

ВПЛИВ УМОВ ОТРИМАННЯ ВОДИ ІЗ ПОВІТРЯ НА МІКРОБІОЦЕНОЗ КОНДЕНСАТУ

Коваленко О. О., Кормош К. Ю., Величко Т. О., Василів О. Б., Ємонакова О. О.

1. Вступ

Отримання води із повітря є одним із шляхів альтернативного забезпечення питною чи технічною водою регіонів з дефіцитом прісної води. Зокрема, використовувати таку воду можна в рекреаційних зонах півдня і сходу України, які не мають централізованого водопостачання, а якість води з природних підземних чи поверхневих джерел має низьку якість і потребує складної та дорогої технології очищення води [1]. Також отримувати і використовувати воду із повітря можна в зоні АТО [2].

Для отримання води із атмосферного повітря сьогодні використовують різні за конструкцією пристрої, серед яких для є також кондиціонери повітря. В сучасних санаторно-курортних комплексах розміщено значну кількість побутових кондиціонерів. В літній період їх застосовують для охолодження повітря приміщень. Вода, яка утворюється в них, є вторинними продуктом, який, як правило, ніде не використовується. Хоча кількість її достатня, щоб після доочищення та кондиціювання використовувати для певних потреб бази відпочинку чи санаторію [1]. Тому актуальною є розробка технології водопідготовки, а першочерговим завданням цієї роботи є вивчення впливу умов отримання води із повітря на її якість. Встановлені закономірності дозволять визначити умови, при яких вода, отримана із повітря буде мати кращі органолептичні, хімічні і мікробіологічні показники, а технологія її подальшого оброблення потребуватиме менших ресурсних витрат.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є мікробіоценоз води, отриманої із атмосферного повітря за допомогою побутових кондиціонерів спліт-систем. Необхідність дослідження мікробіоценозу води в першу чергу обумовлено тим, що особливості його видового і кількісного складу визначають епідемічну безпечність такої води та можливість її використання в питному чи технічному водопостачанні. Адже використання води, якість якої не відповідає діючим гігієнічним нормативам, може призвести до інфекційних хвороб та паразитарних інвазій у людей.

Одним з найбільш проблемних місць вивчення даного об'єкту є те, що мікробіоценоз водного середовища характеризується значною різноманітністю мікроорганізмів. Тому в рамках даної роботи визначалися лише мікробіологічні показники, регламентовані ДСанПіН «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [3]. Зокрема, визначали показники епідемічної безпеки (загальне мікробне число, бактерії групи кишкової палички, синьогнійну паличку, золотистий стафілокок), а також групу мікроміцетів. Відо-

мостей за цими показниками достатньо, щоб обґрунтувати вибір ефективних технологічних режимів процесу знезараження води та дезінфекції тари і обладнання, що контактує з водою.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є дослідження впливу умов отримання води із повітря на показники її якості, зокрема мікробіологічні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Визначити атмосферні умови та вміст забруднюючих речовин в повітрі біля експериментальних кондиціонерів.
2. Встановити вплив розміщення точок забору зразків повітря відносно рівня моря та віддаленості від промислових підприємств, транспортних магістралей і берегової смуги на рівень забруднення повітря.
3. Визначити показники епідемічної безпеки та інші мікробіологічні показники води, отриманої із повітря за допомогою різних настінних кондиціонерів спліт-систем, що працюють в режимі «охладження» повітря приміщень.
4. Встановити залежність між забрудненістю повітря, кліматичними умовами, конструктивними особливостями і умовами експлуатації побутових кондиціонерів спліт-систем та мікробіологічними показниками якості води, отриманої із повітря.
5. Визначити умови, при яких конденсат атмосферної вологи від настінних кондиціонерів спліт-систем доцільно використовувати для питних чи технічних потреб.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Для отримання води із повітря сьогодні використовують вітрогенератори автономного типу, які виробляють електричну енергію і воду [4]. Також відомо про біг-борди з комбінованою поверхнею з гідрофільних і гідрофобних матеріалів [5], «водоносні дерева» [6] або сітчасті панелі з водопоглинаючих матеріалів. В офісах для отримання води із повітря використовують осушувачі повітря [7]. Для регіонів з дