_j(t)$] = 835,6

Вихід піків спектральної щільності за верхню межу довірчого інтервалу свідчить про вірогідність частот (періодів) максимальної енергії періодичних коливань, що притаманні окремому випадковому процесу.

Як випливає з рис. 7, з ймовірністю 95 % в спектральній щільності середньомісячних значень індексу ПАК за період з 1926 по 2000 рр. виявлені 24-26-ти, 19-21-ти та 13-річні коливання. Спектральна щільність середньомісячної температури повітря у за той же період досліджень включає з ймовірністю 95 % періодичні коливання з періодами близько 19-21 років та 14-16 років.

Приблизна оцінка довірчого значення когерентності на рівні значущості α = 0,05 визначалась за формулою Гудмана.

Аналіз когерентності дав змогу визначити статистичний зв'язок гармонік приблизно 3-х років, що присутні в процесах $X_i(t)$-ПАК та $X_j(t)$ - середньомісячна температура повітря; та 13-ти років для процесу $X_i(t)$-ПАК та $X_j(t)$ - середньомісячна кількість опадів. Це дозволило порівняти взаємну енергію процесів $X_i(t)$ та $X_j(t)$ на фіксованій частоті з енергією кожного з цих процесів на тій же частоті.

Визначили початкову фазу кожного з процесів. Як показали розрахунки, для гармонік 2,6 и 2,7, розрахованих для індексу ПАК та середньомісячної температури повітря спостерігається випередження процесу $X_j(t)$. Аналіз часових рядів індекс ПАК - середньомісячна кількість опадів дозволив виявити, що періодичне коливання 12,8 характеризуються запізненням процесу $X_i(t)$ по відношенню до $X_j(t)$ (табл. 1 та 2, 7-й стовпчик).

Висновки. Таким чином, аналізуючи вплив ПАК на температурно-вологістні характеристики на території України за допомогою взаємного спектрального аналізу, дозволили виявити з ймовірністю 95 % в спектральній щільності середньомісячних значень індексу ПАК за період з 1926 по 2000 рр. виявлені 24-26-ти, 19-21-ти та 13-річні коливання. Спектральна щільність середньомісячної температури повітря у за той же період досліджень включає з ймовірністю 95 % періодичні коливання з періодами близько 19-21 років та 14-16 років.

Було проаналізовано статистичну значущість когерентності та виявлено, що когерентність є значущою за умови $\gamma(w) > 0{,}46$. За допомогою аналізу когерентності визначене статистичний зв'язок гармонік приблизно 3-х років, що присутні в процесах $X_i(t)$-ПАК та $X_j(t)$ - середньомісячна температура повітря; та 13-ти років для процесу $X_i(t)$-ПАК та $X_j(t)$ - середньомісячна кількість опадів.

Література

1. Полонский А. Б., Башарин Д. В. О влиянии североатлантического и южного колебаний на изменчивость температуры воздуха в Средиземноморско-Европейском регионе // Изв. РАН. ФАО. — 2002. — № 1. — С. 135-145.
2. Полонский А. Б., Башарин Д. В., Воскресенская Е. Н., Ворли С. Североатлантическое колебание: описание, механизмы и влияние на климат Евразии // Морской гидрофизический журнал. — 2004. — № 2. — С. 42-57.
3. Kozuchowski K. M. Variations of hemispheric zonal index sinse 1899 and its relationships with air temperature // Int. J. Climatol. — 1993. — № 13. — P. 853-864.
4. Hurrell J. W. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation // Science. — 1995. — № 5224. — P. 676-679.
5. Rogers J. C. North Atlantic Storm Track Variability and Its Association to the North Atlantic Oscillation and Climate Variability of Northern Europe // J. Clim. — 1997. — № 7. — P. 1635-1647.

6. Walker G. T., Bliss E. W. World weather V // Roy Meteorol. Soc. — 1932. — № 36. — P. 53-84.

Резюме

В статье рассматривается взаимосвязь между периодичными составляющими во временных рядах среднемесячных значений индекса САК и среднемесячными значениями температуры воздуха и количества осадков с помощью взаимного спектрального анализа.

УДК 551.524.3

Т. Е. Данова
И. Кибальчич

ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ ТРОПОСФЕРЫ НАД ГРЕНЛАНДИЕЙ И ИХ СВЯЗЬ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИНДЕКСАМИ

Введение. В последние годы в обоих полярных районах Земли — Арктики и Антарктики, наблюдаются явные признаки влияния процессов, вызванных изменениями климата — глобальным потеплением. И данный процесс происходит лавинообразно по времени. Однако замечено, что наиболее интенсивный рост температуры воздуха происходит в высоких широтах полярных регионов. По данным четвертого оценочного доклада межправительственной группы экспертов по изменениям климата (МГЭИК) в течение XX века температуры воздуха над обширными территориями Арктического региона повысились местами на величину до 5,0 °С. А повышение температуры в данных регионах влечет за собой изменение остальных термодинамических параметров, таких как относительная влажность воздуха и отношение смеси. Кроме того, изменение температуры воздуха и, как следствие, температуры поверхности океана резко отражается на количестве и распространении полярных льдов [1; 2].

В данной работе на примере станции Иттокорртоормиит, расположенной на восточном побережье Гренландии, был проведен анализ основных термодинамических параметров тропосферы за 25-летний период, а также было проведено исследование взаимосвязей между отдельными параметрами и некоторыми глобальными климатическими индексами, что позволило выявить некоторые закономерности и характер тенденции изменения исследуемых параметров.

Материалы исследования и методика обработки. Исходной информацией для данной работы послужили ежедневные данные радиозондирования тропосферы на станции Иттокорртоормиит за

срок 00 часов СГВ за период с 1982 по 2008 гг. Данные радиозондирования получены из базы данных Вайомингского университета.

Исследовались три параметра тропосферы: температура воздуха, относительная влажность и отношение смеси на стандартных изобарических поверхностях: 1000 гПа, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 и 100 гПа. Данные радиозондирования были обработаны и в дальнейших расчетах использовались среднемесячные и среднегодовые значения. В работе использовались значения следующих климатических индексов:

- Интегральный индекс циклонической активности в Арктике — Интернациональный Арктический исследовательский центр (International Arctic Research Center -USA)
- Течения Гольфстрим — Плимутская морская лаборатория Великобритании
- Северо-Атлантического колебания — University of East Anglia, Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA
- Индекс Южного колебания — NCAR, Boulder, USA.

Результаты исследования и их анализ. Первым этапом в исследовании было выявление скрытых периодов колебания. Для выявления значимых периодов колебания исследуемых параметров была применена программа SKR. Для расчетов периодов использовались многолетние значения среднегодовой температуры воздуха, относительной влажности и отношения смеси на стандартных изобарических поверхностях (табл. 1).

Таблица 1

Значимые периоды колебаний исследуемых параметров тропосферы с вероятностью 68 %

Высоты	Температура	Относительная влажность	Отношение смеси
Земля	1,926	1,995	2,293
850 гПа	2,926	1,995	1,995
700 гПа	2,940 / 1,926	1,926	2,695
500 гПа	2,940 / 1,926	2,177	2,501
400 гПа	2,940 / 1,926	1,926	2,177
300 гПа	2,940	1,876	1,715
250 гПа	2,940	-	1,960
200 гПа	2,940	1,960	1,960
150 гПа	2,940	3,020	1,960
100 гПа	2,940	3,020	1,960

Анализ полученных результатов показал, что для температуры воздуха наиболее характерен у земли — 2-летний период, а на остальных высотах — 3-летний; для относительной влажности — слой Земля - 200 гПа подчиняется 2-летним колебаниям, а выше — 3-летним; отношению смеси, практически на всех высотах характерен 2-летний период, исключение составляет средняя тропосфера 700, 500 гПа — здесь наблюдается 2,5-летний период колебаний.

По полученным периодам проведено скользящее сглаживание данных исследуемых рядов и построены графики, характеризующие изменение исследуемого параметра тропосферы для всех поверхностей. На рис. 1-3 представлены многолетние изменения исследуемых параметров, сглаженный ряд линейный тренд у поверхности земли.

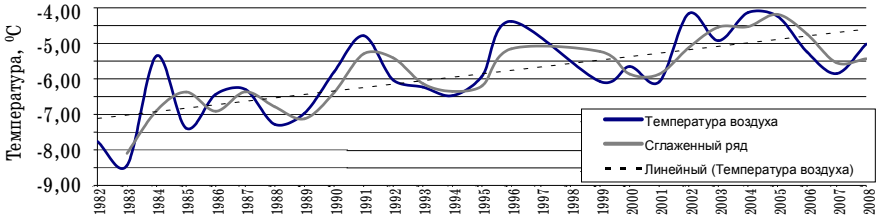


Рис. 1. Многолетние изменения температуры воздуха у поверхности земли

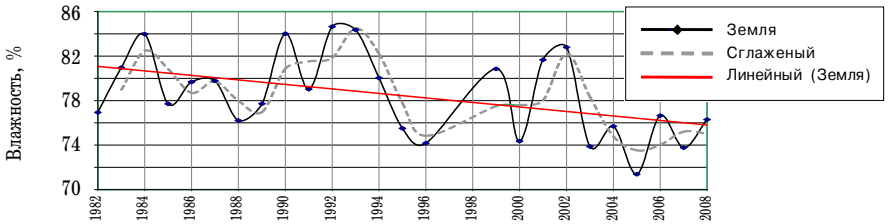


Рис. 2. Многолетние изменения относительной влажности воздуха у поверхности земли

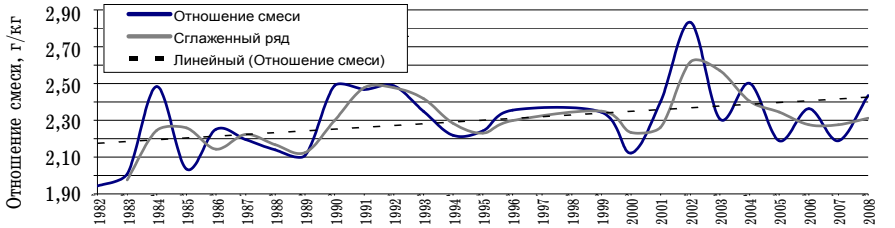


Рис. 3. Многолетние изменения отношение смеси у поверхности земли

За исследуемый 25-летний период наблюдается значительный рост температуры воздуха на 2,8 °С и отношения смеси как у поверхности земли, так и на высотах: для температуры воздуха по 300 гПа, а для отношения смеси — 250 гПа; выше наблюдается отрицательная тенденция. Несколько иначе ведет себя относительная влажность воздуха — у земли наблюдается устойчивое значительное снижение значений за исследуемый период на 5 %, такая же тенденция наблюдается на высоте с 200 гПа поверхности, а, практически для всей тропосферы характерно увеличение относительной влажности воздуха с максимумом на 300 гПа поверхности (табл. 2). Таким образом, можно сделать следующий вывод: повышение среднегодовой температуры воздуха и отношения смеси наблюдается в нижней и средней тропосфере, а увеличение относительной влажности наблюдается в средней и верхней тропосфере.

Таблица 2

Характеристики трендов параметров тропосферы

Уровни	Температура	Влажность	Отношение смеси
	Δ тренда (С)	Δ тренда (%)	Δ тренда (г/кг)
Земля	2,8	-5	0,26
850 гПа	1,5	8	0,44
700 гПа	1,0	7	0,25
500 гПа	0,7	6	0,08
400 гПа	0,5	9	0,07
300 гПа	0,1	11	0,01
250 гПа	-0,2	4	0,00
200 гПа	-0,3	-5	-0,01
150 гПа	-0,7	-6	-0,02
100 гПа	-1,2	-5	-0,02

Как известно, климат какого-либо места обычно определяется статистическими показателями, вычисленными на основании длинных рядов наблюдений метеорологических элементов, которые характеризуют режим погоды в данном регионе. Наши исследуемые ряды не превышают 25 лет, но, тем не менее, могут служить характеристикой климатических изменений в данном районе. Были рассчитаны статистические характеристики и оценки параметров рядов температуры, влажности и отношения смеси на уровне земли. Расчеты позволили выдвинуть гипотезу о законе распределения соответствующих рядов. Данные представлены в табл. 3.

Следующим этапом в данной работе было выявление корреляционной связи между термодинамическими параметрами тропосферы и некоторыми глобальными климатическими индексами.

Таблица 3

Статистические характеристики и оценки параметров рядов

Параметр	Коэффициент As		Коэффициент Э		Закон распределения
	значение	характеристика	значение	характеристика	
Температура	-0,36	левосторонняя умеренная	-0,77	плосковершинное распределение	нормальный
Влажность	1,46	правосторонняя сильная	-0,55	плосковершинное распределение	IV закон Пирсона
Отношение смеси	-0,25	левосторонняя слабая	-1,17	плосковершинное распределение	нормальный

Циклоническая активность является одним из ключевых параметров в исследованиях погоды и климата в полярных широтах Северного полушария. Ветер и осадки, связанные с интенсивными штормами, оказывают значительное влияние на погоду и климат в арктических широтах. Интегральный индекс циклонической активности в Арктике разработан в Интернациональном Арктическом исследовательском центре и представляет комбинированную информацию об интенсивности, продолжительности и траекториях циклонов в Арктическом регионе и приполярном районе северного полушария. Индекс рассчитывается на основе данных реанализа США (NCAR/NCEP) — синоптических 6-часовых данных давления на уровне моря (SLP) — как сумма отличий приземного давления в центре циклона от климатического среднемесячного значения давления в данной точке за месяц.

Корреляция индекса циклонической активности Арктики с температурой воздуха в атмосфере над станцией Иттокорртоормиит проводилась в слое Земля — 100 гПа. При корреляционном анализе с температурой воздуха была выявлена обратная статистически значимая связь в феврале в слое 700-300 гПа и прямая — в сентябре в слое 250-150 гПа. Анализ, полученных коэффициентов корреляции между индексом циклонической активности Арктики и отношением смеси в тропосфере показал, что обратная взаимосвязь выявлена в феврале на высотах 500 и 250 гПа, а также в мае, июле, сентябре и октябре на высотах 150-100 гПа, а прямая зависимость — в августе и октябре в слое 300-250 гПа. Корреляция индекса циклонической активности Арктики с относительной влажностью воздуха показала, что: обратная взаимосвязь выявлена в мае, июле, сентябре на высотах 150-100 гПа; прямая зависимость в сентябре на высоте 850 гПа.

Известно, что теплое течение Гольфстрим является важнейшей составляющей циркуляции в Северной Атлантике и оказывает важ-

нейшее влияние на климат Западной и Северной Европы. Любые изменения в положении и интенсивности этого течения могут иметь серьезные последствия для Европы. Изменения океанической циркуляции неразрывно связаны с изменениями в поле температуры и солености в океане. Исследования ученых разных стран показывают, что с середины 1990-х годов в западных районах Северной Атлантики (Северном и Норвежском море) отмечается рекордное повышение, как температуры, так и солености воды. В то же время усиливается приток холодных и пресных вод в регионе Гренландии и Исландии. Индекс, предоставленный Плимутской морской лабораторией Великобритании, показывает аномалии в положении северной границы течения Гольфстрим у побережья Северной Америки. Аномалия широты северной границы течения определяется на основе данных ТПО в шести долготных точках (79°, 75°, 72°, 70°, 67°, 65° з.д.) с помощью специальной методики анализа. При корреляции данного показателя с параметрами тропосферы в приземном слое была выявлена только одна статистически значимая связь (табл. 4).

Таблица 4

Корреляция индекса Гольфстрим с параметрами тропосферы в приземном слое

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
T, ^{0}C	0,07	0,11	-0,07	-0,18	0,34	-0,14	0,11	-0,11	0,19	0,02	0,13	0,26	0,06
F, %	-0,05	0,17	-0,08	0,03	0,12	0,12	0,22	0,41	-0,72	0,10	0,34	0,43	0,26
mix, г/кг	-0,08	0,24	-0,23	-0,20	0,29	0,01	0,36	0,24	0,25	0,03	0,25	0,33	0,25

Индекс Северо-Атлантического Колебания (САК) является суммарным измерением состояния циркуляции в средних широтах Северной Атлантики. САК отражает колебание атмосферной массы между севером и югом Северной Атлантики с центрами в районе Исландии (минимум) и в районе Азорских о-вов (максимум). Пространственные особенности и временная изменчивость САК обычно определяются по полю давления на уровне моря, для которого существует наиболее длительный ряд инструментальных наблюдений. Обычно индекс САК вычисляется как разность нормированных значений давления на станции Гибралтар (Лиссабон или Понта Дельгада) и станции Рейкьявик.

Из всего многообразия источников нами были выбраны два:

- University of East Anglia — рассчитывается на основе станционных данных как разность давления на уровне моря (SLP) на станциях Гибралтар и Рейкьявик (Исландия);

- Climate Analysis Section, NCAR, Boulder, USA — рассчитывается на основе станционных данных как разность нормализованного давления на уровне моря (SLP) на станциях Лиссабон (Португалия) и Рейкьявик (Исландия).

Хотя взаимосвязь между центрами действия атмосферы проявляется в течение всего года, амплитуда колебания максимальна в зимний сезон, когда атмосфера динамически наиболее активна. Поэтому наиболее популярны значения индекса, рассчитываемые за зимний сезон с декабря по март — по которым и были рассчитаны коэффициенты корреляции. Лучшие результаты получены при использовании первого варианта индекса. Причем, взаимосвязь САК с температурой воздуха и отношением смеси выявлена — обратная, а с относительной влажностью — прямая и только на 700 гПа в феврале.

Явление Эль-Ниньо — Южное колебание (ЭНЮК) представляет самый большой и наиболее важный сигнал в межгодовой климатической изменчивости в системе океан-атмосфера, наблюдается регулярно, каждые 2-7 лет, последствия ЭНЮК проявляются в виде значимых климатических аномалий в различных районах земного шара. Идентификация явления ЭНЮК осуществляется, в основном, по среднемесячным данным приземного давления. Индекс SOI представляет стандартизированную разность нормализованных среднемесячных аномалий давления на станциях Таити и Дарвин.

Корреляция индекса Южного колебания с термодинамическими параметрами проводилась для слоя трения и рассчитанные коэффициенты оказались статистически незначимыми.

Многие процессы, происходящие в атмосфере можно отнести к стационарным, т.к. они протекают однородно по времени и математическое ожидание которых является постоянной величиной. Такой процесс можно представить в виде суммы гармонических колебаний, имеющих различную амплитуду и частоту, т.е. осуществить спектральное разложение случайного процесса. При этом, зависимость амплитуды колебаний от частоты называется спектральной плотностью, анализируя которую можно выявить статистически значимые периоды колебаний случайного процесса либо двух исследуемых временных рядов метеовеличины.

Спектральное разложение рядов температуры воздуха, относительной влажности и отношения смеси проводилось на уровне земли и на высоте 500 гПа. Определение спектральной плотности данных параметров проводилось совместно с индексом циклоничес-

кой активности в Арктике и индексом САК при различных значениях уровня значимости α. Полученные результаты взаимного спектрального анализа приведены в табл. 5.

Таблица 5

Периоды колебаний стационарных случайных процессов в тропосфере

Высота	Параметр	α	Период колебаний
Земля	Температура	0,10	7,3 / 4,4
	Относительная влажность	0,10	7,3
	Отношение смеси	0,10	7,3 / 4,4
500 гПа	Температура	0,10	8,3
	Относительная влажность	0,10	12,5 / 4,2
	Отношение смеси	0,05	4,2

Выводы. На основании проведенных исследований можно сделать несколько выводов:

- Периоды колебаний характерные для исследуемых параметров с 68 % значимостью в данном районе изменяются в пределах от 2 до 3 лет.
- Повышение среднегодовой температуры воздуха и отношения смеси за 25-летний период наблюдается в нижней и средней тропосфере, а увеличение относительной влажности наблюдается в средней и верхней тропосфере. Максимальный рост температуры воздуха наблюдается в приземном слое — 2,8 °С, max отношения смеси: 0,44 г/кг — 850 гПа, max относительной влажности наблюдается на высоте 300 гПа — 11 %.
- Обратная значимая линейная корреляционная связь между температурой и отношением смеси в феврале и индексом циклонической активности.
- Прямая связь индекса циклонической активности Арктики со всеми параметрами наблюдается в сентябре.
- С индексом САК в слое земля - 400 гПа значимая связь температуры воздуха в холодное время года.
- С индексом NAO корреляционная связь не выявлена во всей тропосфере между термодинамическими параметрами за холодный период.
- Выявлена обратная значимая корреляционная связь индекса Гольфстрим и относительной влажности в приземном слое.
- Значимой линейной корреляционной связи параметров тропосферы с индексом SOI не выявлено.

- Спектральный анализ показал периодичность 7,3 и 4,4 года термодинамических параметров в приземном слое. На уровне 500 гПа периодичность температуры составила 8,3 года, относительной влажности — 12,5 и 4,2 года и отношения смеси 4,2 года. Данные колебания являются долгопериодическими.

Литература

1. T. E. Danova, E. V. Galat Climatology of sea ice of the Northern hemisphere / Тези Міжнар. наук. конф. «Міжнародний полярний рік в Україні: підсумки та перспективи» 22-24 травня 2009 року, м. Харків, Україна.
2. Отчет «Панарктической ледовой дрейфующей экспедиции» // ПАЛЭКС — www.paicex.ru

Резюме

В статті представлений аналіз основних термодинамічних параметрів тропосфери: температури повітря, відносної вологості та відношення суміші на стандартних ізобаричних поверхнях за 25-річний період, а також проведене дослідження взаємозв'язків між окремими параметрами та деякими глобальними кліматичними індексами, що дозволило виявити деякі закономірності та характер тенденції зміни досліджуваних параметрів.

УДК 551.46.06.7

Т. Е. Данова
Е. В. Галат

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЗАИМНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА К КОНЦЕНТРАЦИИ МОРСКОГО ЛЬДА АРКТИКИ И ИНДЕКСУ ГОЛЬФСТРИМ

Введение. Известно, что теплое течение Гольфстрим является важнейшей составляющей циркуляции в Северной Атлантике и оказывает важнейшее влияние на климат Западной и Северной Европы. Любые изменения в положении и интенсивности этого течения могут иметь серьезные последствия для Европы. Изменения океанической циркуляции неразрывно связаны с изменениями в поле температуры и солености в океане. Опреснение Северной Атлантики в этих районах океана происходит вследствие усиления осадков, а также таяния снега и льда в условиях потепления климата.

Климат какого-либо места обычно определяется статистическими показателями, вычисленными на основании длинных рядов наблюде-

ний метеорологических элементов, которые характеризуют режим погоды в данном регионе. Работа посвящена взаимному спектральному анализу концентрации морского льда Северного полушария и индекса Гольфстрим.

Исходные данные и методика исследования. В данной работе предпринята попытка выявить взаимосвязь среднемесячных данных общей сплоченности морского льда Арктического бассейна с индексом Гольфстрим за период с 1972 по 2005 год. Источником данных о концентрации морского льда послужили: Nimbus-7 SMMR Arctic Sea Ice Concentrations or DMSP SSM/I Sea Ice Concentrations using the NASA Team Algorithm.

Данные были собраны в виде сетки с разрешением в один градус и наполнением (максимум «100» и минимум «0», в зависимости от характеристик морского льда) и подготовлены в Иллинойском университете. Предлагаемые к исследованию данные 1972-2007 гг. — это период спутника, точность данных современного состояния [1]. Первичная подготовка данных включала в себя: декодировку данных, разбивку помесячно. Все данные ранее были подвергнуты статистическому анализу.

Индекс Гольфстрим, представленный на сайте Плимутской морской лаборатории Великобритании показывает аномалии в положении северной границы течения Гольфстрим у побережья Северной Америки. Аномалия широты северной границы течения определяется на основе данных ТПО (температуры поверхности океана) в шести долготных точках (79°, 75°, 72°, 70°, 67°, 65° з.д.) с помощью специальной методики анализа.

В данной работе предпринимается попытка на основании результатов взаимного спектрального анализа выявить взаимосвязь между периодическими составляющими во временных рядах концентрации морского льда Арктического бассейна и индекса Гольфстрим за период с 1972-2005 гг. В анализе использовались среднемесячные значения суммарной концентрации морского льда по полю $\sum_{\text{поля}}$) Арктического бассейна и среднемесячные значения индекса Гольфстрим.

Результаты исследования и их анализ. Расчет взаимной спектральной плотности проводился по методике, представленной в [2] с использованием программы «Spektr». С помощью данной методики нами были рассчитаны спектральные плотности среднемесячных значений концентрации морского льда и индекса Гольфстрим, а также КО-спектр, квадратурный спектр и когерентность этих двух процессов.

Вероятность статистических оценок взаимной спектральной плотности определяется по когерентности при условии $\gamma(w) \geq 0{,}9$. Как известно, когерентность представляет собой меру устойчивости разности фаз. Если разность фаз двух процессов является устойчивой, то $\gamma(w) \to 1{,}0$. В нашем случае была получена когерентность исследуемых рядов (рис. 1). Анализ графика показал, что $\gamma(w) \to 1{,}0$, это свидетельствует об устойчивости разности фаз двух данных процессов.

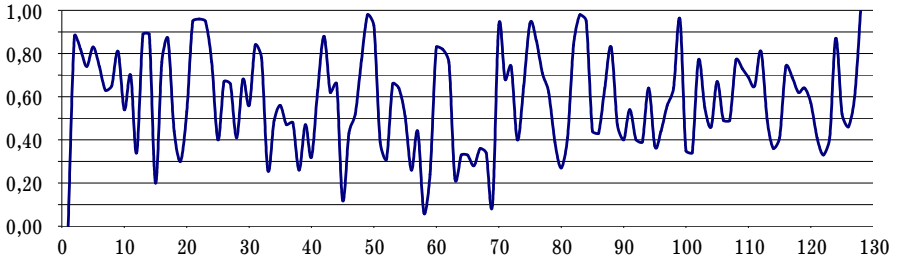


Рис. 1. Когерентность концентрации морского льда и индекса Гольфстрим

Ко-спектр представляет собой косинус-преобразование Фурье от парной части взаимной ковариационной функции (рис. 2).

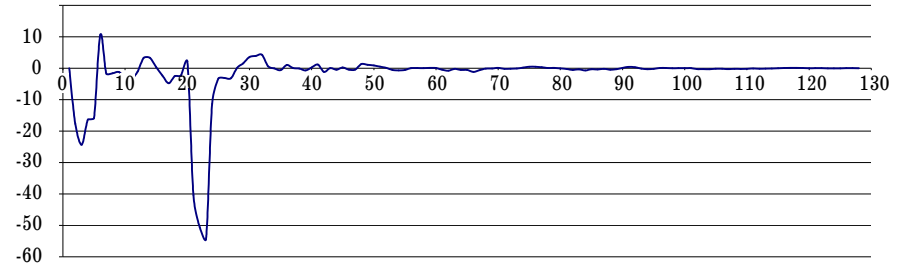


Рис. 2. Ко-спектр концентрации морского льда и индекса Гольфстрим

Ко-спектр дает разложение по разным частотам взаимной ковариационной функции двух случайных процессов при нулевом смещении аргумента и имеет смысл среднего произведения процессов в узком интервале частот, поделенного на частотный интервал, то есть, характеризует разложение по частотам энергии синхронного взаимодействия процессов.

Квадратурный спектр характеризует взнос разных гармоник в суммарную ковариацию при условии, когда все гармоники временной

последовательности первого ряда сдвинуты по фазе на четверть периода назад, а последовательность второго ряда остается неизменной.

Квадратурный спектр характеризует распределение по частотам энергии несинхронного взаимодействия двух процессов (рис. 3).

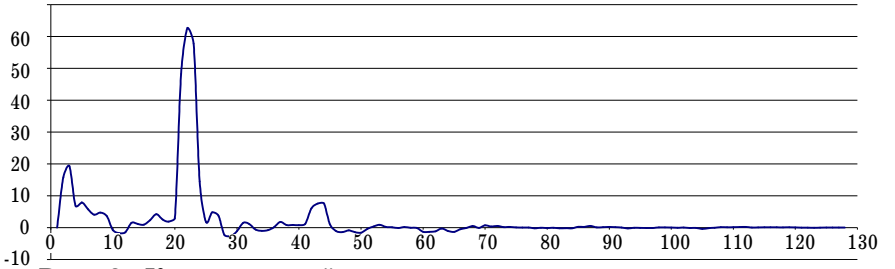


Рис. 3. Квадратурный спектр концентрации морского льда и индекса Гольфстрим

Ранее, для выявления значимых периодов колебаний были подвергнуты анализу данные, которые представляют собой среднегодовые значения исследуемых параметров с помощью программы «SKR». Расчет скрытых периодичностей исследуемых рядов выявил несколько значимых периода колебаний с вероятностью 68 %, среди которых наиболее характерны — 2-летние, 4-летние и 7-летние периоды колебаний.

В данной работе мы исследуем среднемесячные значения концентрации морского льда Арктического бассейна и индекса Гольфстрим. На рисунках представлены спектрограммы концентрации морского льда (рис. 4) и индекса Гольфстрим (рис. 5), которые свидетельствуют о наличии значимых периодов колебаний в исследуемых рядах. Для ряда среднемесячных значений концентрации морского льда Арктического бассейна выявлены, как и ожидалось, годовые колебания с периодами 12,1 и 11,6 месяцев и полугодовые — 6,2 месяца. Также был выявлена периодическая составляющая с периодом 88,7 месяца, что составляет 7,4 года. Анализ спектрограммы среднемесячных значений индекса Гольфстрим показал наличие колебаний с периодом 88,7; 53,2; 12,1; 11,6 и 4,3 месяца.

Как видим, существует совпадение периодов колебаний данных исследуемых процессов, совпадают долгопериодные колебания от полугода и более (по классиф. Добрышмана С. Н.). В нашем случае это колебания с периодами 11,6; 12,1; 53,2 и 88,7 месяцев, что соответствует годовым, 4-летним и 7-летним. Так же можно заметить, что колебание с периодом 88,7 месяцев или 7,4 года, а

также 53,2 месяца или 4,4 года наиболее характерны для индекса Гольфстрим и является для него основным. Выявленный период колебания 88,7 месяцев или 7,4 года для среднегодовых и среднемесячных значений концентрации морского льда является показателем влияния теплого течения Гольфстрим на распространение морского льда в Арктическом бассейне.

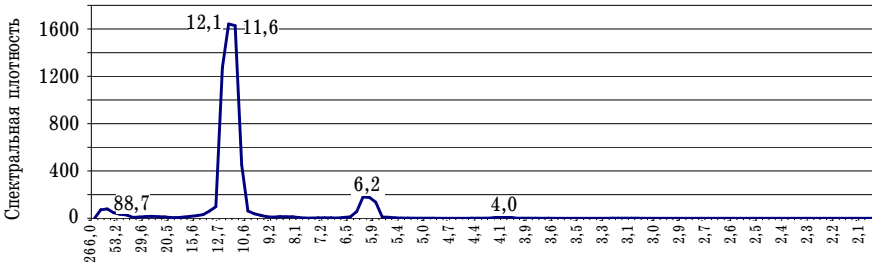


Рис. 4. Спектрограмма концентрации морского льда

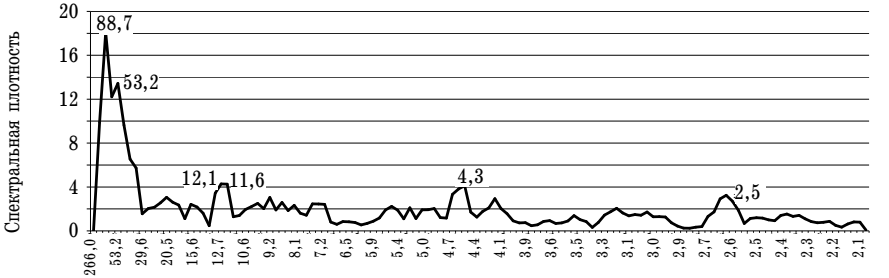


Рис. 5. Спектрограмма индекса Гольфстрим

Как отмечалось ранее, были определены значимые периоды колебаний среднегодовых значений концентрации морского льда Арктического бассейна с вероятностью 68 %, среди которых оказались также 4-летние периоды. Можно сделать предварительный вывод, что 4-летний период колебаний, выявленный в среднегодовых значениях концентрации морского льда также является показателем влияния течения Гольфстрим.

Была определена начальная фаза каждого процесса. Как показали расчеты, только для гармоник 3,1 и 2,6 месяцев наблюдается запаздывание процесса *У*, отвечающего за изменение индекса Гольфстрим по отношению к процессу *Х*, который характеризует изменение концентрации морского льда Арктики. Все остальные периодические колебания 11,6 и 5,2 месяца характеризуются опережением процесса *У* по отношению к процессу *Х*.

Выводы

- Когерентность исследуемых процессов свидетельствует об устойчивости разности фаз среднемесячных значений концентрации морского льда и индекса Гольфстрим.
- Для ряда среднемесячных значений концентрации морского льда Арктического бассейна выявлены годовые колебания с периодами 12,1 и 11,6 месяцев и полугодовые — 6,2 месяца. Также был выявлена периодическая составляющая с периодом 88,7 месяца, что составляет 7,4 года.
- Анализ спектрограммы среднемесячных значений индекса Гольфстрим показал наличие колебаний с периодом 88,7; 53,2; 12,1; 11,6 и 4,3 месяца.
- Выявлено совпадение долгопериодных колебаний от полугода и более данных исследуемых процессов — 11,6; 12,1; 53,2 и 88,7 месяцев, что соответствует годовым, 4-летним и 7-летним.
- Колебание с периодом 88,7 месяцев или 7,4 года, а также 3,2 месяца или 4,4 года наиболее характерны для индекса Гольфстрим и является для него основным. Выявленный период колебания 88,7 месяцев или 7,4 года для среднегодовых и среднемесячных значений концентрации морского льда, а также 4-летний период колебаний — в среднегодовых значениях, является показателем влияния теплого течения Гольфстрим на распространение морского льда в Арктическом бассейне.

Литература

1. T. E. Danova, E. V. Galat Climatology of sea ice of the Northern hemisphere / Тези Міжнар. наук. конф. «Міжнародний полярний рік в Україні: підсумки та перспективи» 22-24 травня 2009 року, м. Харків, Україна.
2. Школьний Є. П., Лоєва І. Д., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підр. — Одеса: ОГМІ, 1999.

Резюме

У статті проводиться взаємний спектральний аналіз концентрації морського льоду Північної півкулі та індексу Гольфстрім. Виявлено співпадіння довгоперіодних коливань — 11,6; 12,1; 53,2 и 88,7 місяців, що відповідає річним, 4-річним та 7-річним. Період коливання 88,7 місяців або 7,4 роки для середньорічних та середньомісячних значений концентрації морського льоду, а також 4-річний період коливання — в середньорічних значеннях, являється показником впливу теплої течі Гольфстрім на розповсюдження морського льоду в Арктичному басейне.

УДК 551.524.3

Т. Е. Данова
О. М. Прокофьев

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПРИБРЕЖНЫХ СТАНЦИЙ АНТАРКТИДЫ И АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Постановка проблемы и цель работы. В последнее время все чаще говорят о глобальном изменении климата, не для кого не секрет, что полярные районы являются основным индикатором данного изменения. Поэтому, нами предпринята попытка оценить колебания приземной температуры воздуха станций Восточной, Западной Антарктиды, а также Антарктического полуострова. Для этого были рассчитаны основные статистические характеристики, которые, как известно, являются показателями климатических изменений.

Материалы и методы исследования. Исходными данными служили данные среднемесячных значений приземной температуры воздуха 34 антарктических станций, 11 находятся на восточном побережье Антарктиды, 7 — на западном и 16 — на Антарктическом полуострове и близлежащих островах. Все исследуемые станции равномерно распределены по материку. Все станции имеют довольно длинные ряды интересующих нас данных и к ним могут применяться методы статистического анализа. Следует отметить, что в расчетах используются самые последние данные (кроме тех станций, которые были законсервированы), что позволяет оценить изменения температуры за последнее десятилетие.

Результаты исследования и их анализ. Как известно, климат какого-либо места обычно определяется статистическими показателями, вычисленными на основании длинных рядов наблюдений метеорологических элементов, которые характеризуют режим погоды в данном регионе. Некоторые исследуемые ряды не превышают 25 лет, но, тем не менее, могут служить характеристикой климатических изменений в данном районе.

Рассчитаны статистические характеристики приземной температуры воздуха для всех исследуемых станций (табл. 1). Анализ полученных результатов показал, что наиболее часто встречается правосторонняя асимметрия, это может свидетельствовать о росте температуры на данных станциях. Кроме этого, для станций Западной Антарктиды и Антарктического полуострова, кривая распределения является преимущественно сплюснутой, по сравнению с

кривой нормального распределения, это свидетельствует о том, что температура меняется в широком диапазоне. На некоторых антарктических станциях кривая распределения является вытянутой по сравнению с кривой нормального распределения, что свидетельствует о том, что температура меняется в узком диапазоне.

Таблица 1

Статистические характеристики приземной температуры воздуха станций Антарктиды

Станция	As		Э		Sx^2	Mo
	значение	характ-ка	значение	характ-ка		
1	2	3	4	5	6	7
Восточная Антарктида						
Neumayer	-0,34	левосторонняя умеренная	-0,34	сплюснутая	0,46	-15,04
Helli	-0,12	левосторонняя слабая	-0,35	сплюснутая	1,00	-18,66
Belgrano	1,16	правосторонняя сильная	-0,17	сплюснутая	17,33	-13,18
Russkaya	2,04	правосторонняя сильная	3,00	вытянутая	8,06	-12,86
McMurdo	1,79	правосторонняя сильная	3,18	вытянутая	16,07	-17,26
Scot_Base	1,09	правосторонняя сильная	-0,40	сплюснутая	7,33	-19,25
Terra Nova Bay	-0,88	левосторонняя сильная	-0,17	сплюснутая	0,94	-14,59
Западная Антарктида						
Asuka	-0,25	левосторонняя умеренная	-1,82	сплюснутая	0,23	-17,86
Casey	0,37	правосторонняя умеренная	-0,16	сплюснутая	0,81	-9,14
Davis	-0,55	левосторонняя сильная	0,27	вытянутая	0,93	-10,18
Dumont_Durville	-0,06	левосторонняя слабая	-1,34	сплюснутая	2,54	-5,25
Leningradskaja	2,81	правосторонняя сильная	8,68	вытянутая	3,67	-15,06
Progress	0,25	правосторонняя умеренная	-2,08	сплюснутая	1,56	9,54
Mawson	-0,38	левосторонняя умеренная	0,38	вытянутая	0,60	-10,17
Mirny	0,64	правосторонняя сильная	0,66	вытянутая	0,75	-10,85
Novolazarevskaya	3,62	правосторонняя сильная	17,88	вытянутая	1,67	-9,52

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Syowa	3,17	правосторонняя сильная	-0,71	сплюснутая	0,83	-9,70
Zhongshan	0,98	правосторонняя сильная	0,28	вытянутая	25,33	-12,99
Антарктический полуостров						
Adelaide	-0,31	левосторонняя умеренная	-1,38	сплюснутая	0,55	-0,23
Arturo_Prat	-0,64	левосторонняя сильная	-1,00	сплюснутая	0,69	-1,53
Bellingshausen	-0,73	левосторонняя сильная	0,06	вытянутая	0,26	0,83
Deception	-0,07	левосторонняя слабая	-1,91	сплюснутая	0,24	0,89
Esperanza	0,04	правосторонняя слабая	-0,93	сплюснутая	1,40	-5,65
Faraday/Vernadsky	-0,23	левосторонняя слабая	-0,28	сплюснутая	2,86	-3,94
Ferraz	-0,05	левосторонняя слабая	-0,89	сплюснутая	1,11	-1,40
Great_Wall	-1,53	левосторонняя сильная	2,55	вытянутая	0,31	0,42
Jubany	-2,19	левосторонняя сильная	6,08	вытянутая	3,60	-1,72
King_Sejong	-0,28	левосторонняя умеренная	-1,11	сплюснутая	0,80	-1,42
Marambio	0,85	правосторонняя сильная	0,50	вытянутая	2,88	7,20
Marsh	-0,22	правосторонняя слабая	-1,02	сплюснутая	1,21	-1,97
O_Higgins	-0,58	правосторонняя сильная	-0,50	сплюснутая	1,23	-3,48
Orcadas	0,36	правосторонняя умеренная	0,62	вытянутая	2,01	-3,68
Rothera	-0,41	левосторонняя умеренная	-0,28	сплюснутая	2,05	-5,48
San_Martin	-0,23	левосторонняя слабая	-1,07	сплюснутая	2,75	-4,08

Для определения динамики приземной температуры воздуха были рассчитаны средние значения среднемесячных температур за 10-летние периоды 1989-1998 гг. и 1999-2008 гг. для станций, находящихся в разных климатических зонах.

Рассматривались зоны:

- стоковых ветров, ее характеризуют ст. Novolazarevskaya и Mawson;

- шельфовых льдов, эту зону представляют станции Helli и McMurdo;
- береговая зона восточного побережья Антарктиды, это станции Davis и Casey;
- зона береговых станций Антарктического полуострова — Esperanza;
- зона островных станций — Bellingshausen.

1. Зона стоковых ветров

Станции Novolazarevskaya и Mawson находятся на западном побережье Антарктиды и подвержены влиянию стокового ветра. Об этом свидетельствует низкая влажность, приземная инверсия температуры, значительные скорости ветра (10 м/с и более), постоянство направления ветра в течение года и большая повторяемость штормов (на станции Mawson шторм наблюдается 330 дней в году). На станции Novolazarevskaya за последнее десятилетие отмечается рост температуры в апреле, июне и августе (рис. 1). На ст. Mawson незначительный рост температуры наблюдается в зимний сезон — апрель, май, август, сентябрь (рис. 2). Таким образом, станции, находящиеся в зоне стока, характеризуются либо нулевым трендом, либо небольшим снижением температуры.

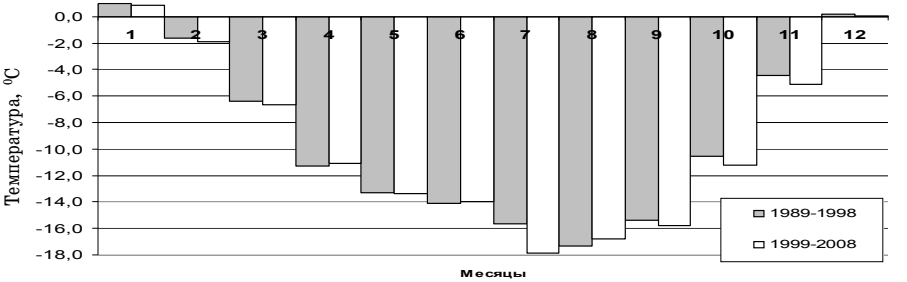


Рис. 1. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. Novolazarevskaya)

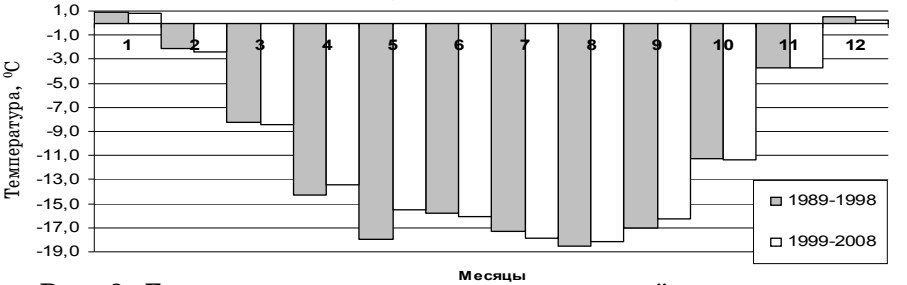


Рис. 2. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. Mawson)

2. Зона шельфовых льдов

Станции Helli и McMurdo находятся на шельфовых льдах западного побережья Антарктиды. Как известно, пути перемещения циклонов в зимний и летний периоды в Антарктике пролегают через территорию, находящуюся над зоной шельфовых льдов. За последнее десятилетие повышение температуры наблюдается на станции Helli, которая находится в море Уедделла на шельфовом леднике Ронне, в зимние месяцы и переходные сезоны года, причем максимальным ростом характеризуются весенние месяцы (рис. 3). Станция McMurdo, находящаяся на шельфовом леднике Росса, характеризуется ростом температуры воздуха за последние десятилетие с марта по май месяц (рис. 4).

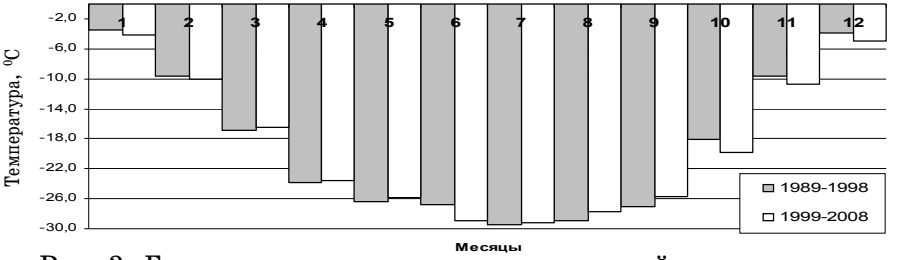


Рис. 3. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. Helli)

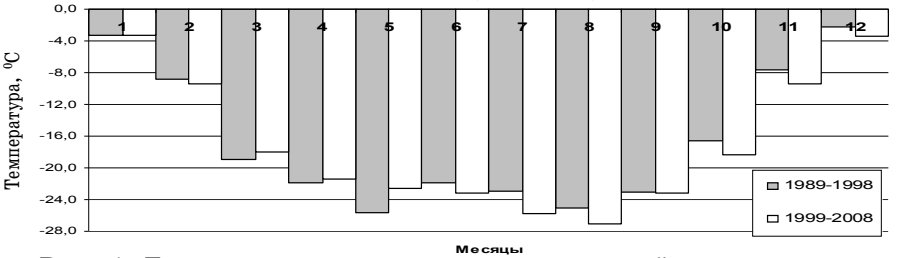


Рис. 4. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. McMurdo)

3. Восточное побережье

Восточное побережье представлено станциями Davis и Casey, для которых характерен циклонический режим погоды. На станции Davis за последнее 10-летие наблюдается повышение температуры в летние месяцы — декабрь, январь, и с марта по май, а также с августа по ноябрь (рис. 5). На станции Casey наблюдается та же тенденция, последнее десятилетие характеризуется повышением температуры в зимние месяцы с марта по май и с июля по октябрь (рис. 6).

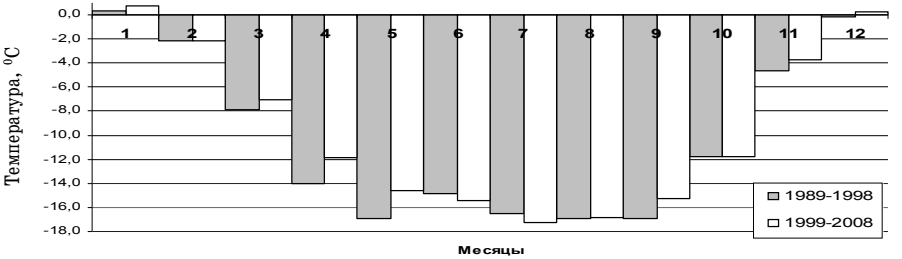


Рис. 5. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. Davis)

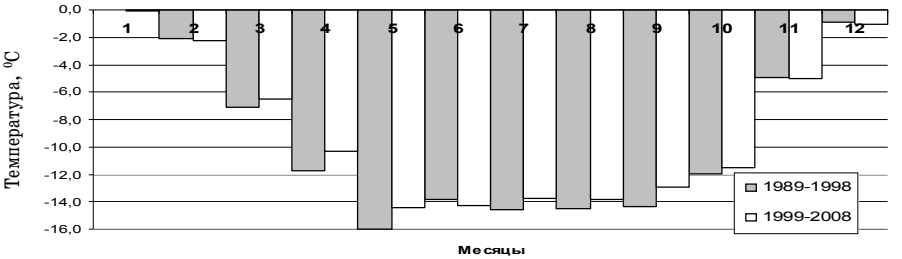


Рис. 6. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. Casey)

4. Прибрежная зона

Климат прибрежной зоны, как известно, не отличается однородностью. В этой зоне можно выделить три климатические подзоны: а) районы побережья, подверженные влиянию стоковых ветров; б) районы побережья, находящиеся вне влияния стока (ледниковые шельфы, припай и т. д.); в) антарктические оазисы и другие свободные ото льда участки суши (горные цепи, нунатаки, прибрежные острова и т. д.).

Антарктический полуостров являет собой часть Антарктиды с климатом, относящимся ко второй и третьей подзоне. Среднегодовые температуры на нем самые высокие на Антарктическом материке. Антарктический полуостров представлен станцией Esperanza, на которой за последнее десятилетие наблюдается повышение температуры во все месяцы, кроме июня, ноября и декабря (рис. 7).

5. Зона островных станций

Станция Bellingshausen, находящаяся на острове Ватерлоо (Кинг Джордж) в непосредственной близости от Антарктического полуострова, характеризуется повышением температуры за последнее 10-летие в апреле и мае, а также с июля по октябрь месяцы (рис. 8).

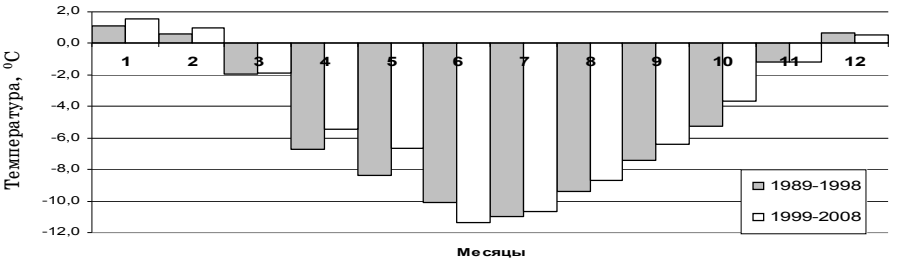


Рис. 7. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. Esperanza)

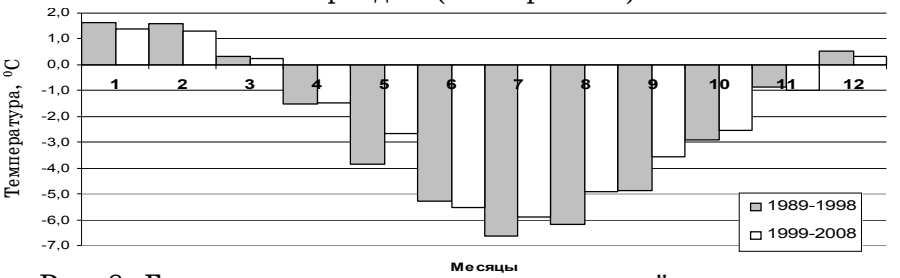


Рис. 8. Гистограмма среднемесячных значений температуры по периодам (ст. Bellingshausen)

Выводы. Таким образом, хотя в течение последнего десятилетия на большинстве антарктических станций и наблюдается рост температуры воздуха, но:

- во-первых: практически на всех станциях по сравнению с предыдущим десятилетием значительно снизилась скорость роста температуры;
- во-вторых: рост температуры отмечается в основном на станциях находящиеся на Антарктическом полуострове и близлежащих островах, а также в зоне шельфовых льдов, только в переходные периоды и в отдельные зимние месяцы;
- станции, находящиеся в зоне стока, характеризуются либо нулевым трендом, либо небольшим снижением температуры за последнее десятилетие.

Литература

1. Школьний Є. П., Гончарова Л. Д., Миротворська Н. К. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): Навч. пос. — К.: Міносвіти України, 2000. — 419 с.

2. T. E. Danova, O. M. Prokofev Dynamics of temperature of air of the ground layer of troposphere of the coastal stations of Antarctica / Тез. докл. междунар. антарктической конф. IAC2009: «Міжнародний полярний рік в Україні: підсумки та перспективи» 22-24 мая 2009 р., г. Харьков.
3. Гавриленя К. Л., Прокофьев О. М. Статистический анализ приземной температуры воздуха станций антарктического полуострова / Тез. докл. конф. молодых ученых ОГЭКУ, 11-16 мая 2009 р., г. Одесса.
4. Лысенко Я..В., Прокофьев О..М. Статистический анализ приземной температуры воздуха прибрежных станций Антарктиды / Тез. докл. конф. молодых ученых ОГЭКУ, 11-16 мая 2009 р., г. Одесса.

Резюме

В статті представлений статистичний аналіз приземної температури повітря прибережних станцій Антарктиди і Антарктичного півострова. Порівняльний аналіз приземної температури за два останні десятиліття показав зростання температури за останнє десятиліття тільки у деякі зимові місяці та перехідні періоди.

Г. П. Катеруша

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕКВІВАЛЕНТНО-ЕФЕКТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР НА УКРАЇНСЬКІЙ АНТАРКТИЧНІЙ СТАНЦІЇ АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ

Південна полярна область характеризується унікальними кліматичними умовами, які не мають аналогів у інших районах земної кулі. Людина, яка там знаходиться, постійно відчуває вплив різних чинників оточуючого її середовища (теплових, шумових, світлових тощо). Загальний стан і самопочуття людини визначаються впливом всього цього комплексу, проте за характером впливу вони не рівнозначні і їхні ефекти не порівняні.

З усіх видів впливу довкілля на людину найбільшим є вплив, який визначає її тепловий стан. Це випливає з основної біологічної сутності людини, як гомойотермного організму, для якого характерна висока стабільність температури. Тепловий вплив середовища і реакції організму людини на ці впливи є одною з фундаментальних умов існування її на землі. Особливо показовим з точки зору екстремальності клімату Антарктиди є режим сукупних значень різних метеорологічних величин.

Метою даної роботи є виконання класифікації погодних умов з точки зору біометеорології людини у різні пори року на ст. Ак. Вернадський, а також дослідження статистичного розподілу еквівалентно-ефективних температур на цій станції.

Для реалізації поставленої мети нами використовувались щогодинні дані по температурі повітря, швидкості і напрямку вітру та точці роси. Часові ряди формувались для 10 і 16 годин за середнім гринвіцьким часом (за місцевим це 7 (ранішня) і 13 годин (біокліматичний строк) для кожного дня в центральні місяці сезонів за період з 1999 по 2003 рр. на Українській антарктичній станції Ак. Вернадський (Західний сектор Антарктиди). Таким чином, об'єм одної досліджуваної вибірки становив 150-155 членів.

Показником теплової чутливості є система ефективних температур: еквівалентно-ефективних (*EET*), радіаційно-еквівалентно-ефективних (*PEET*) і біологічно активних температур (*БАТ*) [1]. Розрахунки еквівалентно-ефективної температури *EET* для одягненої людини виконувались за формулою, яку запропонував А. Місенард:

$$EET = 37 - \frac{37 - t}{0.68 - 0.0014 f + \frac{1}{1.76 + 1.4 v^{0.75}}} - 1.29 t \left(1 - \frac{f}{100}\right),$$

де t — температура повітря, °С; v — швидкість вітру на рівні 1,5 м, м/с; f — відносна вологість, %.

Цінність *EET* як біокліматичного показника полягає в тому, що її можна використовувати не тільки при оцінці теплового навантаження на організм людини, але й в умовах холоду. Доведено, що її можна використовувати з достатньою ймовірністю в умовах низьких температур [2]. Результати розрахунків подано в табл. 1 і 2 лише для 16 години за середнім гринвіцьким часом за січень і липень у вигляді повторюваностей *EET* (кількістю випадків і у відсотках). Градації цього показника запропоновані Г. Хентшелом.

З аналізу всіх результатів виконаних розрахунків, і зокрема деяких з них, наведених у табл. 1 і 2, випливає наступне.

У січні (влітку для південної півкулі) найбільш імовірними є значення *EET* -11,9 ÷ 0,0 °С. В сумі їхня ймовірність становить майже 80 %, тепловідчуття людини за таких умов — холодно. Але можливі випадки (з повторюваністю 6-7 %), коли *EET* має додатні значення і знаходиться в межах 0,1-6,0 °С (дуже прохолодно) і навіть прохолодно (*EET* = 6,1-12,0 °С). Проте, в ранкові години вдвічі

частіше, ніж у денні, можуть спостерігатись дуже прохолодні умови. Саме в січні — найменш суворі умові для життєдіяльності людини.

Таблиця 1

Повторюваність *EET*, січень, 16 год.

Градації, °С	1999 р.		2000 р.		2001 р.		2002 р.		2003 р.		Сума	
	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
-17,9 ÷ -12,0	4	13,3	8	25,8	2	6,5	5	16,1	1	3,2	20	13,0
-11,9 ÷ -6,0	16	53,4	16	51,6	9	29,0	12	38,7	10	32,3	63	40,9
-5,9 ÷ 0,0	10	33,3	7	22,6	18	58,1	9	29,0	16	51,6	60	39,0
0,1 ÷ 6,0	-	-	-	-	1	3,2	3	9,7	4	12,9	8	5,2
6,1 ÷12,0	-	-	-	-	1	3,2	2	6,5	-	-	3	1,9

Таблиця 2

Повторюваність *EET*, липень, 16 год.

Градації, °С	1999 р.		2000 р.		2001 р.		2002 р.		2003 р.		Сума	
	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
-29,9 ÷ -24,0	1	3,2	-	-	4	12,9	5	16,1	-	-	10	6,5
-23,9 ÷ -18,0	10	32,3	6	19,4	10	32,3	9	29	8	25,8	43	27,7
-17,9 ÷ -12,0	8	25,8	13	42	13	42,0	6	19,4	19	61,3	59	38,1
-11,9 ÷ -6,0	9	29,0	11	35,5	4	12,9	8	25,8	4	12,9	36	23,2
-5,9 ÷ 0,0	3	9,7	1	3,2	-	-	2	6,5	-	-	6	3,9
0,1 ÷ 6,0	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	1	0,6

У липні (взимку для південної півкулі) найбільш імовірними (повторюваність приблизно 40 %) є еквівалентно-ефективні температури -17,9÷-12 °С, що відповідає дуже холодним умовам. При *EET* = -29,9÷-24,0 °С починається загроза обмороження (повторюваність становить вранці 8,4 %, а вдень — 6,5 %).

Ранкові умови жовтня менш суворі, ніж липня: еквівалентно-ефективні температури -29,9÷-24,0 °С тут спостерігаються частіше. Це зумовлено тим, що не зважаючи на те, що в середньому температура повітря в ці години навесні вища на 1,0 °С, ніж у липні, але швидкість вітру і відносна вологість перевищують відповідні характеристики. Навесні, як і взимку, також існує загроза обмороження.

У квітні, як і у липні, і жовтні, найбільш імовірні (повторюваність 40 %) *EET* -17,9÷-12,0 °С (дуже холодні умови). Але вдвічі частіше цього місяця спостерігаються дуже прохолодні умови. Загрози обмороження нема.

За відомими формулами розраховано статистичні показники (середнє $\bar{x}$, середній квадратичний відхил S_x, асиметрія A, ексцес E) розподілу еквівалентно-ефективної температури о 10 і 16 годинах за середнім гринвіцьким часом для центральних місяців сезонів за 5-річний період на ст. Ак. Вернадський. Результати таких роз-

рахунків надано в табл. 3. З цієї таблиці випливає, що найнижчі значення ЕЕТ спостерігаються у зимовий період (липень) і майже однакові в ранкові і денні години (відповідно -16,4 °С і -16,1 °С). Навесні (жовтень) ЕЕТ збільшуються майже на 2 °С вдень і всього на 0,5 °С — вранці.

Таблиця 3

Статистичні оцінки параметрів розподілу *ЕЕТ*

Місяць	10 годин				16 годин			
	$\bar{x}$	S_x	A	E	$\bar{x}$	S_x	A	E
Січень	-8,0	4,9	0,41	0,05	-6,6	4,9	0,27	0,39
Квітень	-12,3	4,7	0,60	0,90	-12,3	4,9	0,83	1,04
Липень	-16,4	6,5	-0,87	2,82	-16,1	6,6	-0,51	2,10
Жовтень	-15,9	5,8	0,25	0,69	-14,2	6,5	-0,15	0,29

Відхил *ЕЕТ* від середнього значення більший у зимово-весняний сезон (5,8-6,6 °С), а менший — у літньо-осінній (4,7-5,0 °С).

У липні і жовтні переважає лівостороння скошеність кривої розподілу і зміщення моди в бік відносно високих значень *ЕЕТ* (коефіцієнт асиметрії має від'ємний знак, а за величиною перебільшує 0,50 взимку і $\leq$ 0,25 — навесні). Зрозуміло, що характер скосу комплексного показника *ЕЕТ* зумовлений розподілом елементів цього комплексу. Статистичний розподіл зручно зображати графічно. На графіках особливо чітко можна виділити основні закономірності розподілу величини, що досліджується. Для прикладу наведемо розподіл окремих метеорологічних величин, від яких залежить *ЕЕТ*, лише для січня. Розподіл температури повітря (рис. 1а) має правосторонню скошеність. Розподіл вітру (рис. 1б) характеризується правосторонньою асиметрією, розподіл відносної вологості (рис. 1в) має лівосторонню скошеність. Середній квадратичний відхил *ЕЕТ* в цей час найбільший і становить 5,8 °С і більше.

У січні і квітні крива розподілу має правосторонню скошеність, тобто відхиляється в бік низьких значень *ЕЕТ*. Величина коефіцієнта асиметрії коливається в межах від 0,27 до 0,83. Коефіцієнт ексцесу у всі центральні місяці сезонів має додатні значення, тобто крива розподілу *ЕЕТ* витягнута відносно нормального закону розподілу. Найбільших значень він сягає у зимові місяці: вранці E = 2,82, а вдень E = 2,10.

Побудуємо гістограми розподілу *ЕЕТ*, які як відомо, являють собою графічне зображення цієї величини у вигляді площин (рис. 2, 3).

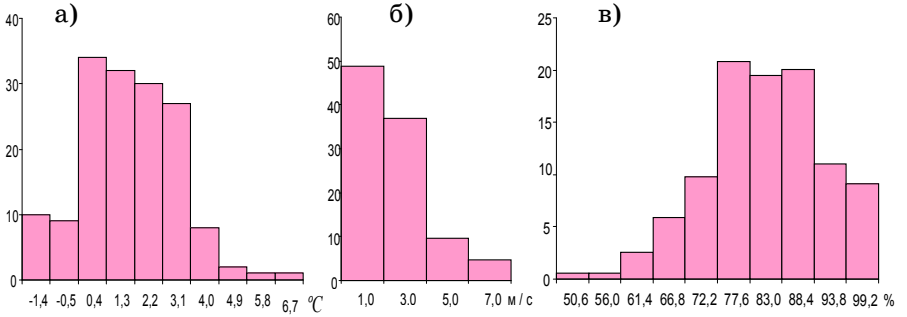


Рис. 1. Гістограми розподілу окремих метеорологічних величин, січень, 16 год.: а) температури повітря; б) швидкості вітру; в) відносної вологості

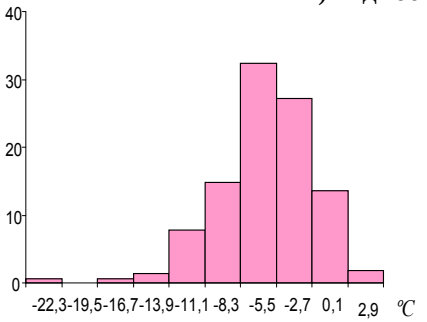


Рис. 2. Гістограма розподілу *EET*, січень, 16 год.

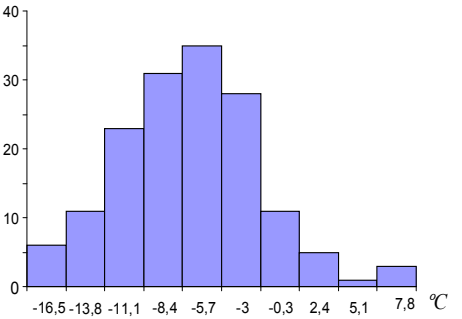


Рис. 3. Гістограма розподілу *EET*, липень, 16 год.

Певну зацікавленість можуть визивати абсолютний максимум і абсолютний мінімум *EET* протягом досліджуваного періоду (табл. 4).

Таблиця 4

Екстремальні значення *EET*

Місяць	10 годин		16 годин	
	макс.	мін.	макс.	мін.
Січень	7,2	-17,4	9,0	-17,8
Квітень	2,6	-24,4	3,3	-22,3
Липень	1,4	-42,2	0,2	-40,7
Жовтень	3,2	-30,5	4,3	-32,7

З наведеної таблиці випливає, що у будь-яку пору року на ст. Ак. Вернадський можливі від'ємні, великі по абсолютній величині, значення *EET* (найбільші, зрозуміло, взимку) і додатні, малі по абсолютній величині (найбільші — влітку).

Далі нами здійснена спроба виявити основні закономірності статистичного розподілу еквівалентно-ефективної температури на основі емпіричних гістограм і їх апроксимації теоретичним законом, зокрема нормальним.

Перевірка нульової гіпотези про відповідність емпіричного розподілу ***EET*** нормальному закону розподілу, тобто дослідження розбіжностей між емпіричними m_i і теоретичними частотами $\widetilde{m}_i$, виконувалась за допомогою відомого критерію χ^2 [3]. Деякі результати розрахунків наведено в табл. 5 і 6.

Таблиця 5

Оцінка відповідності теоретичних і емпіричних частот, січень, 16 год.

Вихідні границі		$\widetilde{x}_i$	m_i	Нові градації		t_i	$f(t_i)$	$\widetilde{m}_i$	$\frac{(m_i-\widetilde{m}_i)^2}{\widetilde{m}_i}$
(x_{i-1})	(x_{i+1})			(t_{i-1})	(t_{i+1})				
-17,8	-15,2	-16,5	6	-2,29	-1,76	-2,03	0,0508	4,3	
-15,1	-12,5	-13,8	11	-1,73	-1,20	-1,47	0,1354	11,5	0,09
-12,4	-9,8	-11,1	23	-1,18	-0,65	-0,92	0,2613	22,2	0,03
-9,7	-7,1	-8,4	31	-0,63	-0,10	-0,37	0,3725	31,6	0,01
-7,0	-4,4	-5,7	35	-0,08	0,45	0,19	0,3918	33,2	0,10
-4,3	-1,7	-3,0	28	0,47	1,00	0,74	0,3034	25,7	0,21
-1,6	1,0	-0,3	11	1,02	1,55	1,29	0,1736	14,7	0,93
1,1	3,7	2,4	5	1,57	2,10	1,840	0,0734	6,2	
3,8	6,4	5,1	1	2,12	2,65	2,39	0,0229	1,9	0,03
6,5	9,1	7,8	3	2,67	3,20	2,94	0,0053	0,4	

$\chi^2 = 1{,}40$

Таблиця 6

Оцінка відповідності теоретичних і емпіричних частот, липень, 16 год.

Вихідні границі		$\widetilde{x}_i$	m_i	Нові градації		t_i	$f(t_i)$	$\widetilde{m}_i$	$\frac{(m_i-\widetilde{m}_i)^2}{\widetilde{m}_i}$
(x_{i-1})	(x_{i+1})			(t_{i-1})	(t_{i+1})				
-40,7	-36,7	-38,7	3	-3,73	-3,12	-3,43	0,0011	0,1	
-36,6	-32,6	-34,6	1	-3,11	-2,50	-2,81	0,0077	0,7	
-32,5	-28,5	-30,5	3	-2,48	-1,88	-2,18	0,0371	3,5	2,01
-28,4	-24,4	-26,4	3	-1,86	-1,26	-1,56	0,1182	11,3	
-24,3	-20,3	-22,3	21	-1,24	-0,64	-0,94	0,2565	24,5	0,50
-20,2	-16,2	-18,2	50	-0,62	-0,02	-0,32	0,3700	35,4	6,02
-16,1	-12,1	-14,1	35	0,00	0,61	0,31	0,3802	36,4	0,05
-12,0	-8,0	-10,0	28	0,62	1,23	0,93	0,2589	24,8	0,41
-7,9	-3,9	-5,9	3	1,24	1,85	1,55	0,1200	11,5	1,89
-3,8	-0,2	-1,8	7	1,86	2,41	2,14	0,0404	3,9	

$\chi^2 = 10{,}88$

Критичне значення $\chi^2_{кр}(\alpha,\nu)$ в залежності від кількості градацій з врахуванням їх об'єднання дорівнювало 11,1 або 9,49.

Результати порівняння розрахованих χ^2 з критичним $\chi^2_{кр}(\alpha,\nu)$ дозволяють зробити висновок про те, що з імовірністю 95 % у всі сезони, окрім зимового, розподіл *EET* підпорядковується нормальному закону розподілу. Підпорядкованість нормальному закону розподілу *EET* означає, що ця величина не має чітко визначених фізичних меж і формується під впливом приблизно рівноцінних по внеску погодоутворюючих процесів. У зимовий період, коли температура повітря знижується, її внесок збільшується і розподіл *EET* відрізняється від нормального.

Література

1. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Прикладна кліматологія: Консп. лекцій. — Дніпропетровськ: Економіка, 2005. — 131 с.
2. Хентшел Г. Крупномасштабная и локальная классификации климата с точки зрения биометеорологии человека // Климат и здоровье человека / Тр. Междунар. симп. ВМО/ВОЗ/ЮНЕП. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988. — Т. 2. — С. 139-159.
3. Школьний Є. П., Лоєва І. Н., Гончарова Л. Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. — Одеса, 1999. — 600 с.

Г. П. Катеруша

БІОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ПОГОДНИХ УМОВ НА СТАНЦІЇ АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ

Тепловий вплив оточуючого середовища і реакції організму людини на ці впливи є одною з фундаментальних умов існування людини на землі. Ступінь теплового впливу на організм людини відбивається на самопочутті і здоров'ї людини, її працеспроможності і продуктивності праці, а також на можливій тривалості виконання різних видів фізичної і розумової праці. Тепловий стан в умовах суворого клімату визначається, перш за все, низькою температурою повітря, швидкістю вітру, які впливають і на охолодження незахищеної частини тіла, і на органи дихання. Слід підкреслити, що організм людини на відкритому повітрі зазнає дії не середніх станів названих метеорологічних величин, а їх реального сполучення, через це клімат в комплексній кліматології розглядається як сукупність реальних погод («погод моменту»).

Метою даної роботи є дослідження впливу на людину погоди як цілісного комплексу і виконання класифікації погод за різними критеріями стосовно особливостей розв'язання деяких прикладних задач.

Для реалізації поставленої мети нами використовувались щогодинні дані по температурі повітря, швидкості вітру та точці роси. Часові ряди формувались для 10 і 16 годин за середнім гринвіцьким часом (за місцевим це 7 (ранішня) і 13 годин (біокліматичний строк) для кожного дня в центральні місяці сезонів за період з 1999 по 2003 рр. на Українській антарктичній станції Ак. Вернадський (Західний сектор Антарктиди). Крім того, використовувались дані кліматичного довідника по Антарктиді.

Складний комплекс фізіологічних реакцій пов'язаний з температурним охолодженням, який утворює дискомфорт. Цей дискомфорт посилюється при збільшенні швидкості вітру. Несприятливим наслідком холодового дискомфорту є простудні захворювання легенів і верхніх дихальних шляхів, розповсюдження епідемій грипу в результаті формування умов для розмноження вірусів у порожнинах організму, в яких переноситься повітря, і їх подальшої масової передачі повітряно-крапельним шляхом.

Температурні оцінки є обов'язковою складовою так званих індексів теплового і холодового дискомфорту (індекс Бодмана, температура шкіри лиця, зведена температура, еквівалентно-ефективна температура) [1]. За допомогою індексу Бодмана, який враховує сукупний вплив на людину температури і швидкості вітру, можна оцінити ступінь суворості або жорсткості погоди в будь-якому районі земної кулі, і на ст. Ак. Вернадський зокрема. У літературі взагалі це питання висвітлено порівняно мало. Відомості про суворість погоди, які містяться в деяких роботах, обмежуються переважно середніми річними оцінками, або стосуються вони розрахунків цієї характеристики для внутрішніх районів Антарктиди і деяких районів антарктичного узбережжя Східної Антарктиди [2].

Отже, індекс Бодмана можна визначити по відомій аналітичній залежності

$$S=(1+0{,}272\ v)(1-0{,}04\,t)\ , \qquad (1)$$

де v — швидкість вітру, м/с; t — температура повітря, °С.

Відомо, що формула Бодмана не відбиває тепловідчуття людини і її не можна використовувати для характеристики умов проведення робіт на відкритому повітрі. При вкрай низьких температурах і малих швидкостях вітру ступінь суворості погоди, оцінена за

формулою (1), є заниженою, а при великих швидкостях вітру, але порівняно високій температурі — завищеною. Проте, враховуючи, що ця формула виведена не на основі суб'єктивних даних, а шляхом об'єктивного експерименту, її все ж можна прийняти для розрахунків в якості першого етапу при вивченні суворості погоди при загальній кліматичній характеристиці.

Розрахунки коефіцієнта суворості (табл. 1) показали, що найбільше середнє місячне значення індексу Бодмана спостерігається взимку (2,9). Навесні $S = 2{,}8$, а восени — 2,5, тобто умови цих сезонів є помірно суворими. Екстремальні S в липні мають значення: максимум — 7,7 бали (украй суворі умови), мінімум — 1,1 (мало суворі). Влітку індекс Бодмана зменшується до 1,8, що характеризує умови цього сезону як мало суворі. Екстремальні S в січні мають значення: максимум — 4,5 бали (дуже суворі), і мінімум — 0,8 (м'яка зима). Слід зазначити, що ступінь суворості погодних умов певного місяця не залежить від часу доби, бо і вранці, і вдень середні місячні значення S є майже однаковими.

Для порівняння в табл. 1 наведено і значення індексу Бодмана, здобуті Колосовою Н. В. для ст. Восток (внутрішній район Антарктиди) та ст. Мирний (Антарктичне узбережжя), а також Зав'яловою І. Н. — для Північного полюсу.

Таблиця 1

Середні місячні значення індексу Бодмана (бали)

Місяць	Ст. Ак. Вернадський	Ст. Восток	Ст. Мирний	Північний полюс
Січень	1,8	5,2	3,3	5,6
Квітень	2,5	9,2	6,8	4,1
Липень	2,9	9,2	7,4	2,1
Жовтень	2,8	8,4	6,0	4,0

Аналіз значень індексу Бодмана у певний момент часу показав, що у всі дні місяців, крім жовтня (10 год.) переважно спостерігаються зимові умови мало суворі. Про це свідчить повторюваність значень S в межах $< 1.0 \div 2.0$, яка становить 81,9 % влітку і поступово зменшується в обидва боки від цього сезону (повторюваність становить трішки менше 60 % і більше 40 % відповідно). У жовтні о 10-й годині переважають умови зимові помірно-суворі. У жовтні в окремі дні можуть спостерігатись умови дуже суворі $S = 4{,}1 \div 5{,}0$, а у липні — ще й жорстко суворі $S = 5{,}1 \div 6{,}0$.

Біометеорологічні дослідження, які проводять в сьогоднішній час, охоплюють велике коло питань з практичних задач проектування одягу, будівництва будівель, гігієнічної оцінки клімату і проблеми акліматизації людини. Нами виконано оцінку теплозахисних властивостей одягу в умовах Антарктичного півострова по середніх місячних значеннях згаданих величин за різних характеристик теплопродукції (у стані спокою, легкої роботи та роботи середньої важкості), результати якої надано в табл. 2.

Таблиця 2

Теплоізоляційні властивості одягу (КЛО)

Місяць	Стан спокою	Робота легка	Робота середньої важкості
Січень	3,8	2,5	1,4
Квітень	4,6	3,1	1,8
Липень	5,4	3,6	2,1
Жовтень	4,5	3,0	1,8

Зрозуміло, що для забезпечення теплового комфорту найтепліший одяг людині потрібний у зимові місяці (липень). В цей період у стані спокою дуже доречним буде утеплений арктичний одяг. У перехідні сезони (квітень і жовтень) людина може почувати себе комфортно у арктичному одязі, а влітку (січень) — у теплому зимовому пальті (шубі). Коли людина виконує роботу легку, то їй достатньо вдягти зимове пальто (3,0 і 3,1 КЛО) або тепле зимове тепло (3,6 КЛО), а влітку — достатньо демісезонного пальта. Виконання роботи середньої важкості потребує ще більш легкого одягу: влітку літнього пальта, а в решту місяців — демісезонного пальта).

Розрахунки радіаційного балансу тіла людини R_0 можна виконати за спрощеною методикою, розробленою К. Ш. Хайруллиним в [3]

$$R_0 = \left[S_в + \frac{1}{2} q + \frac{1}{2} (S' + q) \right] (1 - \alpha) \quad , \tag{2}$$

де S' і q — пряма і розсіяна радіація на горизонтальну поверхню.

Через те, що більшість кліматичних даних по радіації надається для горизонтальної поверхні, то в [3] була побудована таблиця перерахунку прямої радіації на вертикальну поверхню за формулою

$$n = \frac{\cos A}{tg\, h_\Theta} = \frac{S'}{S_в} \quad , \tag{3}$$

де n — відношення прямої сонячної радіації, яка надходить на вертикальну поверхню, до горизонтальної; A — кут між вертикалом Сонця і нормаллю поверхні; $h_{\odot}$ — висота Сонця.

Нами виконано розрахунки радіаційного балансу тіла людини за спрощеною формулою (2) з врахуванням (3). Відомості про часові суми потоків сонячної радіації на ст. Ак. Вернадський у [4], нажаль, відсутні. Через це використовувались дані по ст. Белінсгаузен (62°12' півд.ш., 58°54' зах.д., висота над рівнем моря 16 м). Наведемо для порівняння час сходу і заходу Сонця, а також висоту Сонця в полудень на 15-е число кожного з центральних місяців сезонів для обох станцій (табл. 3 і 4).

Таблиця 3

Час сходу і заходу Сонця

Місяць	Ст. Ак.Вернадський		Ст. Белінсгаузен	
	схід (год. хв.)	захід (год. хв.)	схід (год. хв.)	захід (год. хв.)
Січень	02. 02	22. 16	02. 49	21. 29
Квітень	07. 19	16. 41	07. 08	16. 52
Липень	09. 47	14. 25	09. 10	15. 02
Жовтень	04. 23	19. 09	04. 33	18. 59

Таблиця 4

Висота Сонця у полудень (°)

Місяць	Ст. Ак. Вернадський	Ст. Белінсгаузен
Січень	46,0	49,0
Квітень	15,1	18,1
Липень	3,2	6,2
Жовтень	33,2	36,2

В табл. 5 подано відомості про складові радіаційного балансу тіла людини також із [4]

Таблиця 5

Значення складових радіаційного балансу тіла людини, 12 год.

Місяць	S', $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$S_в$, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	q, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Q, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	R_0, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
Січень	90,7	153,6	349,0	439,7	328,1
Квітень	34,9	14,0	118,7	153,6	90,7
Липень	0,0	0,0	48,9	48,9	27,9
Жовтень	125,6	125,6	335,0	460,6	314,1

З наведеної табл. 5 випливає, що всі складові радіаційного балансу о 12-й годині за місцевим часом мають чітко виражений

річний хід. Протягом року розсіяна радіація має більшу інтенсивність, ніж пряма радіація на горизонтальну поверхню. І це зрозуміло, бо весь цей час спостерігається велика кількість хмар (від 7,2 балів у липні до 8,6 у жовтні і листопаді на ст. Ак. Вернадський та від 8,5 балів у липні до 9,3 у грудні і лютому на ст. Белінсгаузен), а також висока вологість повітря. Крім того, підстильна поверхня протягом року вкрита сніговим покривом. Найбільших значень пряма радіація на вертикальну поверхню $S_в$ і розсіяна радіація q сягають саме в січні, коли найбільша висота Сонця. Значення прямої радіації S' у жовтні перебільшує відповідну характеристику у січні, тому що влітку південної півкулі на ст. Белінсгаузен кількість хмар більша і вологість повітря вища. В табл. 5 подано також результати розрахунку радіаційного балансу тіла людини (за формулою 2). Річний хід R_0 чітко виражений: максимум — в січні (літо), а мінімум — у липні (зима).

За низьких температур лице і кінцівки людини найчастіше обмежують його перебування на відкритому повітрі. Всі дослідники в цій області одностайні в тому, що температура поверхні шкіри людини є основним показником його теплового стану. Адаменко В. М. та Хайруллин К. Ш. [5] запропонували свою емпіричну формулу для визначення шкіри лиця $\theta_л$ в залежності від температури повітря і швидкості вітру температуру

$$\theta_л = 0{,}4t - 3{,}3\sqrt{v} + 17 \qquad (4)$$

Температури шкіри лиця дозволяють більш точно визначити комплексний вплив метеорологічних чинників і оцінити ступінь цього впливу. Для всіх центральних місяців сезонів нами визначено температури шкіри лиця $\theta_л$. Узагальнені результати розрахунків наведено в табл. 6 лише для зими.

Аналіз результатів розрахунків показує, що температури шкіри лиця 6,1-10,0 °С, за якої спостерігається порушення кровообігу у тканинах зовнішніх ділянок тіла може спостерігатись у всі пори року. Так у січні її повторюваність, коливається в межах 0-20 % (в середньому дорівнює біля 10 %); у квітні — 17-50 % (в середньому біля 35 %); у липні — 36-71 % (в середньому більше 50 %); у жовтні — 26-85 % (в середньому 57 % о 10-й годині і 44 % — о 16-й годині). У липні і квітні можливі умови, коли відбувається повне припинення кровообігу (з відповідною ймовірністю 6,5 і

0,7 %). Крім того, лише у липні можливі умови гіпотермії (1,9 % припадає на її початкову стадію і 0,6 % — на другу стадію).

Таблиця 6

Повторюваність температури шкіри лиця, липень

Градації, °С	1999		2000		2001		2002		2003		Сума	
	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
10 годин												
≤ 1,0	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	1	0,6
1,1 – 4,0	-	-	-	-	-	-	3	9,7	-	-	3	1,9
4,1 – 6,0	2	6,5	-	-	5	16,1	3	9,7	-	-	10	6,5
6,1 – 10,0	17	54,8	16	51,6	21	67,8	11	35,5	14	45,2	79	51,0
≥ 10,1	12	38,7	15	48,4	5	16,1	13	41,9	17	54,8	62	40,0
16 годин												
1,1 – 4,0	-	-	-	-	1	3,2	4	12,9	-	-	5	3,2
4,1 – 6,0	3	9,7	-	-	1	3,2	3	9,7	1	3,2	8	5,2
6,1 – 10,0	17	54,8	14	45,2	20	64,6	11	35,5	22	71,0	84	54,2
≥ 10,1	11	35,5	17	54,8	9	29,0	13	41,9	8	25,8	58	37,4

Крім того, існує ще зведена температура $\theta_{зв}$, коли будь-які сполучення температури і швидкості вітру виражені у вигляді еквівалента при штилі. Така температура є показником тепловіддачі в умовах штилю і може бути визначена за формулою

$$\theta_{зв} = t - 8{,}2\sqrt{v} \quad . \quad (5)$$

У табл. 7 наведено повторюваність зведених температур лише для зими.

Таблиця 7

Повторюваність зведених температур, липень

Градації, °С	1999		2000		2001		2002		2003		Сума	
	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%	к.в.	%
10 годин												
-42,0 ÷ -38,1	-	-	-	-	-	-	3	9,7	-	-	3	1,9
-38,0 ÷ -28,1	1	3,2	-	-	5	16,1	3	9,7	-	-	9	5,8
-28,0 ÷ -17,1	21	67,8	17	54,8	22	71,0	13	41,9	19	61,3	92	59,4
> -17,0	9	29,0	14	45,2	4	12,9	12	38,7	12	38,7	51	32,9
16 годин												
-42,0 ÷ -38,1	-	-	-	-	-	-	2	6,5	-	-	2	1,3
-38,0 ÷ -28,1	1	3,2	-	-	2	6,5	5	16,1	1	3,2	9	5,8
-28,0 ÷ -17,1	19	61,3	14	45,2	20	64,5	11	35,5	22	71,0	86	55,5
> -17,0	11	35,5	17	54,8	9	29,0	13	41,9	8	25,8	58	37,4

Аналіз результатів розрахунків показує, що взимку (липень) протягом дня переважає часткове обмеження перебування на відкритому повітрі лише ослаблених людей з розладами серцево-судинної системи ($\theta_{зв}$ = -28,0 ÷ -17,1 °С). Але можливі з повторюваністю майже 6 % умови слабкого дискомфорту, за яких при перебуванні на відкритому повітрі в русі або на роботі необхідний 10-15-хвилинний обігрів у теплому приміщенні через кожні 40-50 хвилин. Крім того, тут можуть спостерігатись і умови жорсткого дискомфорту (повторюваність їх до 2 %), за яких можливе обмороження обличчя навіть з короткочасною появою на вулиці. За таких умов рекомендується скоротити робочий час на 30 % від звичайного. І більше 30 % припадає на умови, коли відсутні будь-які обмеження для перебування людей на відкритому повітрі.

У жовтні вранці переважають умови часткового обмеження перебування на відкритому повітрі лише ослаблених людей з розладами серцево-судинної системи, а вдень їхня повторюваність майже зрівнюється з повторюваністю умов без обмеження перебування на відкритому повітрі. Рідко, з повторюваністю до 4 %, можливі умови слабкого дискомфорту, за яких при перебуванні на відкритому повітрі в русі або на роботі необхідний 10-15-хвилинний обігрів у теплому приміщенні через кожні 40-50 хвилин.

У січні і квітні суттєво переважають умови відсутності обмежень перебування людини на відкритому повітрі (повторюваність їх становить відповідно 90 і 60 %).

При розрахунку зведеної температури крім швидкості вітру може бути врахована і сонячна радіація, яка пом'якшує ступінь дискомфорту:

$$\theta_{зв} = t - 8{,}2\sqrt{v} + \frac{2{,}5\ R_0}{K} \quad , \qquad (6)$$

де R_0 — радіаційний баланс поверхні тіла людини;

$$K = 0{,}04 + 0{,}01\sqrt[3]{e^v} \quad .$$

Радіаційна добавка суттєво впливає не тільки на тепловий баланс людини в цілому, але також і на температуру шкіри. Слід зазначити, що відчутний результат радіаційна добавка дає лише тоді, коли висота Сонця опівдні становить 15° і більше. Виходячи

з цього, нами виконано наближенні розрахунки зведеної температури з врахуванням сонячної радіації, яка пом'якшує дискомфорт, о 16 годині для літнього і перехідних сезонів.

Аналіз цих розрахунків показує, що врахування радіаційної добавки призводить до суттєвого зменшення кількості значень зведених температур, нижчих -17 °С. Таким чином, повторюваність значень зведеної температури, більших за -17 °С, коли перебування людини на відкритому повітрі необмежене, у січні становить 100 %, жовтні — 87 %, квітні — 77 %, тобто їх кількість зростає прямо пропорційно висоті Сонця.

Література

1. Исаев А. А. Экологическая климатология. — М.: Научный мир, 2001. — 456 с.
2. Колосова Н. В. Суровость погоды в Антарктиде // Сб. докл. на Всесоюз. симп. по исслед. климата Антарктиды / Под ред. И. М. Долгина. — Л.: Гидрометеоиздат, 1980. — С. 66-71.
3. Хайруллин К. Ш. Методика оценки зимних погодных условий, дискомфортных для человека // Тр. ГГО. — 1973. — Вып. 303. — С. 104-114.
4. Справочник по климату Антарктиды. В 2 т. — Л., Гидрометеоиздат 1976. — Т. 1. — 211 с.
5. Адаменко В. Н., Хайруллин К. Ш. Проблемы биоклиматической оценки суровости погоды и мелиорация микроклимата настройки // Тр. ГГО. — 1973. — Вып. 306. — С. 3-9.

Г. А. Ерофеев

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ШАБОЛАТСКОГО (БУДАКСКОГО) ЛИМАНА

Географические характеристики. Шаболатский (Будакский) лиман — лиман-озеро, который расположен на побережье Черного моря западнее Днестровского лимана. Находится в 18 км от г. Белгород-Днестровского и в 86 км от г. Одессы. Лиман отделен от моря узкой пересыпью. На берегу лимана расположен крупный бальнеоклиматический курорт пгт Сергеевка, а также ряд сел (Чабанское, Косовка, Приморское, Курортное и Беленькое на берегах Аккембетского залива) (рис. 1). Связь лимана с морем осуществляется инфильтрацией через песчаную косу, а также через искусственный канал «Будаки» (на юго-западе), иногда через промоины в пересыпи. Лиман связан с низовьем Днестровского лимана каналами «Бугаз-1» и «Бугаз-2» (на северо-востоке).

Рис. 1. Карта-схема расположения Шаболатского (Будакского) лимана

Лиман вытянут вдоль побережья моря, и имеет длину (по осевой линии) — 17 км, ширину — 1,5 км, общую площадь — 3200 га. Длина песчаной пересыпи, отделяющей лиман от моря — около 18 км, ее ширина — 80-200 метров. Лиман мелководен, максимальная глубина — 2,2 м, средняя — 1,05 м, но вследствие добычи лечебно-профилактической грязи имеются ямы около 5 м глуби-

ной. Берег Шаболатского лимана со стороны материка обрывистый, средняя высота его 8-12 м, в районе Сергеевки — до 18-35 м.

Пограничная зона между Шаболатским и Днестровским лиманами имеет ряд топких плавней площадью около 10 км^2. Многие виды птиц (чайки, бакланы, утки и др.) вьют в зарослях гнезда и выводят потомство, а осенью там собираются стаи перелетных диких уток, гусей и лебедей. Согласно литературным источникам и фотодокументам до 90-х годов XX столетия лиман представлял собой соленый водоем с удивительно прозрачной водой [1].

Используемые материалы. Часть материалов была получена автором путем отбора проб на соленость и измерения температуры с берегов в центральной части лимана на трех точках (рис. 1) с декабря 2006 г. по июнь 2007 г. с дискретностью 1-2 недели. Измерения температуры производились термометром ТГ, отбор проб — батометром БМ-48, определение солености — электросолемером ГМ-65м. Также использовались материалы метеорологических наблюдений (направление и скорость ветра) на МС Белгород-Днестровский (порт). Использованы результаты анализа гидрохимических и гидробиологических наблюдений, проведенные Одесским филиалом института биологии южных морей АН Украины [2].

Анализ метеорологических и гидролого-гидрохимических особенностей

Климат района Шаболатского лимана можно охарактеризовать как умеренно-континентальный. Сухой континентальный воздух сталкивается с приморской бризовой зоной повышенной влажности (60-70 % в летний период и 60-90 % — в переходный). Среднегодовая температура воздуха имеет значение +10 °С. Наиболее жарким месяцем года является июль, среднемесячная температура воздуха которого 23 °С. Продолжительность лета в среднем 175 дней. Зимы имеют мягкий характер. Продолжительность морозных дней не более 60-90 дней (в основном январь-февраль, иногда с середины декабря до середины марта). Средняя температура воздуха в зимний период +2 °С [1].

Температура вод в лимане в летнее время достигает 26-28 °С (при отсутствии ветра в жаркое лето до 33 °С) при температуре морской воды 17-23 °С. Вертикальная структура вод лимана однородна, а из-за малой глубины и при продолжительном ветре вода перемешивается до дна, иногда с поднятием донных илов. При этом вода лимана приобретает серо-черный цвет, а ее прозрачность при-

ближается к 0 м. В зимнее время при продолжительных морозах (около 15 дней с температурой ниже -5 °С образуется лед, толщина которого достигает 5 см). То есть, не смотря на то, что воды лимана минерализованы и имеют соленость, иногда превышающую соленость морской воды, они быстро охлаждаются до дна за счет конвективного перемешивания. В холодные зимы толщина льда может превышать 50 см.

За счет выхода подземных источников, водообмена через соединительные ерики с Днестровским лиманом северо-восточная часть водоема опреснена (соленость 2-8 ‰), юго-западная и центральная части лимана — более соленые (соленость 12-22 ‰). Более высокий градиент солености характерен для района Аккембетского залива. Похожую картину можно наблюдать в юго-западной части лимана. Здесь находятся подземные источники и рыбохозяйственные пруды (с. Вольное), из которых также инфильтруется пресная вода в лиман.

Проведенные автором исследования показывают, что в центральной части лимана соленость повышается от материкового берега к пересыпи. При этом, в зависимости от гидрометеорологической ситуации изменения солености на поперечном разрезе через лиман могут иметь значения от 0,1 до 1,0 ‰. Это связано с инфильтрацией морской воды через песчаную косу.

Совместный анализ режимов изменчивости ветра и значений солености показывает, что при ветре с направлением В-ССВ к морскому берегу Будакской пересыпи подходят трансформированные Днестровские воды. При этом соленость морской воды составляет 4-10 ‰, тогда как соленость Будакского лимана у берега косы и материкового берега не понижается ниже 12,5-12,1 ‰ соответственно. При сгонных ветрах СЗ, С, З румбов, когда развивается апвеллинг и соленость морской воды возле мористого берега косы составляет 16-18 ‰, в лимане наблюдается определенное увеличение солености у берега пересыпи до 14 ‰. Содержание кислорода в водах лимана колеблется возле значения 4 мг/л, кроме случаев экологических бедствий.

Рекреационные свойства. Главными рекреационными ресурсами лимана являются лечебная иловая грязь и лиманная рапа, которые относятся к слабосульфидным, средне минерализованным, хлоридным магниево-натриевым субстанциям. Запасы лечебных илов оцениваются в 4,2 млн. м^3. Мощность слоя грязей колеблется от 0,15 до 1,0 м, они имеют черный или темно-серый цвет, являются

однородной тонкодисперсной массой с высокой пластичностью и липкостью, имеют запах сероводорода и аммиака. Удельная плотность составляет 1,3-1,6 г/см^3. Илы являются щелочными с показаниями *Ph* 8,2. Наибольшая мощность грязевого слоя наблюдается вблизи пгт Сергеевка в Аккембетском заливе. В лечебных и оздоровительных целях грязь используется в комплексе с лиманной рапой, которая в разных частях лимана имеет несколько отличающийся состав ингредиентов. В основном это $NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$, соединения йода и брома, а также микроэлементы — железо, кремний, алюминий, бор и др. Иловая грязь и рапа лимана представляют собой постоянно сообщающиеся и взаимодействующие субстанции, которые совместно создают свойства курорта — лечебный эффект за счет воздействия тепловых и химических факторов на организм человека [3]. Так как курорт Сергеевка назван бальнеоклиматическим центром северо-восточного Причерноморья, то воздух в комплексе с радиационным воздействием также является рекреационным ресурсом. Отдаленность какого-либо производства от территории курорта, чередование сухих степных воздушных потоков и влажной бризовой циркуляции, насыщенной морскими солями совместно с бальнеологическими и грязевыми факторами создают незаменимый целебный воздушный комплекс.

Экологическое состояние. Еще в 60-е годы XX столетия минерализация воды в западной части озера составляла 32 ‰. В настоящее время она понизилась до 22 ‰ в западной части лимана, а в восточной — до 8 ‰. Гидрохимический режим водоема определялся влиянием водных масс, поступавших через рыбозапускные каналы (соленых — из моря, пресных — из Днестровского лимана). С 1991 г. каналы функционировали не регулярно. В последние десятилетия были разработаны подземные источники в Аккембетском заливе (с. Беленькое), которые увеличили поступление пресных вод в водоем. Перечисленные выше факторы привели к нарушению гидрохимического режима лимана и ухудшению экологического состояния.

В связи с политическими преобразованиями и отсутствием какого-либо контроля со стороны госучреждений в июне 1992 г. произошло бедствие, сильно повлиявшее на экосистему озера. Одесским филиалом института биологии южных морей АН Украины было засвидетельствовано катастрофическое ухудшение показателей экологического состояния вод [2]. Результаты анализов вод запад-

нее Сергеевского моста показали превышение в 10-50 раз допустимого содержания трехвалентного хрома, наличие фосфорной кислоты (5-310 мг/л) и более чем 30-кратное превышение допустимого содержания детергентов. Это способствовало резкому понижению содержания кислорода (за час с 3,8 до 0,2 мг/л). Концентрация кислорода в воде не превышали 0-0,2 мг/л в течении 30 суток. Погибло 90 % ихтиофауны, в южной части исчез зоопланктон, содержание которого на протяжении 4-х лет оставалось очень низким [2]. Дефицит кислорода вызвал тотальную гибель мидийных, а наличие в больших количествах детергентов привело к отмиранию зоо- и фитобентоса. Предположительно, экологическое бедствие было вызвано сбросом в воды лимана высокотоксичных отходов, возникших при промывке грязевых танков лечебных учреждений, находящихся на побережье.

Только к 1997 году экосистема лимана в определенной мере стабилизировалась. Однако экологическая катастрофа несомненно сказалась на видовом, качественном и количественном составе биологических объектов Шаболатского лимана. Началось бурное развитие водорослей (макрофитов), которые летом гибнут в массовом количестве. Гниение водорослей продолжается на протяжении всего года и сопровождается специфическим запахом (наблюдение автора).

Увеличение количества водного транспорта (катера, моторные лодки, баркасы) привело к загрязнению лимана нефтепродуктами. Гидротехнические работы (строительство, углубление причалов) вызвало обмеление отдельных участков лимана. Отсутствие со стороны районной администрации контроля дает возможность частным предпринимателям засыпать грунтом огромные участки лимана и «птичьих островов» для застройки со стороны курорта Затока.

Расположение множества сел на берегу лимана также играет негативную роль в экологическом состоянии Шаболатского лимана. Естественное смывание дождевой водой удобрений с полей, загрязнение бытовым мусором побережья, сток продуктов жизнедеятельности с территории ферм — источник антропогенного загрязнения местного происхождения.

Историческая справка. Шаболатский лиман относится к лимано-лагунам междуречья Дунай-Днестр. По сравнению с другими лиманами междуречья, он образовался несколько ранее и на картах конца XVIII и начала XIX столетия представлял юго-западное ответвление Днестровского лимана. В этот период, когда побережье

лимана еще не было заселено, главной деятельностью на акватории лимана был рыбный промысел. Первое примитивное хозяйство в северо-западном Причерноморье существовало на Будакском лимане еще со времен турецкого владычества. После подписания Аккерманской конвенции в 1826 г. район Дунайско-Днестровского междуречья (Бессарабия) перешел во владение России. С этого времени в литературе появляются первые сведения об эксплуатации Будакского лимана. Во время османского владычества существовало три канала (ерика), соединявшие Будакское озеро с Днестровским лиманом. Весной мальки кефали по каналам заходили в лиман на нагул, а промысел велся с начала сентября до первых чисел ноября. Выходящую в море кефаль ловили тырами — тростниковыми перегородками с воротами посредине. В канале устанавливали три ряда таких перегородок, последняя из них заканчивалась ловушкой, из которой и вычерпывали сачком набившуюся туда кефаль.

В первые годы после присоединения Бессарабии к России было прокопано до 200 ериков в 1,5-2 сажени шириной, сажень глубиной и от 0,5 до 1 версты длиной. Прорытые как кому вздумается, они часто соединялись по два-три в одно общее устье. Ерики принадлежали ериковладельцам, которые сдавали их в аренду рыбопромышленникам за часть улова. Ериковладельцы вкладывали большие средства в промысел, расчистку и оборудование ериков, а доход получали мизерный, так как значительная часть кефали в канал не попадала, ее вылавливали в лимане «дрибницами» — густыми сетками, без мотни, длиной до 40 саженей и в сажень шириной. Рыбаки связывали по 5-6 таких сетей и преграждали путь кефали в ерики. Ериковладельцы подали жалобу генерал-губернатору графу Воронцову, который в 1834 г. посылает штабс-капитана И. П. Семякина с целью ознакомиться с промыслами и представить отчет. На основании этого отчета был издан Указ бессарабской военной палаты № 6810 от 10.08.1834 г., который гласил «Единожды и навсегда запретить частным лицам и даже откупщикам в течение лета и осени ловить в Шаболатском озере неводами, сетями и другими средствами помянутых рыб».

Местные рыбаки жаловались, что после 1837 г. объемы добычи кефали постоянно снижались. К. Кесслер, посетивший Будакский лиман в этот период, высказал мнение о том, что причину следует искать в слишком беспощадном истреблении кефали, численность которой, несмотря на высокую плодовитость, в западной

части Черного моря снижается. Для увеличения запасов кефали он предложил во время осеннего промысла часть ериков оставлять открытыми для беспрепятственного выхода рыб в море и пополнения естественной популяции. Запрет лова в озере и пополнение естественной популяции за счет чулары (двухлетки кефали), выпущенной в море способствовали стабилизации запасов и росту объемов добычи кефали.

В 1858 г. на Будакском лимане действовало свыше 100 ериков, почти столько же было заброшено. С 1859 по 1865 гг. ежегодно вылавливали от 500 до 700 тыс. шт. чулары. При средней навеске 120-160 г ежегодный улов составлял от 60 до 105 т. В 1868 г. после обнародования постановления министра государственных имуществ «О свободном рыболовстве на берегу Черного моря до границы и Днестровского лимана», местные жители стали ловить рыбу в любое время и вылавливали преждевременно мелкую кефаль тысячами на пуд, продавая ее за бесценок. Промыслы пришли в упадок. На славящемся крупной ценной рыбой и раками Аккерманском рынке количество ее стало уменьшаться, а цены баснословно расти. В 1873 г. после жалобы рыбопромышленников приставом посада Шабо было получено Предписание бессарабского губернатора № 1843 от 07.07.1873 г., запрещающее промысел кефали в лимане с 1 апреля по 25 сентября и вновь предписывающее лов только на каналах. В 1903 г. на Шаболатском лимане существовало уже 230 ериков, из них около 160 действующих. При хороших уловах открывали и остальные каналы. В среднем в каждом ерике за этот сезон ловили около 60 тыс. шт. чулара, а общий улов в этом году составил около 10 млн. шт. кефали. Это максимальный зарегистрированный улов кефали в Будакском лимане. Даже при средней навеске 100 г он должен был составить никак не менее 1 тыс. т, а по имеющимся сведениям, средний вес чулары в этот период был не ниже 130-140 г. В этом случае рекордный улов 1903 г. может быть оценен в 1,3-1,4 тыс. т, а реальная рыбопродуктивность лимана площадью 3 тыс. га — в 330-470 кг/га. Необходимо отметить, что в этот период часть ериков, обычно заброшенных, оставалась свободной, и значительное количество кефали мигрировало из лимана в море. С наступлением холодов, обычно во второй половине ноября, владельцы ериков убирали из каналов ловушки, и оставшаяся в лимане кефаль также могла беспрепятственно выйти в море. В период с 1909 по 1917 гг. в северной части лимана одновременно действовало от 120 до 150 ериков. По свидетельству И. С. Сомлева, в

1914-1917 гг. на 120-130 каналах ежегодно вылавливали в среднем 250 т кефали (более 80 кг/га). Кефаль была крупной, средний вес ее достигал 160-170 г. После теплых зим в уловах было много лобана, после холодных — сингиля. Кроме кефалей в большом количествах ловили бычков, глоссу, атерину. В меньших — барабульку, ставриду, сельдь, плотву, карпа. Встречались в уловах угорь, осетровые, черноморский лосось.

О высокой естественной продуктивности водоема свидетельствует следующий факт. В районе нынешней железнодорожной станции Бугаз было небольшое озеро (около 15 га), отшнуровавшееся от остальной части лимана. В него весной по ерику запускали мальков кефали, а осенью ежегодно вылавливали по 2-4 т товарной рыбы (130-270 кг/га). В феврале 1917 г. при строительстве железной дороги все ерики засыпали, и лишь через один из них был построен мост. Канал продолжал функционировать и в лиман зашло много молоди. Осенью этого года выловили 25 т кефали, часть сетями в лимане, но основная масса рыбы ушла в море, через образовавшиеся в морской косе прорвы. В последующие годы из-за сокращения водообмена гидролого-гидрохимический режим лимана резко ухудшился. Исчез тростник и часть мягкой водной растительности, значительно сократилась численность бычков и других рыб, сильно упали уловы кефали.

В период румынской оккупации (1918-1940 гг.) вылов кефали в Шаболатском лимане строго контролировался властями. Рыбопродуктивность колебалась в пределах — от 0,5 до 139 кг/га, составляя в среднем 30 кг/га. Во время немецко-фашистской оккупации все каналы и другие сооружения были полностью разрушены, что привело к ухудшению состояния водоема и катастрофическому снижению уловов кефали и других видов рыб.

Новый этап в развитии кефалеводста в северо-западном Причерноморье начался после войны. В 1965 г. на базе разрозненных кефалевых хозяйств на Шаболатском и Тузловских лиманах было создано Производственно-экспериментальное хозяйство ЧПОРП «Антарктика», которое в 1970 г. было переименовано в Экспериментальный кефалевый завод (ЭКЗ). В течение многих лет принципы ведения кефалевого хозяйства оставались неизменными, хотя уже в 1948 г. были продолжены опыты по зимовке молоди кефали, начатые еще в 30-е годы учителем с. Беленькое И. С. Сомлевым. На месте родников Аккембетского залива им был построен небольшой, примитивный зимовал. Идея проводившихся работ со-

стояла в сохранении в зимний период сеголеток остроноса (*M. saliens Risso*) и лобана, ранее промыслом практически не использовавшихся, и последующем зарыблении перезимовавшими годовиками водоемов. Таким образом, предполагалось, перевести кефалево-вырастные хозяйства с однолетнего на двухлетний оборот.

В шестидесятые годы кефалевые хозяйства, в том числе и ЭКЗ, начали ощущать значительные трудности с зарыбком кефали. Депрессивное состояние популяции черноморских кефалей привело к дефициту рыбопосадочного материала и как следствие — снижению объемов выращивания чулары в лиманах. Поэтому, по предложению АзЧерНИРО и Кишиневского университета, товарное выращивание кефалей в Шаболатском лимане было переведено на двухлетний оборот, что должно было повысить объемы зарыбления за счет использования молоди лобана и остроноса. В 1964-1968 гг. в Аккембетском заливе был построен накопительный бассейн площадью 1,2 га и шесть зимовалов общей площадью 12,5 тыс. $м^2$, рассчитанные на загрузку 5 млн. сеголеток остроноса и лобана. Предполагалось ежегодно осуществлять активный отлов сеголеток кефали в прибрежной зоне моря, заливах и лиманах и доставлять их на ЭКЗ для зимовки. Впервые в 1969 г. в порту Скадовск, было выловлено и доставлено в зимовалы кефалевого завода 150 тыс. мальков. Однако перевозка таких мизерных объемов зарыбка не могла дать ощутимых результатов. Численность молоди кефали в черноморском бассейне постоянно сокращалось. Поэтому в 1972-1976 гг. был осуществлен сбор и перевозка в зимовалы ЭКЗ четырех партий сеголеток остроноса с Каспия. В декабре-январе в Красноводском заливе было отловлено 6,3 млн. сеголеток остроноса. Доставить на кефалевый завод удалось только 2,5 млн. молоди. Отход в период зимовки в зимовалах ЭКЗ составил около 10 %. Перезимовавших годовиков выпустили на нагул в Шаболатский лиман. Масса товарной двухлетки достигала 109-215 г, а промысловый возврат колебался от 1,6 до 19,7 % (2,9-16,8 т). Затраты на вылов и перевозку мальков стоимостью выращенной рыбы не окупились. Исключением был 1975 г., когда окупаемость составила 162 %. Из-за нерентабельности и отсутствия значительных скоплений молоди в Красноводском заливе перевозки мальков с Каспия были прекращены. Уловы кефали в Шаболатском лимане продолжали падать. Если в 1930-1949 гг. общий улов в среднем составлял 951,4 т, а средняя рыбопродуктивность по кефали 34 кг/га, то в 1974-1983 гг. — 179,2 т и 7,2 кг/га соответственно (рис. 2). Из-за

сокращения численности кефалей в Черном море и отсутствия средств в 1993 г. ЧПОРП «Антарктика» отказывается от ЭКЗ и с этого момента кефалеводство в Шаболатском лимане прекращается [4].

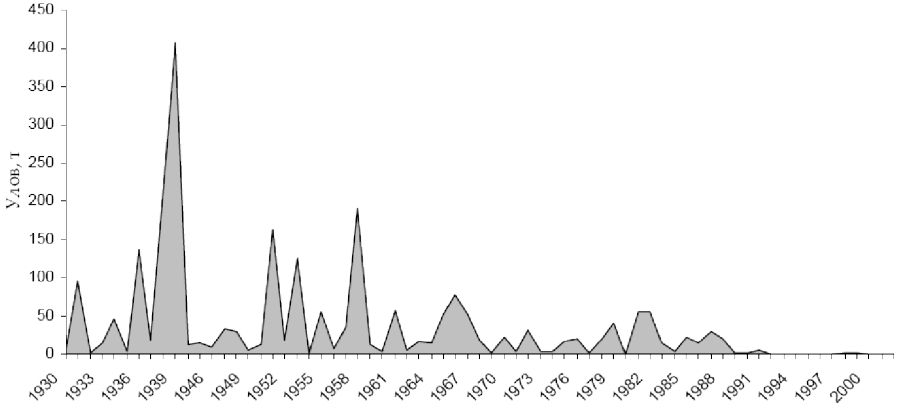


Рис. 2 Динамика уловов кефали в Шаболатском (Будакском) лимане за 1930-2001 гг., т

Выводы. Приведенные исторические факты убедительно показывают, что Шаболатский лиман благодаря ценным видам и значительным запасам рыбы, а также уникальным иловым грязям и рапе был известен далеко за пределами Бессарабии. Бесхозяйственность и отсутствие надлежащего контроля со стороны местных, районных и областных государственных структур привели к столь значительному уменьшению рыбохозяйственного и рекреационного потенциала Шаболатского лимана, что в ближайшем будущем он может быть утерян безвозвратно. Необходимо незамедлительно принимать меры для изменения направления тенденции деградации лимана: сохранить лечебно-профилактический рекреационный центр Сергеевка, организовать и провести экологический мониторинг вод, оценить современное состояние биологических и гидрологических факторов, влияющих на восстановление рыбопромыслового комплекса.

В связи с этим предполагается заключить договора о комплексном исследовании состояния экосистемы Шаболатского лимана между заинтересованными организациями: Поссоветом пгт Сергеевка, Сельсоветом Шабо, районной Администрацией Белгород-Днестровского района, с одной стороны, и УкрНЦЭМ, с другой, в рамках которых и будут осуществляться мониторинг и моделирование различных процессов в лимане.

Следует отметить, что сложная термогалинная пространственно-временная структура вод лимана предполагает соответствующую количественную и видовую изменчивость биологических объектов лимана, таким образом, в продолжение проведенных автором исследований необходимо систематизировать гидрологические и гидробиологические наблюдения, которые позволят:

- разработать методику и оценить объемы инфильтрации через песчаную пересыпь;
- оптимизировать системы регулирующих каналов лиман-море, лиман-лиман, что даст возможность научно обоснованно обновлять воды; минимизировать возможность возникновения гипоксии и, следовательно, угнетения и гибели биологических объектов лимана, в частности рыбы.

Гидрохимический и токсикологический анализ рапы и илистой грязи предоставит информацию о состоянии рекреационных ресурсов на настоящее время и определит возможность их дальнейшего использования. На базе полученных результатов комплексного мониторинга прежде всего будут разработаны рекомендации по восстановлению рыбных запасов Шаболатского лимана, а также предложены мероприятия для улучшения его рекреационных свойств.

Литература

1. Молодецький А. Е. Сергіївка // Українська географічна енциклопедія. — К.: УРЕ, 1993. — Т. 3.
2. Нагаев С. Р., Лошкарева Н. П. Современное экологическое состояние Шаболатского лимана требует решений // Причорноморський екологічний бюлетень. — 2002. — №1(3).
3. Молодецкий А. Э., Васильева Л. Д. Перспективные особенности развития и функционирования курорта Сергеевка // Причорноморський екологічний бюлетень. — 2008. — № 1(27).
4. Шекк П. В. История и современное состояние кефалеводства в северном Причерноморье // Известия музейного фонда им. А. А. Браунера — 2004. — № 2. — Т. 1.

Резюме

У статті розглядається стан екосистеми Шамболатського лиману. Наведені історичні дані про видовий склад, вилов та продуктивність промислових видів риб. Запропоновані методи збереження і розвитку рибопромислового комплексу та курорту Сергіївка.

УДК 504.45

М. В. Захарова
А. О. Білетський

ІМОВІРНІСНИЙ ПРОГНОЗ КРИТИЧНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ВОДІ РІЧКИ ТИСИ

Прогнозування хімічного складу та показників якості природних вод має надзвичайно важливе значення для розвитку всіх галузей водогосподарського комплексу, промисловості, сільського господарства, рекреаційних зон. Завданням прогнозу є виявлення і передбачення незадовільного стану якості води при зміні гідрометеорологічних умов і при аварійних скидах стічних вод, що є особливо актуальним для території Закарпатської області [1].

Основними етапами прогнозу є: 1) постановка завдання; 2) оцінка сучасного стану; 3) вибір методів прогнозування; 4) розрахунок прогнозу; 5) підготовка попередження про загрозу забруднення води [2].

На першому етапі виконання прогнозу в залежності від очікуваного небезпечного явища, що може негативно вплинути на якість води (або явища, яке уже відбулося і призвело до забруднення води), визначається головна мета та суміжні з нею задачі прогнозу.

Головною метою прогнозу є завчасне передбачення величини концентрацій забруднювальної речовини в заданому конкретному створі або на ділянці річки у вказаний момент час.

На другому етапі виконується оцінка стану водного об'єкта, яка передбачає:

1) збір та оцінку оперативної інформації про гідрологічний та гідрохімічний режим водного об'єкта, в тому числі про прогнозні гідрологічні характеристики;
2) збір та оцінку даних про вплив господарської діяльності на якість річкових вод;
3) проведення необхідних натурних досліджень з метою збору додаткової інформації;
4) комп'ютерну обробку зібраної інформації з метою встановлення статистичних параметрів та кореляційних залежностей між характеристиками гідрологічного режиму і показниками якості води (речовинами і забруднювачами).

В залежності від конкретної прогнозної ситуації, якості початкової гідролого-гідрохімічної інформації, наявності даних про

антропогенний вплив на річкові води може бути застосований один із методів:

- прогноз з використанням формули балансу речовин (формула змішання скидних і річкових вод);
- статистичний прогноз з використанням кореляційно-регресійних залежностей, одержаних на попередньому етапі розрахунків;
- комбінований метод (поєднання статистичного і балансового методів прогнозу);
- імовірнісний (розраховується імовірність появи тих або інших концентрацій забруднювальної речовини при заданих параметрах гідрологічного режиму) [1].

Здійснюється розрахунок прогнозу за заданими параметрами всіх його складових та за вибраною методикою, а також виконується аналіз одержаних результатів і підготовка, у разі необхідності, попередження про загрозу забруднення води.

В цій статті для прогнозування хімічного складу природних вод використовується імовірнісний метод, який належить до статистичних методів прогнозу і може бути застосований як альтернативний оцінний метод прогнозу на етапі попередньої оцінки очікуваного погіршення стану якості води [3].

Методи теорії імовірності вже давно знайшли широке застосування у гідрології і використовуються при розрахунках і прогнозах характеристик річкового стоку. Імовірнісний метод прогнозу концентрацій забруднювальних величин базується на одній з граничних теорем теорії імовірності — законі великих чисел. Відповідно до цього закону при великому числі випадкових явищ їхній середній результат практично перестає бути випадковим і може бути передбачений з великою мірою імовірності [3].

Метою даної роботи є прогнозування появи критичних концентрацій забруднювальних речовин у воді річки Тиси за багаторічний період.

В роботі для розрахунків використовувалися матеріали спостережень за хімічним складом (концентрації мінералізації (*I*), мінерального фосфору (*Pmin*), заліза (*Fe*), $БСК_5$, фенолів, нафтопродуктів, СПАР, міді (*Cu*), цинку (*Zn*), хрому (*Cr)*) і стоком води на наступних створах річки Тиси: р. Тиса - м. Чоп ($F = 9870$ км^2), р. Тиса - смт Вилок ($F = 9140$ км^2), р. Тиса - м. Рахів ($F = 1070$ км^2), р. Тиса - м. Тячів ($F = 572$ км^2), р. Тиса - м. Хуст ($F = 7690$ км^2) за період з 1984 по 2004 рр.

Імовірнісний метод використовується за наявності тривалих рядів спостережень за елементами гідрологічного та гідрохімічного режиму річок. Концентрації забруднювальних речовин за весь період спостережень формуються у три окремі статистичні вибірки:

а) ті, що відповідають найменшим витратам даної річки, 95 % забезпеченості відповідно до конкретної гідрологічної фази, для якої виконуються розрахунки;

б) ті, що відповідають середнім витратам (50 % забезпеченості);

в) ті, що відповідають максимальним (катастрофічним) витратам 1-відсоткової забезпеченості або близькі до них.

Для кожної групи шляхом імовірнісного аналізу розраховується імовірність появи небезпечних концентрацій (вище ГДК) забруднювальних речовин. Результати обробки даних подаються у вигляді імовірнісних графіків та розрахункових таблиць.

Для досягнення поставленої мети були сформовані статистичні вибірки концентрацій забруднювальних речовин для кожного з перерахованих вище постів, які були проаналізовані імовірнісним методом.

Проаналізувавши одержані результати, був зроблений висновок, що вибірки концентрацій при 1 % та 95 % забезпеченості витрат, неможливо використати через обмежену кількість даних про концентрації. Можливо така ситуація пояснюється недостатньою частотою відбору проб хімічних елементів на обраних постах при проходженні паводків і в низьку межень. Тому найбільш придатною для розрахунків появи критичних концентрацій різноманітних забруднювальних речовин в цій роботі була визнана 50 % забезпеченість витрат води. Така ситуація є характерною для усіх постів.

В табл. 1, в якості прикладу, наведені відповідні 50 %-ї забезпеченості витрат води концентрації забруднювальних речовин для в/п р. Тиса - м. Чоп.

На наступному етапі розрахунків, коли вже виконаний розрахунок концентрацій забруднювальних величин різної забезпеченості (1 %, 50 %, 95 %), за одержаними величинами було побудовано криву розподілу концентрацій забруднювальних речовин для забезпеченості 50 %. При розрахунках концентрацій 1 % та 95 % забезпеченості було одержано дуже малу кількість величин, тому відповідні криві розподілу концентрацій не будувалися. Використовуючи побудовані криві розподілу концентрацій забруднювальних речовин для 50 % забезпеченості (рис. 1), можна розрахувати імовірності появи критичних концентрацій забруднювальних речовин.

Таблиця 1

Розрахунок концентрацій забруднювальних величин різної забезпеченості в/п р. Тиса - м. Чоп

Дата	Q, $м^3/с$	I, мг/$дм^3$	P_{min}, мг/$дм^3$	Fe, мг/$дм^3$	$БСК_5$, мг/$дм^3$	феноли, мг/$дм^3$	н/пр, мг/$дм^3$	СПАР, мг/$дм^3$	Cu, мкг/$дм^3$	Zn, мкг/$дм^3$	Cr, мкг/$дм^3$
Забезпеченість 1 %											
23.03.94	1350	158	0,150		2,47		0,02	0,04			14,2
Забезпеченість 50 %											
05.07.90	300	505	0,005		6,50		0,15	0,02			7,0
04.10.90	300	426	0,280		2,70		1,18	0,04			20,0
11.03.91	300	342	0,032	0,60	3,70	0,620	0,06		3	15,0	7,5
06.10.91	300	413	0,025	2,37	2,42	0,003	0,06	0,12	17	31,0	7,1
08.05.01	300	223	0,005	0,28	2,60		0,05	0,02	48	28,0	0,0
Забезпеченість 95 %											
06.10.92	7,34	343	0,360	1,08	2,23	0,011	0,07	0,08	13	27,0	14,0
06.11.02	6,60	170	0,015	0,32	2,00	0,000	0,04	0,05	0	7,5	2,1

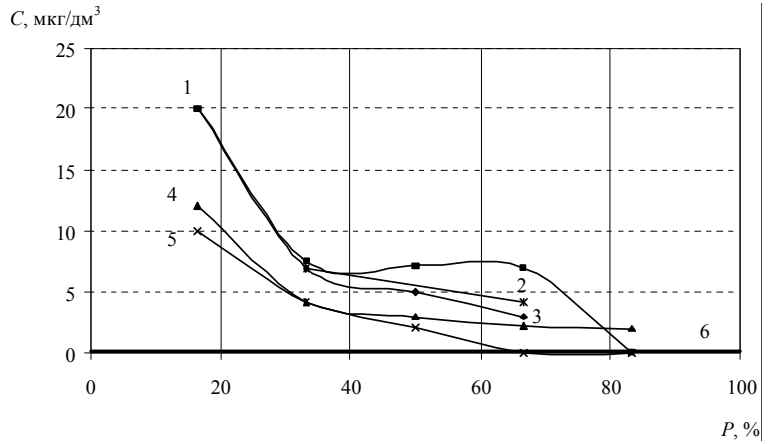


Рис. 1. Розподіл концентрацій *Cr* для 50 % забезпеченості.
1) р. Тиса - м. Чоп; 2) р. Тиса - м. Хуст; 3) р. Тиса - смт Вилок;
4) р. Тиса - м. Рахів; 5) р. Тиса - м. Тячів;
6) ГДК *Cr* для господарсько-питного водовикористання

Для цього на побудовані криві було нанесено відповідні для кожної з хімічних речовин ГДК, що приймаються для водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення. Після нанесення величин ГДК на побудовані криві було сформовано таблиці імовірності появи небезпечних концентрацій за-

бруднювальних речовин у воді річки Тиси, за якими можна зробити висновок на яких постах та по яких речовинах найбільш імовірна поява їхніх критичних концентраціях. Імовірність появи небезпечних концентрацій забруднювальних речовин у воді р. Тиса - м. Чоп наведена у табл. 2.

Таблиця 2

Імовірність появи небезпечних концентрацій забруднювальних речовин у воді в/п р. Тиса - м. Чоп

Показник	Інтервал забезпеченості концентрацій, %		Середня кількість проб з перевищенням ГДК, шт.	Перевищення ГДК максимальними концентраціями, разів
	перевищення ГДК	без перевищення		
I	-	-	-	-
P_{min}	0,01 - 62,00	62,0 - 99,9	3	56,000
Fe	0,01 - 50,00	50,0 - 99,9	2	7,900
$БСК_5$	0,01 - 35,00	35,0 - 99,9	1	1,625
Феноли	0,01 - 99,90	-	2	620,000
Нафтопродукти	0,01 - 29,00	29,0 - 99,9	1	3,930
СПАР	0,01 - 32,00	32,0 - 99,9	1	2,400
Cu	0,01 - 50,00	50,0 - 99,9	3	48,000
Zn	0,01 - 99,90	-	3	31,000
Cr	0,01 - 84,00	84,0 - 99,9	4	400,000

Аналізуючи одержані результати можна зробити наступні висновки:

1) на посту р. Тиса - м. Чоп перевищення спостерігаються по усіх забруднювальних речовинах (*Pmin*, *Fe*, $БСК_5$, феноли, нафтопродукти, СПАР, *Cu*, *Zn*, *Cr*), окрім *I*;
2) на посту р. Тиса - смт Вилок перевищення спостерігаються по наступних забруднювальних речовинах: *I, Pmin*, фенолах, нафтопродуктах, СПАР, *Cu, Cr* та немає перевищення по *Fe*, $БСК_5$, *Zn*;
3) на посту р. Тиса - м. Рахів перевищення спостерігаються по наступних забруднювальних речовинах: *Pmin, Fe*, $БСК_5$, фенолах, нафтопродуктах, СПАР, *Cu, Zn, Cr* та немає перевищень по *I*;
4) на посту р. Тиса - м. Тячів перевищення спостерігаються по наступних забруднювальних речовинах: *Pmin, Fe*, фенолах, нафтопродуктах, *Cu, Zn, Cr* та перевищення немає по *I*, $БСК_5$, СПАР;
5) на посту р. Тиса - м. Хуст перевищення спостерігаються по наступних забруднювальних речовинах: *Pmin, Cu, Zn, Cr* та не перевищує по *I, Fe*, $БСК_5$, фенолах, нафтопродуктах, СПАР.

Висновки. Одержані дані свідчать про високу імовірність появи небезпечних концентрацій досліджуваних хімічних речовин в умовах середніх по водності років. Особливо високе перевищення ГДК на усіх постах спостерігається по іонах *Cr* (від 140 до 400 разів) практично в кожній відібраній за досліджуваний час пробі води. Імовірність появи небезпечних концентрацій *Pmin*, фенолів, *Cu* та *Zn* також дуже висока. Перевищення ГДК цих компонентів підтверджується у кожній другій-третій пробі. Діапазон перевищення ГДК для іонів *Pmin* складає від 3 до 56 раз, для фенолів — від 5 до 620 раз, для *Cu* — від 4 до 48 раз, для *Zn* — від 27 до 73 раз. Також для р. Тиси є досить частою імовірність появи (в кожній 3-5 відібраній пробі) небезпечних концентрацій нафтопродуктів, СПАР, *Fe*, $БСК_5$.

Література

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році / Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. — К., 2008. — С. 84-89.
2. Кирилюк М. І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат. Навч. посібник. — Чернівці: Рута, 2001. — 246 с.
3. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. — К.: НІКА-Центр, 2001. — 264 с.

О. И. Сенькова
Т. С. Коломеец

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ РАПСА

Рапс является основной масличной культурой в 28 странах мира. В Украине посевные площади под рапсом варьируют от 140 до 220 тыс. га, средняя урожайность семян составляет около 13 ц/га. На территории Одесской области наиболее распространены посевы озимого рапса. Культура выращивается в основном на зеленый корм, в последнее время — на семена.

В 2007 году посевная площадь под озимым рапсом составляла 85 тыс. га, в 2008 году — увеличились до 184 тыс. га. Хозяйственная ценность ярового рапса заключается в том, что он успешно культивируется в зонах, рискованных для выращивания озимого рапса. В годы, когда озимый рапс вымерзает, его площади пересеваются яровым.

Рапс — перекрестно опыляющееся растение, относится к семейству крестоцветных. Корень рапса стержневой, длинный (до 2 м). Точка роста листьев поднята над поверхностью почвы на высоту от 2-3 до 5-6 см. Главный стебель прямой, ветвистый высотой 150 см и выше. У ярового рапса стебель толще, в розетке имеет меньше листьев, чем у озимого рапса. Соцветия рапса — кисть, которая имеет от 25 до 40 цветков, плод — узкий (3-4 мм) стручок, длиной от 3 до 10 см. Количество стручков на растении колеблется от 40 до 50.

Рапс — очень требовательный к условиям выращивания, особенно к условиям перезимовки. Для озимого рапса подходит мягкий климат с влажной осенью, постепенным наступлением зимы с умеренной температурой и достаточно устойчивым снежным покровом. Семена рапса начинают прорастать при температуре 3 °С. Всходы, которые не прошли фазы закаливания, гибнут при 6-8° мороза. Хорошо развитые с осени растения, при снежном покрове 2-6 см, выдерживают понижения температуры воздуха до 20-25° мороза. Зимостойкость растений повышается благодаря удобрениям, особенно калийным. После весеннего отрастания рапс зацветает приблизительно на 30-35 день, продолжительность цветения — от 25 до 30 дней. Вегетационный период озимого рапса составляет 300-320 дней. У ярового рапса цветение начинается через 50-58 дней после всходов, продолжительность цветения — 25-30 дней. Вегетационный период — от 110 до 125 дней.

Существуют определенные требования к условиям выращивания рапса, а именно:

- соответствие между обеспечением полезными веществами, внесением удобрений и формированием сухой биомассы растений;
- наличие достаточной влаги во время цветения, наливание стручков и созревание семян;
- своевременное и качественное проведение агротехнических мероприятий, обработку почвы при посеве и наблюдении за растениями;
- защита посевов от вредителей, болезней и сорняков.

Рапс требует много влаги на протяжении всего вегетационного периода. При годовой сумме осадков 600-700 мм он формирует высокую продуктивность; при 500-600 мм — удовлетворительную; а меньше 400 мм — урожай заметно снижается. В Одесской области годовое количество осадков в основном обеспечивает удовлетворительную продуктивность.

Культура требует плодородных, с нейтральной или слабокислой реакцией почв. Такие особенности характерны черноземам оподзоленным, темно-серым и серым лесным почвам, дерново-подзолистым, дерново-карбонатным, дерновым, со среднесуглинистым механическим составом. По почвенным условиям благоприятными для выращивания озимого рапса являются Лесостепь, Степь, Прикарпатье, Полесье.

В современных условиях введение озимого рапса в севооборот — один из наиболее эффективных путей увеличения валового производства семян, обеспечение стабильных урожаев других сельскохозяйственных культур, в том числе, и таких ценных, как озимая пшеница, рожь и ячмень.

В целом агрометеорологические условия для произрастания озимого рапса на территории Одесской области являются удовлетворительными. Неблагоприятные условия наблюдаются в основном в период образования листовой розетки и прохождения закалки растений (октябрь-ноябрь), а также в период формирования репродуктивных органов и налива семян (апрель-июнь).

Влияние погодных условий на произрастание и формирования урожая озимого рапса на территории Одесской области в 2007 г.

Осенью 2006 года из-за недостаточного увлажнения почвы агрометеорологические условия для вегетации озимого рапса были неблагоприятными. На большинстве площадей отмечалось неравномерное развитие, рост растений, изреженность, засыхание листьев.

Преобладание теплой пасмурной погоды в ноябре и декабре было малоблагоприятным для закаливания растений.

В связи с аномально теплой погодой в январе и феврале, глубокого покоя озимого рапса не наблюдалось. Зимостойкость растений была слабой. В результате резкого понижения температуры воздуха 24-26 февраля до 14-19^{o} мороза (при отсутствии снежного покрова) в юго-западных районах области наблюдались значительные повреждения и гибель посевов озимого рапса. В связи с ранними весенними процессами, активная вегетация озимого рапса началась во второй декаде марта. Из-за повешенного температурного режима, низкой относительной влажности воздуха, недобора осадков в марте для весеннего отрастания и роста стебля агрометеорологические условия были малоблагоприятными, особенно в северных и центральных районах.

В апреле отсутствие эффективных осадков, низкая относительная влажность воздуха, недостаточная влагообеспеченность посевов оказы-

вали негативное воздействие на ростовые процессы и формирование полноценного урожая озимого рапса. Запасы продуктивной влаги на 28 апреля уменьшились до неудовлетворительных и составляли в метровом слое почвы 61-90 мм, а местами были очень плохими — 50-55 мм. В результате посевы сформировались низкорослыми — 40-72 см. Наблюдалось преждевременное пожелтение растений.

В начале второй декады мая установилась необычно жаркая сухая погода. Максимальная температура воздуха достигала 35-38 °С. Относительная влажность воздуха в течение 11-21 дня в дневные часы понижалась до 30 % и менее. Средняя по области сумма осадков не превысила 10 мм, что составляет 23 % месячной нормы. Запасы продуктивной влаги в почве уменьшились до критических значений и не превышали 50-54 мм, а местами 12-25 мм в метровом слое почвы. Крайне неблагоприятные погодные условия совпали с цветением и образованием стручков озимого рапса. Состояние посевов существенно ухудшилось. У большинства растений наблюдалось засыхание и осыпание завязей.

В большинстве дней июня сохранялись почвенная засуха, суховейные явления. Ливневые дожди прошли только 27-28 июня. Температурный режим превышал норму на 3-4°. Максимальная температура воздуха достигала 33-35°, на поверхности почвы 61-67°. Минимальная относительная влажность воздуха в течение 14-19 дней понижалась до 30 % и менее. Налив семян проходил при крайне неблагоприятных условиях. В результате на большинстве площадей сформировались мелкие стручки, с небольшим количеством семян, что в итоге привело к значительному недобору урожая культуры. В середине июня у озимого рапса наступило созревание.

Крайне неблагоприятные условия наблюдались и в период уборки. Из-за высокого дефицита влажности воздуха наблюдалось растрескивание стручков и дополнительные потери урожая. Среднеобластная урожайность озимого рапса составила 12 ц/га, в ряде районов не превысила 5-8 ц/га.

Влияние погодных условий на произрастание и формирования урожая озимого рапса на территории Одесской области в 2008 г.

В связи с почвенной и атмосферной засухой, наблюдавшейся летом 2007 года, условия для сева озимого рапса урожая 2008 года в оптимальные сроки (5-20 августа) были крайне неблагоприятными.

Во второй декаде сентября в северных и центральных районах выпали эффективные осадки, хорошо пополнившие запасы продук-

тивной влаги в почве. Складывались благоприятные условия для сева и осенней вегетации озимого рапса. Теплая погода и достаточные запасы влаги способствовали появлению дружных всходов и формированию оптимальной розетки. К середине октября на большинстве площадей у растений наблюдался рост стебля. Однако во второй половине октября, из-за недобора осадков и уменьшения полезной влаги в почве, условия для произрастания культуры на ряде площадей ухудшились.

В юго-западных районах, где из-за длительного отсутствия эффективных осадков, запасы влаги в почве были неудовлетворительными в течение всего сентября и в большинстве дней октября. Агрометеорологические условия для произрастания озимого рапса были плохими. Всходы задерживались. На взошедших посевах наблюдалась большая изреженность, пожелтение и засыхание листьев. И только в третьей декаде октября после выпадения осадков условия для вегетации культуры несколько улучшились.

В первой декаде ноября, в связи с понижением температуры воздуха, на севере области озимый рапс прекратил вегетацию. В большинстве районов у него продолжалась слабая вегетация, однако существенных изменений в развитии и росте растений не наблюдалось. Прекращение вегетации в центральной степной зоне произошло в третьей декаде ноября, в юго-западных районах — во второй декаде декабря.

Преобладание теплой пасмурной погоды в ноябре и декабре было малоблагоприятным для закаливания растений.

В зимний период неблагоприятные условия наблюдались в первой декаде января. Резкое понижение температуры воздуха, сопровождавшееся сильными ветрами, отсутствие снежного покрова, вследствие выдувания, вызвали на ряде площадей значительные повреждения и гибель слабо развитых растений. В целом перезимовка прошла благополучно.

В связи с ранними весенними процессами возобновление вегетации озимого рапса началось в третьей декаде февраля, что на 20-30 дней раньше средних многолетних дат.

В весенне-летний период 2008 года неблагоприятных факторов для произрастания озимого рапса не наблюдалось.

Очень теплая погода в марте способствовала быстрому весеннему отрастанию. Благодаря интенсивному накоплению эффективного тепла в южных районах уже в первой декаде апреля, а на большинст-

ве площадей в конце второй декады у растений появились соцветия. Развитие культуры опережало обычные сроки на 2-3 недели.

Цветение озимого рапса началось на юге области 12-14 апреля, в центральной степной зоне 24-28 апреля, в северных районах — 2-4 мая. Высота растений в период массового цветения возросла до 64-113 см. Благодаря осадкам, выпавшим в третьей декаде апреля, запасы продуктивной влаги существенно пополнились и в пахотном слое почвы составляли 31-35 мм, в метровом — 131-161 мм. Однако на ряде площадей запасы влаги в метровом слое почвы не превышали 62-64 мм и были недостаточными для нормального формирования репродуктивных органов. Состояние культуры преобладало хорошее и удовлетворительное.

В мае-июне погодные условия способствовали формированию урожая озимого рапса. Влагообеспеченность посевов была хорошей и удовлетворительной. Созревание озимого рапса наблюдалось 16-24 июня. В период уборки неблагоприятных факторов не наблюдалось. Среднеобластная урожайность составила 18 ц/га, в ряде районов она достигала 25-28 ц/га.

Таким образом, в 2008 году агрометеорологические условия для произрастания озимого рапса были более благоприятные, чем в 2007 году.

УДК 504.5

В. Г. Ільїна
О. І. Чернякова

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТОВО-РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ РАДІОНУКЛІДАМИ ПІД ВПЛИВОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЗРОШЕННЯ

Вступ. Для отримання високих та стійких врожаїв сільськогосподарських культур в умовах недостатнього зволоження та на ґрунтах, які утримують незначну кількість органічної речовини, до яких відноситься територія Одеської області, необхідно застосовувати інтенсивні технології вирощування. При інтенсифікації сільськогосподарського виробництва збільшується кількість забруднювальних речовин як у ґрунтовому, так і в рослинному покриві. До основних забруднювальних речовин відносяться важкі метали та радіонукліди, які входять у склад мінеральних добрив, хімічних заходів захисту рослин та зрошувальної води.

Ця проблема дуже широка та важлива. Тому над її вирішенням працює досить багато спеціалістів у різних галузях науки та

безпосередньо у практичній діяльності. Останніми дослідженнями є роботи А. М. Польового по моделюванню процесу формування продуктивності зернових культур в умовах радіоактивного забруднення агроекосистем, які викладені у багатьох наукових статтях та монографіях [1]. Основна мета проведеного дослідження — аналіз сучасного стану забруднення агроекосистем зрошувальної території Одеської області радіонуклідами та важкими металами за допомогою математичного моделювання та фактичного рівня забруднення ґрунтів цими елементами.

Об'єкти та вихідні матеріали дослідження. Об'єктом дослідження була вибрана територія Одеської області, де застосовується зрошення під овочеві, коренеплідні та силосні культури. Зрошувальна вода містить визначені кількості радіонуклідів, важких металів, та інших забруднювальних речовин. Крім того, вона може мати підвищену мінералізацію та низький натрієво-кальцієвий потенціал, що утворює умови для засолення та осолонцювання ґрунту. За методикою [1] була розрахована концентрація радіонуклідів у ґрунті без урахування їх концентрації у зрошувальній воді. Розрахунки проводились за період з 1999 по 2002 рік.

Методи дослідження. Накопичення радіонуклідів у рослинах на зрошуваних землях відбувається внаслідок кореневого надходження радіонуклідів, а також у наслідок безпосереднього надходження радіонуклідів з поливної води в листя.

Сумарна активність [1], яка утримується наземною частиною рослин при поливі, може бути представлена як

$$A_i = f_{w,i} A_w , \qquad (1)$$

де A_i — сумарна питома активність на рослині виду i; $f_{w,i}$ — фракція утримання для рослини виду i; A_w — питома поверхнева активність внесена при поливі.

Частка, утримуваних рослиною радіонуклідів визначається як

$$f_{w,i} = \frac{LAI_i S_i}{R}\left[1 - \exp\left(\frac{-\ln 2}{3 \cdot S_i} \cdot R\right)\right], \qquad (2)$$

де S_i — ефективне утримання води для рослини виду i; LAI_i — поверхня листкової частини рослин, що приходиться на одиницю площі їхнього росту; R — питомий об'єм поливу на одиницю площі листкової поверхні.

У випадку, якщо значення фракції утримання радіонуклідів перевищує 1, значення $f_{w,i}$ приймається рівним 1. Значення ефективного утримання води S_i, які використовуються в моделі, приймалися для ^{137}Cs — 0,2-0,3 мм, а для ^{90}Sr — 0,4-0,6 мм в залежності від виду рослин. Значення *LAI* залежать від пори року. Для трави значення *LAI* простіше виразити через врожайність.

Активність рослинних продуктів формується за рахунок безпосереднього надходження радіонуклідів через листя, а також за рахунок кореневого надходження [2]

$$C_i(t) = C_{i,l}(t) + C_{i,r}(t)\,, \qquad (3)$$

де $C_i(t)$ — загальна активність у рослин виду i, Бк/кг; $C_{i,l}(t)$ — активність в рослині виду і від надходження через листя, Бк/кг; $C_{i,r}(t)$ — активність в рослині виду і від кореневого надходження, Бк/кг.

Концентрація активності $C_{i,l}(t)$ у момент t після поливу визначається початковою активністю в рослинах, втратами активності за рахунок погодних факторів (дощ, вітер), радіоактивним розпадом, а також ефектом «розведення» унаслідок росту біомаси рослин. Таким чином, концентрація активності може бути виражена як

$$C_{il}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i}\exp[-(\lambda_w + \lambda_r)\Delta t]\,, \qquad (4)$$

де $C_{i,l}(\Delta t)$ — концентрація активності в рослині виду i у період збору врожаю; A_i — загальна питома активність на рослині виду i, що залежить від *LA1* даної рослини в момент поливу; Y_i — врожайність рослин виду i у період збору врожаю; λ_w — швидкість втрати активності за рахунок впливу погодних факторів; λ_r — константа радіоактивного розпаду; Δt — час, що пройшов з моменту поливу до збору врожаю.

Як λ_w приймається значення, що відповідає періоду напівочищення в 25 днів, а λ_b — сезонно залежна величина. Величини λ_w і λ_b дають результуючий ефективний період напівочищення від 10 до 16 днів. Величина λ_t складає $1{,}16\cdot10^{-2}$·доба$^{-1}$ (період напівочищення 60 днів).

Для рослин, що вживаються в їжу лише частково, необхідно розглянути процес переносу радіонуклідів від листя до їстівної частини рослини. Цей механізм залежить від фізіологічних властивостей розглянутого елемента: він має велике значення при над-

ходженні цезію і практично не впливає на активність у випадку надходження стронцію. В останньому випадку відіграє роль лише безпосереднє надходження в їстівну частину рослини. Крім того, кількість перенесеної активності залежить від тривалості періоду Δt між поливом і збором врожаю.

У розглядаємої моделі переносу описується коефіцієнт переходу $T_i(\Delta t)$, що являє собою фракцію активності, перенесену від листя до їстівної частини рослини до моменту збору врожаю. Коефіцієнт залежить від елемента, виду рослини, а також часу, що пройшов від поливу до збору врожаю.

Концентрація радіонукліда в рослинах виду *i*, зібраних через Δt днів після поливу визначається за формулою, згідно з [3]

$$C_{il}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i} T_i(\Delta t) \exp(-\lambda_r \Delta t), \qquad (5)$$

де $T_i(\Delta t)$ — коефіцієнт переходу для рослини виду *i*; Y_i — врожайність їстівної частини рослини виду *i*.

Концентрація радіонукліда в рослинах, утворена кореневим надходженням, розраховується з використанням концентрації радіонукліда в ґрунті і коефіцієнтів накопичення TF_i, які виражають співвідношення концентрацій активності в рослині та ґрунті

$$C_{i,r}(t) = TF_i C_s(t), \qquad (6)$$

де $C_{i,r}(\Delta t)$ — концентрація радіонукліда у рослині виду *i* від кореневого надходження в момент *t* після поливу; TF_i — коефіцієнт накопичення в системі «ґрунт-рослина» для рослини виду *i*; $C_s(\Delta t)$ — концентрація радіонукліда у прикореневій області ґрунту в момент *t*.

Якщо надходження в ґрунт відбувається в період росту рослини, то для кореневого надходження використовується коригувальний коефіцієнт, що зменшує кореневе надходження. Цей коефіцієнт являє собою відношення відрізу часу від поливу до збору врожаю до тривалості вегетації.

Концентрація в прикореневому шарі ґрунту розраховується по формулі згідно [4]

$$C_s(t) = \frac{A_s}{L\delta} \exp[-(\lambda_s + \lambda_f + \lambda_r)t] \quad , \qquad (7)$$

де A_s — загальна питома активність на ґрунті; L — глибина прикореневого шару; δ — щільність ґрунту; λ_s — швидкість змен-

шення активності через переміщення за межі прикореневого шару; λ_f — швидкість фіксації радіонуклідів у ґрунті.

Для подальших розрахунків рівня забруднення фітоценозів використана інформація про стан рослинного покриву агроекосистем досліджуваної території. Значення λ_s розраховувалось за формулою

$$\lambda_s = \frac{v_a}{L(1+\frac{K_d\delta}{\Theta})}, \qquad (8)$$

де υ_a — швидкість просочування води в ґрунті; K_d — коефіцієнт розподілу; Θ — вміст води в ґрунті.

Результати дослідження та їх аналіз. За вище наведеною методикою була розрахована концентрація радіонуклідів у ґрунті без урахування їх концентрації у зрошувальній воді. Розрахунки проводились за період з 1999 по 2002 рік. Значення концентрації радіонуклідів приведені у табл. 1. Отримані значення добре узгоджуються з фактичним рівнем забруднення ґрунтів Одеської області, похибка розрахунків не перевищує 20 %, тому дану методику можливо використовувати для оцінки радіонуклідного забруднення ґрунтового покриву.

Таблиця 1

Забруднення радіонуклідами ґрунту районів зрошення Одеської області, Ки/км^2

Район	Цезій - 137	Стронцій - 90
Ананьївський	0,063	0,049
Арцизький	0,075	0,016
Б.-Дністровський	0,060	0,029
Болградський	0,053	0,038
Ізмаїльський	0,130	0,071
Килійський	0,056	0,029
Овідіопольський	0,054	0,023
Ренійський	0,057	0,034
Тарутинський	0,066	0,030
Татарбунарський	0,050	0,019

Аналіз наведеної табл. 1 дозволив зробити наступні висновки. Для досліджуваної території глибина прикореневого шару приймалась для ріллі і пасовищ відповідно 0,2 і 0,1 метра. Середньорічна швидкість просочування, води передбачалась біля 2 м/рік, щільність ґрунту — $1{,}6\cdot10^{-3}$ кг/м^3 і середній вміст води в ґрунті

вважався рівним 30 %. Коефіцієнт розподілу K_d для стронцію складав 90 $см^3/г$, а для цезію — 900 $см^3/г$. Швидкість фіксації радіонуклідів в ґрунті λ_f приймалась для цезію — $2{,}05 \cdot 10^{-4}$·$доба^{-1}$, а для стронцію — $8{,}5 \cdot 10^{-5}$·$доба^{-1}$.

У табл. 2 наведені розраховані коефіцієнти накопичення ґрунт-рослини TF_i (Бк/кг)/(Бк/кг) і коефіцієнти розподілу K_d ($см^3/г$) у системі «ґрунт-вода».

Таблиця 2

Коефіцієнти накопичення ґрунт-рослини TF_i (Бк/кг)/(Бк/кг) і коефіцієнти розподілу K_d ($см^3/г$) у системі «ґрунт-вода»

Рослина	^{137}Cs	^{90}Sr
Картопля	0,010	0,02
Злаки	0,020	0,03
Листкові овочі	0,020	0,03
Овочі-коренеплоди	0,010	0,02
Коефіцієнт розподілу	0,001	0,01

Для розрахунку рівня забруднення фітоценозів досліджуваної території необхідна інформація про врожайність основних сільськогосподарських культур, які вирощуються в умовах зрошення. У табл. 3 приведені дані про врожайність цих культур у середньому за період дослідження.

Таблиця 3

Врожайність різних культур в районах Одеської області в середньому за період з 1995 по 2002 рік, ц/га

Район	Зернові і зернобобові культури	Кукурудза на силос	Овочі	Цукровий буряк	Томати
Ананьївський	16,3	304	272	333	271
Арцизький	15,6	305	239	369	279
Б.-Дністровський	14,1	310	250	358	236
Болградський	15,3	311	241	414	309
Ізмаїльський	16,8	293	256	413	304
Килійський	14,6	247	280	429	331
Овідіопольський	15,0	274	269	353	279
Ренійський	15,4	305	289	434	298
Тарутинський	16,0	267	265	426	292
Татарбунари	16,7	309	296	387	312

Отримані коефіцієнти переходу основних видів радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські культури приведені у табл. 4.

З таблиці видно, що найбільші значення отримані для усіх культур при дощуванні. В зв'язку з біологічними особливостями сільськогосподарських рослин найбільші значення здібності поглинання спостерігаються у коренеплідних рослин, таких якими є буряк та капуста, тому найбільші коефіцієнти переходу радіонуклідів з поливної води у рослини спостерігаються саме у цих культурах. Це дозволяє зробити висновок про те, що для зменшення радіонуклідного забруднення врожаю сільськогосподарських культур, які вирощувались при зрошенні, необхідно застосовувати режим зрошення дощуванням.

Таблиця 4

Середні коефіцієнти переходу радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські рослини 10^{-3} (Бк/кг сирої маси)/(Бк/м^2 угідь)

Елемент	Спосіб поливу	Кукурудза, силос	Буряк, коренеплід	Томати, плоди	Огірки, плоди	Капуста, качан
Cs	по борознах	0,38	0,60	0,31	0,43	0,47
	дощування	0,62	0,70	0,62	0,61	0,78
Sr	по борознах	0,06	0,80	0,33	0,43	0,81
	дощування	0,15	0,75	0,98	0,42	1,02

Останнім питанням є вирішення проблеми переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини кореневим шляхом. Для вирішення цього питання у табл. 5 приведені середні значення коефіцієнтів для основних сільськогосподарських культур і типів ґрунту.

Таблиця 5

Середнє значення коефіцієнтів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини 10^{-3} (Бк/кг)/(Бк/м^2 угідь)

Рослина	Дерново-підзолистий		Чорнозем звичайний		Чорнозем південний	
	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
Кукурудза	0,73	0,275	0,14	0,062	0,056	0,042
Коренеплоди	0,65	0,800	0,12	0,020	0,055	0,010
Капуста	0,46	0,130	0,09	0,040	0,050	0,020
Томати	2,20	0,330	0,41	0,110	0,170	0,080

Виконуючи аналіз приведених даних, можна зробити висновок, що найбільші значення коефіцієнтів переходу відносяться до дерново-підзолистих ґрунтів і найменші до чорнозему південного. Що до сільськогосподарських культур, найбільші значення коефіцієнтів

переходу належать до томатів (по аналогії з деякими коефіцієнтами переходу з поливних вод до сільськогосподарських рослин).

Висновки. Для отримання врожаю сільськогосподарської продукції з найменшими значеннями кількості забруднювальних речовин (радіонуклідів), яка вирощується в умовах зрошення, необхідно проводити зрошення дощуванням, застосовувати зрошувальну воду з найменшими значеннями радіонуклідів та проводити агротехнічні заходи, що до зменшення сорбції радіонуклідів у ґрунті.

Література

1. Полевой А. М. Моделирование процесса формирования продуктивности зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения агрэкосистем // Метеорология и гидрология. — 1993. — № 3. — С. 97-105.
2. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. — М.: Экология, 1991. — 297 с.
3. Прохоров В. М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование / Под ред. Р. М. Алексахина. — М.: Энергоиздат, 1981. — 98 с.
4. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. — М.: Колос, 1996.

Резюме

В статье рассматривается одна из основных проблем современной экологии — загрязнение почвенно-растительного покрова под действием интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, которое приводит к деградации почвенного покрова и ухудшении качества получаемой на нем продукции. Территория Одесской области относится к одной из ведущих на Украине по производству высокоурожайной продукции, в особенности овощных культур. Это создает предпосылки для поступления в них загрязняющих веществ, в том числе радионуклидов.

УДК 504.5

В. Г. Ільїна
О. І. Чернякова

ОЦІНКА ВПЛИВУ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН НА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АГРОЕКОСИСТЕМ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В зв'язку зі збільшенням антропогенного впливу на грунтово-рослинний покрив, яке обумовлене внесенням різних доз мінеральних добрив, засобів захисту рослин від шкідників та хвороб сільськогосподарських культур з метою отримання високих та стійких врожаїв актуальною є проблема оцінки цієї дії на кількісні та якісні характеристики агроекосистем. В наш час відбувається зміна кліматичних, ландшафтних. ґрунтових та інших умов існування агроекосистем. Це призводить до зміни встановлених норм внесення мінеральних та органічних добрив, засобів захисту рослин і агротехнічних засобів вирощування культур. Тому встановлення оптимальних норм є дуже важливою як науковою, так і практичною задачею. Як вітчизняними, так і зарубіжними вченими вирішенню цієї задачі приділялось дуже багато уваги. Розробкою методів оптимального природокористування в нашій країні займалися такі вчені як Польовий А. М., Алексєєв Ю. А, Мінєєв В. Г.

Львівська область є одною з основних областей України, яка спеціалізується на вирощуванні великого набору сільськогосподарських культур. Ґрунти цієї території багаті на органічну речовину, що дає можливість корегувати загальноприйняті методи вирощування для розробки конкретних рекомендацій щодо технології виробництва сільськогосподарської продукції у цьому регіоні.

Вирішення цієї проблеми можливе з використанням математичних моделей. Метою є оцінка впливу інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на стан грунтово-рослинного покриву Львівської області для розробки практичних рекомендацій щодо зменшення антропогенного навантаження на фітоценози.

Об'єктами оцінки впливу інтенсифікації є вміст органічних та мінеральних добрив, механічний склад ґрунту, кількість внесення фосфогіпсу, характеристика температурного режиму ґрунту, найменша вологоємність ґрунту, характеристики біологічного росту та розвитку рослин.

Вплив забезпеченості елементами [1] з урахуванням функції забезпеченості азотом K_N, фосфором K_P і калієм K_K: мінерального живлення на продуктивний процес рослин визначався за принципом Лібіха

$$K_{(NPK)} = \min(K_N, K_P, K_K) \quad (1)$$

де $K_{(NPK)}$ — коефіцієнт забезпечення рослин елементами мінерального живлення.

Значення функцій найбільш можливого азотного, фосфорного і калійного живлення визначаються з таких рівнянь

$$K_N = (N / Nopt)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - N / Nopt)], \quad (2)$$

$$K_P = (P / Popt)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - P / Popt)], \quad (3)$$

$$K_K = (K / Kopt)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - K / Kopt)], \quad (4)$$

де N — сумарна кількість N, P, K, еквівалентна використаному мінеральному добриву, кг/га; $Nopt$, $Popt$, $Kopt$ — оптимальна кількість N, P, K, необхідна для одержання максимального врожаю, кг/га.

Сумарна кількість N, P_2O_5, K_2O розраховується за формулами:

$$N = mNNn + Nm + mNOY, \quad (5)$$

$$P = mPPn + Pm + mPOYPOY, \quad (6)$$

$$K = mKKn + Km + mKOYKOY, \quad (7)$$

де mN,mP,mK — коефіцієнти еквівалентності легкогідролізного азоту (mN), за Корнфілдом, рухомого фосфору (mP) і калію (mK), за Кирсановим, в ґрунті, кг/мг100 г; $mNOY$, $mPOY$, $mKOY$ — коефіцієнти еквівалентності азоту ($mNOY$), фосфору ($mPOY$) і калію ($mKOY$) органічного добрива, кг/кг; Nn, Pn, Kn — легкогідролізний азот (Nn) рухомий фосфор (Pn) і калій (Kn) в рік проведення аналізу, мг/100 г ґрунту; NOY, POY, KOY — азот, фосфор і калій органічного добрива, яке вносилося в рік отримання урожаю, кг/га; Nm, Pm, Km — азот, фосфор і калій мінерального добрива, яке вносилося в рік отримання урожаю, кг/га.

Розглядається також поглинання азоту активним і пасивним шляхом [2]

$$\Delta N / \Delta T = [(N_{\max} \cdot N_{cep} \cdot m_r) / N_0 \cdot N_n] \cdot K \cdot E \cdot N_p, \quad (8)$$

де $\Delta N / \Delta T$ — швидкість поглинання азоту корінням рослин; N_{max} — максимально можлива швидкість поглинання азоту корінням, мгN/кг;

$N_{сер}$ — середня кількість азоту у шарі ґрунту, мгN/кг; N_n — концентрація доступного азоту біля поверхні кореня, г/м; m_r — маса кореня, г/м^2; N_0 — початкова кількість азоту у шарі ґрунту, мгN/кг; K — константа Михаеліса-Ментен, мгN/кг; E — інтенсивність транспірації, відн. од.; N_p — концентрація доступного азоту в ґрунтовому розчині, мгN/кг.

Накопичення важких металів рослиною розглядається в залежності від утримання рухомих форм важких металів у ґрунті. Швидкість надходження важких металів у рослину описується формулою [3]

$$\frac{\Delta A_q^{погл(о)}}{\Delta t} = \frac{86{,}4\alpha_q^{погл}\overline{A}_q^{почв} m_r^j}{a_r}, \qquad (9)$$

де $\frac{\Delta A_q^{погл}}{\Delta t}$ — швидкість поглинання рухомих форм важких металів g-го виду важких металів корінням рослини, мгм$^{-2}$·доб$^{-1}$; $\alpha_q^{погл}$ — поглинальна здатність кореня, мс$^{-1}$; $\overline{A}_q^{почв}$ — концентрація рухомих форм g-го виду важких металів у ґрунті, мг·кг$^{-1}$; a_r — радіус кореня, см; q — вид важкого металу.

У зв'язку з можливим підвищенням рівня антропогенного забруднення ґрунту та рослин важкими металами врахуємо їх фітотоксичний вплив за допомогою коефіцієнта фітотоксичності КВМ, визначеного за принципом Лібіха з великої кількості коефіцієнтів фітотоксичності кожного виду важких металів

$$K_{m.M}^j = \min\left\{K_q^j\right\}, q \in Cd, Cu, Hg, Pb, Sr, Zn, \qquad (10)$$

кожен з яких визначається з виразу

$$K_q^{крj} = 1 - \left(\frac{\mu Aq}{A_q^{кр2} - A_q^{кр1}}\right) \cdot A_q^{рос(j)}, \qquad (11)$$

де μAq — зниження продуктивності рослин в інтервалі критичних величин концентрації важких металів у рослині $A_q^{кр2}$ і $A_q^{кр1}$, (мг/кг).

На основі інформації про внесення мінеральних та органічних добрив під сільськогосподарські культури, які вирощуються на території Львівської області, була виконана оцінка сучасного стану забезпеченості грунтово-рослинного покриву цієї території елементами мінерального живлення (табл. 1).

Найбільші значення внесення мінеральних добрив отримані у 2003 році і складають в середньому по області 33 кг/га. Мінімальні значення отриманні у 2000 та 2002 році. В цілому по області,

найбільше мінеральних добрив вноситься у східних та південно-східних районах, де зосереджені найбільші площі сільськогосподарських угідь. Крім того, у цих районах ґрунти мають не великі значення органічної речовини, а також механічних склад яких, у більшій частині, включає дрібнодисперсні фракції. Тому, для підвищення родючості цих ґрунтів необхідно використання, насамперед, органічних добрив.

Таблиця 1

Кількість внесених мінеральних добрив сільськогосподарськими підприємствами під посіви сільськогосподарських культур (у перерахунку на 100 % поживних речовин)

Райони Львівської області	Всього на 1 га посівної площі							
	2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
	центнерів				кілограмів			
Бродівський	12086	14304	10403	10011	47	59	55	57
Бузький	6359	8890	7910	6843	30	45	48	44
Городоцький	2537	2688	848	1788	12	16	10	23
Дрогобицький	2961	2674	1049	1433	25	24	13	21
Живачівський	5777	5047	2177	3396	28	27	17	34
Жовківський	4331	6291	3039	6530	20	35	24	42
Золочівський	3747	9822	3339	7723	15	39	23	54
Кам'янка-Бузький	2556	4218	1496	2449	10	17	8	14
Миколаївський	4805	4938	2852	2392	41	44	31	31
Мостиський	2191	1616	858	742	11	11	10	13
Перемишльський	1644	3164	633	1065	11	30	12	27
Пустомитівський	3014	4228	2012	3262	20	27	21	40
Радехівський	4346	4883	3250	2132	14	17	16	15
Самбірський	5463	5527	2466	3289	25	28	23	28
Сокальський	14276	13034	8237	10280	32	34	26	42
Старосамбірський	878	536	304	829	16	11	9	29
Стрийський	3220	3326	1305	1692	21	25	12	21
Яворівський	3445	3652	2007	1545	24	31	20	15
Всього по області	83943	99612	54491	67732	23	30	24	33

У табл. 2 наведена ефективність внесення добрив, у зв'язку з умовами зволоження за період розвитку рослин, який припадає на травень-серпень місяці. В цілому, за цей період на території Львівської області випадає значна кількість опадів. Але за розглянутий чотири річній період спостерігались у 20 % випадків посушливі умови. Тому, за допомогою математичної моделі, яка представлена раніше, були виконані розрахунки ефективності внесення мінеральних добрив у роки з недостатніми умовами зволоження.

Таблиця 2

Середня ефективність NPK для ґрунтів Львівської області у зв'язку з умовами вирощування

Зволоження	Σr, мм		D, мб		Середній приріст врожаю від NPK, ц/га					
	вологі умови	сухі умови	вологі умови	сухі умови	озима пшениця		кукурудза		соняшник	
					буроземи	чорноземи	буроземи	чорноземи	буроземи	чорноземи
Нормальне	80	50	4,2	5,3	8,7	8,1	7,9	7,6	7,9	6,8
Недостатнє	70	30	5,8	8,2	4,4	4,5	4,2	4,8	4,5	4,6
Середнє	120	70	4,6	5,8	5,2	9,7	5,0	5,2	6,3	7,1

Правильне застосування добрив послабляє вплив несприятливих погодних умов на кількісні та якісні характеристики врожаю. Застосування добрив зменшує також негативний вплив на врожай низьких температур (що досить важливо для Львівщини), заморозків та інших несприятливих метеорологічних умов.

Виміряні норми внесення сприяють одержанню високих врожаїв з мінімальними кількостями забруднюючих речовин, до яких насамперед належать важкі метали.

Значна кількість важких металів потрапляє у грунтово-рослинний покрив з мінеральними добривами, під впливом інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Крім того, на території Львівської області розташована достатньо висока кількість підприємств, які викидають у атмосферне повітря значну кількість важких металів. Ураховуючи все це, проведена оцінка утримання важких металів в деяких ґрунтах Львівської області при різних нормах внесення мінеральних та органічних добрив.

Розрахунки проводились для одної з основних зернових культур, яка вирощується на цій території — кукурудзи. Ця культура дуже добре реагує на зміну норм внесення органічних та мінеральних добрив. Високі та стабільні врожаї тут отримують при внесенні азотних добрив 60-80 кг/га, а фосфорних — 100-120 кг/га. За допомогою представленої математичної моделі було оцінено вплив мінеральних та органічних добрив на якісні характеристики ґрунтового покриву Львівської області. При цьому розглядалися різні варіанти їх внесення (табл. 3).

Виходячи з даних табл. 3, найменший вміст важких металів в буроземних ґрунтах Львівської області спостерігається при внесенні тільки органічних добрив. Найбільші значення отримані у варіанті внесення $N_{85}P_{100}$ для *Ni, Cd, Pb*. Аналогічні розрахунки

виконані для чорноземних ґрунтів, які також найбільш розповсюдженими на території, яка розглядається. Результати цієї роботи наведені у табл. 4.

Таблиця 3

Вплив добрив на валовий вміст важких металів на буроземних ґрунтах Львівської області в шарі ґрунту 0-40 см

Варіант розрахунку	Вміст важких металів, мг/кг			
	Ni	Cd	Pb	Hg
Контрольний	6,2	0,48	20	1,40
P_{100}	6,4	0,43	24	1,33
P_{150}	6,0	0,43	24	1,36
$N_{85}P_{100}$	6,5	0,47	28	1,24
Гній - 40 т	5,9	0,45	24	1,26
$N_{85}P_{100}K_{80}$	6,3	0,41	24	1,21
Середнє по варіантах з добривами	6,5	0,44	25	1,30

Таблиця 4

Вплив добрив на валовий вміст важких металів на чорноземних ґрунтах Львівської області в шарі ґрунту 0-40 см

Варіант розрахунку	Вміст важких металів, мг/кг			
	Ni	Cd	Pb	Hg
Контрольний	5,3	0,43	19	1,17
P_{100}	6,4	0,43	17	1,09
P_{150}	7,2	0,40	20	1,03
$N_{85}P_{100}$	5,5	0,43	13	0,98
Гній - 40 т	6,6	0,44	17	0,96
$N_{85}P_{100}K_{80}$	5,3	0,40	17	0,90
Середнє по варіантах з добривами	6,2	0,42	18	1,02

Аналіз даних табл. 4 показав, що найменше важких металів накопичується у чорноземах при внесенні повного комплексу мінеральних добрив $N_{85}P_{100}K_{80}$. Це може бути пов'язано із значним вмістом органічної речовини у чорноземних ґрунтах, яка добре акумулює важкі метали.

На наступному етапі оцінки забруднення грунтово-рослинного покриву Львівської області було проаналізовано зразки ґрунту на наявність залишкових кількостей пестицидів. У двох процентів проб виявлено залишкові кількості пестицидів, що не перевищували встановлених нормативів. Вміст радіонуклідів цезію-137 і стронцію-90 не перевищував природного фону.

При застосуванні добрив поліпшується родючість ґрунту і підвищується врожайність сільськогосподарських культур. Це відбувається завдяки тому, що добрива збагачують ґрунт на рухомі поживні речовини. Добрива також забезпечують повніше використання елементів живлення самого ґрунту, оскільки позитивно впливають на розвиток кореневої системи вирощуваних культур та поліпшення фізичних властивостей ґрунту [4].

Всі види добрив, які застосовують у господарствах Львівської області, з врахуванням біологічних особливостей рослин і властивостей ґрунтів, не тільки підвищують урожайність, але й поліпшують якість сільськогосподарської продукції. Це пов'язано з лісостеповою зоною розміщення, де спостерігаються найбільш сприятливі для вирощування ґрунтові та кліматичні умови, які характеризуються підвищеним температурним фоном та оптимальними умовами вологозабезпеченості (75 % найменшої вологоємкості).

Основними аспектами інтенсифікації сільськогосподарського виробництва у Львівській області є внесення повного комплексу мінеральних та органічних добрив, а також використання пестицидів як заходів боротьби зі шкідниками та хворобами сільськогосподарських культур. При внесенні мінеральних добрив збільшується кількість біогенних елементів, які виносяться з урожаєм сільськогосподарських культур і тільки незначна частина залишається у ґрунті. Внесення органічних добрив сприяє поліпшенню якісних характеристик ґрунту.

В зв'язку із зміною кліматичних та ґрунтових умов в останній час необхідно оптимізувати норми та строки внесення добрив, що можливо тільки з урахуванням механізму поглинання та міграції полютантів. У подальшому за допомогою сучасних методів оцінки стану агроекосистем будуть розраховані оптимальні норми внесення мінеральних та органічних добрив стосовно умов Львівської області.

Література

1. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. — М.: Изд-во МГУ, 1988.
2. Лозановская И. Н., Орлов Д. С., Садовникова Л. К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. — М.: Высшая школа, 1998.
3. Алексеев Ю. А. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
4. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Под ред. Д. С. Орлова, В. Д. Василевской. — М.: Изд-во МГУ, 1994.

Резюме

Выполнена оценка влияния внесенных доз минеральных удобрений, средств защиты растений от вредителей и болезней сельскохозяйственных культур на процессы роста и развития, а также экологическую чистоту полученной продукции. При этом использован аппарат математического моделирования процессов поглощения и миграции загрязняющих элементов в почвенно-растительном покрове Львовской области.

М. М. Зінченко

ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ГУМУСУ В ГРУНТАХ ПО ДАНИМ СПЕКТРОФОТОМЕТРУВАНЯ

Ще в далекому 1989 році, в серпні місяці, з ініціативи начальника Одеської воєнізованої служби по активному впливу на атмосферні процеси, Данова Є. І. в рамках програми «Дистанційний контроль за станом сільськогосподарських культур» автором була виконана робота по визначенню вмісту гумусу в ґрунтах Білгород-Дністровського, Саратського та Арцизького районів наземним польовим спектрофотометром. Ця робота була маленьким, але надзвичайно важливим елементом програми по визначенню величин біомаси рослинності та вмісту гумусу в грунтах на основі використання космічної інформації, яку виконував Всесоюзний науково-дослідний центр «АІУС-АГРОРЕСУРСИ». До цього така робота була виконана в повному обсязі в Алтайському краї, на Кубані, в Криму та в Запорізькій області. Це був перший етап по визначенню родючості грунтів в Одеській області дистанційними методами. Наступні етапи, а це аерофотометричний та супутниковий не здійснилися через брак фінансування цієї програми. Результати польового, наземного спектрофотометрування грунтів області повинні були стати базовими при виконанні вказаної програми.

Відомо, що гумусу належить величезна роль в родючості грунту. В ньому накопичуються найважливіші хімічні елементи, такі як азот, фосфор, калій, сірка та інші, які необхідні для нормального розвитку рослин. Тому знання про кількісний вміст гумусу в грунтах, на яких вирощуються сільськогосподарські культури, являються найважливішими для сільськогосподарського виробництва.

Існуючі методи оцінки вмісту гумусу в грунтах надзвичайно точні, але вимагають тривалого часу для виконання, складні та трудомісткі.

Дистанційний метод, який був використаний автором базується на результатах досліджень сильних зв'язків вмісту гумусу із спектральними яскравостями грунтів [2; 3]. В роботі використана колориметрична методика, яка дозволяє кількісно оцінити колір грунту [1-3]. Найбільш результативними показниками, які дозволяють кількісно оцінити вміст гумусу в грунті, є координати кольору, розрахунок яких виконується по формулам:

$$X = k\sum_{i=1}^{k} S(\lambda)\cdot r(\lambda)\cdot \overline{x}(\lambda)\cdot \Delta\lambda$$

$$Y = k\sum_{i=1}^{k} S(\lambda)\cdot r(\lambda)\cdot \overline{y}(\lambda)\cdot \Delta\lambda \qquad (1)$$

$$Z = k\sum_{i=1}^{k} S(\lambda)\cdot r(\lambda)\cdot \overline{z}(\lambda)\cdot \Delta\lambda$$

де

$$k = \frac{100}{\sum_{i=1}^{n} S(\lambda)\cdot \overline{y}(\lambda)\cdot \Delta\lambda} \quad , \qquad (2)$$

де $S(\lambda)$ — відносний спектральний розподіл випромінювання, що падає на ділянці спектру $\Delta\lambda$; $r(\lambda)$ — коефіцієнт спектральної яскравості ґрунту; $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ — функції складання; n — кількість ділянок спектру.

До завдання наземних польових вимірювань входила побудова градуювальної кривої фотометра для визначення вмісту гумусу в ґрунтах вже по результатам дистанційних вимірювань. Фотометрування виконувалось з допомогою наземного шестиканального польового фотометра «Спектр» (рис. 1). Його маса менша 1 кг. Основна похибка вимірювання складає 1,5 % для спектральних коефіцієнтів яскравості. Час одного циклу вимірювання (на шести каналах) складає 2-3 хвилини. Роботу виконували два оператори [5].

При фотометруванні використовувалися шість ділянок спектру з довжинами хвиль 530, 550, 593, 670, 780 та 868 нанометри. Прилад був виготовлений спеціально для наземних польових вимірювань параметрів підстилаючої поверхні у ВНДІСГМ (Всесоюзний науково-дослідний інститут сільськогосподарської метеорології) м. Обнінськ [5]. Під час вимірювань фотометр утримувався над ділянкою грунту на висоті 1,0-1,2 м. При вимірюваннях враховувалися всі фактори, які могли впливати на спектральні властивості грунтів (во-

логість, ступінь обробки грунту та умови освітлення), підбиралися тільки сухі оброблені грунти, які раніше не зрошувалися, Вимірювання проводилися при ясній погоді та при висоті Сонця 40-45° [1-3]. На вибраних полях, що фотометрувалися, відбиралися зразки грунту до глибини ґрунтоутворюючої породи через 10 см для лабораторних вимірювань та побудови градуювальної кривої. Фотометрування проводилося на кожній ділянці грунту по кожному з шести каналів. В лабораторії, підготовлені для дослідження зразки вагою 10-12 г зважувалися на аналітичних терезах, після чого засипалися в кювети і фотометрувалися. Потім штучно утворювався грунт із відомим вмістом гумусу [2-4] і знову проводилося фотометрування зразків.

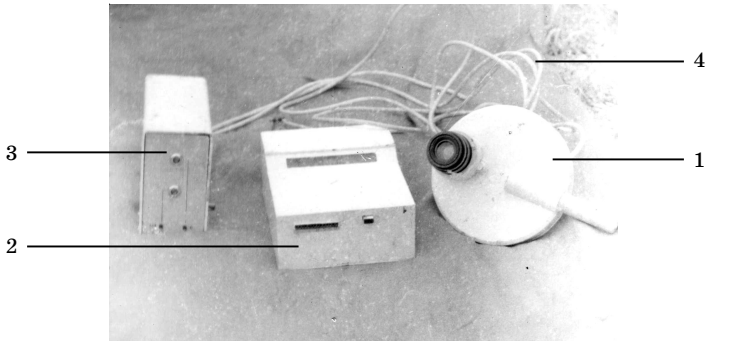


Рис. 1. Наземний польовий фотометр «Спектр»
1 — оптична головка; 2 — блок індикації; 3 — блок живлення; 4 — кабель сполучення

По одержаним спектрограмам були розраховані по формулі (2) координати кольору стандартного джерела випромінювання. Далі знаходилася сума всіх трьох координат:

$$W = X + Y + Z \qquad (3)$$

По розрахованим значенням суми координат W та вмісту гумусу будувався градуювальний графік [2; 3]. З одержаного графіка, враховуючи раніше отримані значення W, можна зняти вміст гумусу для грунтів. Залежність суми координат грунту W від вмісту в них гумусу C (%) показана на рис. 2.

З 6 по 22 серпня 1989 року автор виконав наземні польові спектрофотометричні вимірювання вмісту гумусу в господарствах північної, центральної та південної частин Білгород-Дністровського району та в деяких господарствах Арцизького та Саратського районів. Одержані результати зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Спектральних характеристик ґрунтів та вмісту в них гумусу (Білгород-Дністровський, Арцизький та Саратський райони, серпень 1989 р.)

Число місяця	Час	Стан Сонця	Місце відбору проби	Номер поля / проби	Тип ґрунту	СКЯ ґрунту на довжинах хвилі, нм						Координати кольору ґрунту				Вміст гумусу С, %
						530	550	593	670	780	868	X	V	Z	W	
06	11.35-12.05	02	с. Софіївка	5/354	південний чорнозем	0,11	0,12	0,11	0,14	0,17	0,19	8,25	11,46	0,16	19,87	4,7
	12.45-12.53	02	с. Адамівка	12/383		0,10	0,10	0,09	0,12	0,14	0,15	6,87	9,74	0,09	16,70	5,2
	13.10-13.35	02	с. Микол.	10/334		0,10	0,11	0,10	0,12	0,15	0,16	7,51	10,44	0,09	18,04	4,8
	14.08-14.25	02	с. Вільне	16/371		0,12	0,12	0,11	0,15	0,18	0,19	8,38	11,77	0,14	20,29	4,5
07	12.55-13.34	02	с. Софіївка	11/388		0,12	0,13	0,12	0,15	0,19	0,20	8,96	12,43	0,14	21,53	4,3
	14.10-14.39	02	с. Бритівка	3/339		0,13	0,14	0,13	0,16	0,19	0,21	9,72	13,40	0,14	23,26	4,0
11	11.35-12.07	02	с. Випасне	7/392		0,09	0,11	0,10	0,15	0,16	0,17	7,51	10,14	0,10	17,75	4,7
	12.36-13.03	02	с. Молога	8/263		0,22	0,23	0,18	0,28	0,30	0,33	14,70	21,39	0,23	36,32	2,8
	14.00-14.25	02	с. Семенівка	1/327		0,16	0,18	0,14	0,18	0,23	0,24	11,27	16,35	0,18	27,80	3,5
12	10.38-10.56	02	с. Вигон	13/389		0,08	0,09	0,09	0,11	0,14	0,15	6,43	8,68	0,09	15,20	5,2
	11.47-12.07	02	с. Монаші	2/317		0,13	0,14	0,11	0,15	0,18	0,18	8,87	12,89	0,15	21,91	4,0
	12.37-12.57	02	с. Підгірне	17/321		0,11	0,12	0,10	0,13	0,16	0,17	7,85	11,17	0,15	19,05	4,9
	13.47-14.04	02	с. Н-Царич	4/380		0,09	0,11	0,09	0,12	0,14	0,15	7,00	9,83	0,09	16,92	5,1
14	12.07-12.27	02	смт Арциз	20/350		0,10	0,11	0,10	0,13	0,15	0,16	7,51	10,44	0,09	18,04	4,8
17	12.36-12.48	02	с. Ройлянка	9/392		0,10	0,11	0,09	0,11	0,13	0,14	7,05	10,12	0,09	17,26	4,9
	14.20-14.41	02	с. Ярославка	21/326		0,11	0,12	0,11	0,14	0,15	0,17	8,25	11,46	0,12	19,83	4,6
18	12.03-12.23	02	с. Шабо	18/342	пісок	0,31	0,36	0,25	0,38	0,43	0,46	21,38	31,49	0,41	53,28	0,0
	13.01-13.20	02	с. Шабо	15/320	чорнозем / пісок	0,19	0,22	0,16	0,22	0,26	0,28	13,27	19,46	0,27	33,00	2,7
	14.05-14.25	02	с. Біленьке	6/315	глиниста	0,29	0,30	0,20	0,29	0,33	0,35	17,71	27,09	0,37	45,17	0,8
19	11.00-11.17	02	с. В.Марян	9/362	чорнозем	0,08	0,09	0,08	0,11	0,13	0,15	6,06	8,40	0,09	14,55	5,3
	12.53-13.11	02	с. Черкеси	14/359		0,10	0,11	0,10	0,13	0,15	0,16	7,53	10,44	0,09	18,06	4,9
22	13.16-13.25	02	база ГВЗ	б/н		0,10	0,12	0,13	0,17	0,21	0,22	9,06	11,68	0,09	20,83	4,5

Середній вміст гумусу в грунтах складав 4,0 % станом на серпень 1989 року.

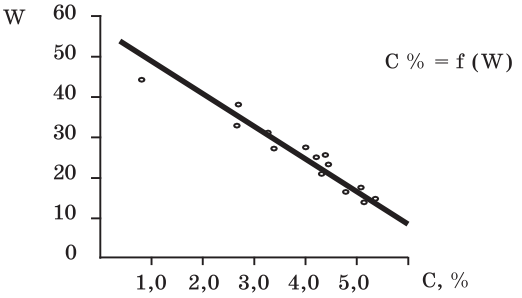


Рис. 2. Градуювальна крива 6-канального фотометра «СПЕКТР»

Для порівняння цих даних, що були отримані автором 20 років тому, ми скористалися даними про вміст гумусу в грунтах Білгород-Дністровського району, які отримали спеціалісти Одеського обласного державного проектно-технологічного центру охорони родючості грунтів. Аналіз результатів вимірювань з інтервалом у 20 років показує, що їх можна вважати майже ідентичними. Деякі розбіжності у визначенні вмісту гумусу (табл. 2) пов'язані з різними методами дослідження, з відсутністю порівняльних вимірювань, різною точністю методів та іншими чинниками, а можливо вони ще відображають зменшення вмісту гумусу.

Таблиця 2

Вміст гумусу на полях Білгород-Дністровського району по даним польового фотометрування грунтів у 1989 р. та по агрохімічним лабораторним даним 2008 р.

Місце відбору проб	Грунт	С, %	
		1989 р.	2008 р.
с. Софіївка	південний чорнозем	4,7	3,1 - 4,0
с. Адамівка		5,2	3,1 - 4,0
с. Миколаївка		4,8	3,1 - 4,0
с. Вільне		4,5	2,1 - 3,0
с. Бритівка		4,0	2,1 - 3,0
с. Випасне		4,7	3,1 - 4,0
с. Молога		2,8	2,1 - 3,0
с. Семенівка		3,6	3,1 - 4,0
с. Вигон		5,2	2,1 - 3,0
с. Монаші		4,0	3,1 - 4,0
с. Підгорне		4,9	3,1 - 4,0
с. Н.Царичанка		5,1	3,1 - 4,0
с. В.Мар янівка		5,3	3,1 - 4,0
с. Черкеси		4,9	3,1 - 4,0
с. Шабо	пісок	0,0	0,0
	чорнозем з піском	2,7	2,1 - 3,0
с. Біленьке	глина	0,8	-

Таким чином, результати вимірювання вмісту гумусу в грунтах спектрофотометричним методом, визначаючи спектральні коефіцієнти яскравості грунтів та їх координати кольору в польових умовах дають досить надійні дані.

Література

1. Федченко П. П., Кондратьев К. Я. Спектральная отражательная способность некоторых почв. — Л.: Гидрометеоиздат, 1981.
2. Федченко П. П. Определение содержания гумуса в почвах по их цвету // Почвоведение. — М.: М. Академия наук СССР, 1982. — № 10.
3. Федченко П. П. Использование спектров отражения почв для определения в них гумуса // География и природные ресурсы. — Новосибирск: Наука, 1983. — № 2.
4. Федченко П. П. Возможности определения гумуса в почвах по данным спектральных измерений // Исследование Земли с Космоса. — М., 1982. — № 5.
5. Наземный полевой фотометр «Спектр»: Техническое описание. — Обнинск: ВНИИСХМ, 1989.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

25.03 - Еремеева Г. П., техник-гидролог сектора гидрометеорологический наблюдений ГМБ Ильичевск - *60 лет*

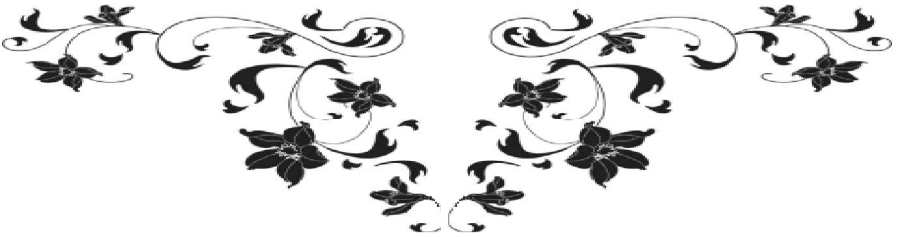
10.04 - Лысак В. Д., техник-агрометеоролог II категории М Сербка - *55 лет*

11.04 - Ересько Г. К., техник-метеоролог МГП-1 Паромная переправа ГМБ Ильичевск - *55 лет*

20.04 - Дашкевич А. В., техник-метеоролог М Затишье - *50 лет*

01.05 - Савтер Л. А., ведущий синоптик отдела метпрогнозов ГМЦ ЧАМ - *50 лет*

25.06 - Ефименко Н. Г., техник-метеоролог категории сектора наблюдений и информации АМСГ Одесса - *50 лет*



НАШИ АВТОРЫ

- Берлинский Н. А., канд. географ. наук, I зам. директора УкрНЦЭМ
- Билетский А. А., студент ОГЭкУ
- Большаков В. Н. канд. географ. наук, ст. науч. сотр. Одесского филиала Ин-та биологии южных морей НАН Украины
- Брагина О. С., ассистент ОГЭкУ
- Волошина А. Г., ОГЭкУ
- Врублевская А. А., канд. географ. наук, доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ
- Галат Е. В., аспирант ОГЭкУ
- Гончарова Л. Д., канд. географ. наук, доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ
- Грандова М. А., науч. сотр. УкрНЦЭМ
- Гурская Ю. М.
- Данова Т. Е., канд. географ. наук, доцент ОГЭкУ
- Дегтярева Л. Н., канд. географ. наук, сотрудник НИС ОГЭкУ
- Дудник Д. С., науч. сотр. сектора исследования состояния морских биоценозов, УкрНЦЭМ
- Енгалычева О. Р., аспирант ОГЭкУ
- Ерофеев Г. А., науч. сотр. УкрНЦЭМ
- Заволокина З. П., начальник отдела морских и речных прогнозов ГМЦ ЧАМ
- Захарова М. В., канд. географ. наук, ассистент каф. гидроэкологии и водных исследований, зам. декана фак-та заочного образования ОГЭкУ

- Зинченко М. М., преподаватель Белгород-Днестровского госуд. аграрного техникума
- Золотарев Г. Г., зав. сектором организации и обеспечения морского экологического мониторинга отдела аналитических исследований и организации морского экологического мониторинга, УкрНЦЭМ
- Золотарева И. Г., науч. сотр. отдела научных исследования морской среды и прибрежной зоны, УкрНЦЭМ
- Ивус Г. П., канд. географ. наук, профессор, зав. каф. теоретической метеорологии ОГЭкУ
- Ильина В. Г., канд. географ. наук, доцент каф. прикладной экологии ОГЭкУ
- Казаков А. Л., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ
- Калошина Н. С., науч. сотр. УкрНЦЭМ
- Катеруша Г. П., канд. географ. наук, доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ
- Кибальчич И., ОГЭкУ
- Ковалишина С. П., канд. биол. наук, зав. сектором исследования состояния морских биоценозов УкрНЦЭМ
- Коломеец Т. С., ведущий инженер отдела агрометеорологии ГМЦ ЧАМ
- Корбан В. Х., доктор тех. наук, зав. каф. экспериментальной метеорологии ОГЭкУ
- Корбан-Порохницкая Ж. Н., техник отдела аэрологических наблюдений ГМЦ ЧАМ
- Ломакин Е. П., науч. сотр. УкрНЦЭМ
- Малахов И. В., науч. сотр. УкрНЦЭМ

- Маринин И. Л., канд. геогр. наук, доцент каф. физики атмосферы и климатологии ОГЭкУ
- Матыгин А. С., канд. физ.-мат. наук, науч. сотр. сектора гидрофизических исследований УкрНЦЕМ
- Мизевич А. Ф., начальник лаборатории наблюдений за загрязнением окружающей среды ГМЦ ЧАМ
- Онучина Ю. П., магистр ОГЭкУ
- Попов Ю. И., канд. географ. наук, вед. науч. сотр. сектора гидрофизических исследований УкрНЦЭМ, сотр. отдела методического руководства ГМЦ ЧАМ
- Прокофьев О. М., аспирант, ОГЭкУ
- Семенова О. А., ассистент каф. гидробиологии и общей экологии Одесского нац. ун-та им. И. И. Мечникова
- Семергей-Чумаченко А. Б., канд. географ. наук, доцент каф. теоретической метеорологии ОГЭкУ
- Сенькова О. И., начальник отдела агрометеорологии ГМЦ ЧАМ
- Стоянова Т. В., начальник Главного управления статистики в Одесской области
- Сытов В. Н., канд. географ. наук, начальник ГМЦ ЧАМ
- Украинский В. В., ст. науч. сотр., зав. сектором гидрофизических исследований УкрНЦЭМ, сотр. отдела методического руководства ГМЦ ЧАМ
- Чернякова О. И., ст. преподаватель каф. прикладной экологии ОГЭкУ
- Чугай А. В., канд. географ. наук, доцент каф. прикладной экологии ОГЭкУ
- Шаров В. И., науч. сотр. УкрНЦЭМ

СОДЕРЖАНИЕ

Оцінка стану забруднення атмосферного
повітря на території України у 2008 році
(за даними мережі спостережень гідрометслужби) ***3***

Т. В. Стоянова, В. М. Ситов, А. Ф. Мізевич
Стан навколишнього природного
середовища в Одеській області у 2008 р. ***15***

В. Н. Большаков, В. Н. Сытов
Прозрачность атмосферы над Одессой ***40***

А. В. Чугай
Оценка загрязненности
атмосферного воздуха г. Одессы ***46***

И. Л. Маринин, О. Р. Енгалычева
Некоторые оценки характеристик острова тепла г. Одесса ***52***

О. Л. Казаков, Ю. П. Онучина
Особливості виникнення
СГЯ по вітру на півдні України ***61***

Г. П. Івус, А. Б. Семергей-Чумаченко, А. Ф. Мізевіч
Оцінка забруднення
атмосферного повітря над Одесою
пилом та діоксидом сірки у січні 2003-2007 рр. ***70***

Л. Д. Гончарова
Режим зволоження території Одеського регіону
протягом XX століття (осінній та весняний сезони) ***77***

О. О. Врублевська, Ю. М. Гурська
Часова мінливість характеристик
радіаційного режиму в районі міста Одеси ***83***

О. О. Врублевська, Ю. М. Гурська
Режим годинних і добових сум прямої
сонячної радіації на перпендикулярну поверхню в Одесі ***91***

В. Х. Корбан, Л. Н.Дегтярева, Ж. Н. Корбан-Порохницкая
Радиолокационная информация
об осадках в моделях прогноза наводнений ***97***

М. М. Зінченко
З практики вимірювання атмосферних опадів ***101***

О. Л. Казаков, Ю. П. Онучина
Особливості виникнення морських СГЯ
по вітру в Азово-Чорноморському басейні (АЧБ) ***102***

З. П. Заволокина
Донесение о гидрометеорологическом
обслуживании зимней навигации в
северо-западном районе Черного моря в 2008-2009 гг. ***109***

С. П. Ковалишина, Н. С. Калошина,
М. А. Грандова, Д. С. Дудник
О гидробиологическом и гидрохимическом
состоянии прибрежных акваторий г. Одессы ***112***

Е. П. Ломакин
Годовая изменчивость термохалинных
показателей северо-западного региона
Черного моря на основе климатических данных ***116***

Г. Г. Золотарев,
И. Г. Золотарева, И. В. Малахов, Г. А Ерофеев
Геологические и экологические исследования
на северо-западном шельфе Черного моря
в сентябре 2008 года (29-й рейс НИС «Владимир Паршин»). ***124***

Ю. И. Попов, А. С. Матыгин,
В. В. Украинский, Е. П. Ломакин, И. В. Малахов
Особенности гидрологической структуры
вод юго-восточной части северо-западного
шельфа Черного моря в сентябре 2008 г. ***126***

И. В. Малахов, В. И. Шаров,
А. С. Матыгин, Ю. И. Попов, В. В. Украинский
Вертикальная структура
гидрохимических характеристик на свале
глубин северо-западного шельфа Черного моря ***136***

А. Г. Волошина, Н. А. Берлинский
Загрязняющие вещества контролируемого
судового балласта и их влияние на морскую среду ***148***

О. А. Семенова
Токсическое действие
тяжелых металлов на водоросли ***155***

Т. Є. Данова, О. С. Брагіна
Вплив північноатлантичного коливання
на температурно-вологістні характеристики
території України ***167***

Т. Е. Данова, И. Кибальчич
Динамика параметров тропосферы
над Гренландией и их связь с климатическими индексами ***175***

Т. Е. Данова, Е. В. Галат
Применение метода взаимного
спектрального анализа к концентрации
морского льда Арктики и индексу Гольфстрим ***183***

Т. Е. Данова, О. М. Прокофьев
Статистические характеристики
приземной температуры воздуха прибрежных
станций Антарктиды и Антарктического полуострова ***189***

Г. П. Катеруша
Статистичний аналіз
еквівалентно-ефективних температур на
українській антарктичній станції Академік Вернадський ***196***

Г. П. Катеруша
Біокліматична оцінка погодних
умов на станції Академік Вернадський ***202***

Г. А. Ерофеев
История и современное экологическое
состояние Шаболатского (Будакского) лимана ***211***

М. В. Захарова, А. О. Білетський
Імовірнісний прогноз критичних концентрацій
забруднювальних речовин у воді річки Тиси ***222***

О. И. Сенькова, Т. С. Коломеец
Особенности выращивания рапса ***227***

В. Г. Ільїна, О. І. Чернякова
Оцінка забруднення грунтово-рослинного
покриву Одеської області радіонуклідами
під впливом застосування зрошення ***232***

В. Г. Ільїна, О. І. Чернякова
Оцінка впливу мінерального живлення рослин на
якісні характеристики агроекосистем Львівської
області за допомогою математичного моделювання ***240***

М. М. Зінченко
Деякі результати визначення гумусу
в грунтах по даним спектрофотометруваня ***247***

НАШИ ЮБИЛЯРЫ..... ***253***

НАШИ АВТОРЫ..... ***254***

ОПК «Евротойз»
Тираж 150 экземпляров
65010, г. Одесса, ул. Палубная 9/4
тел/факс: (048) 714-91-71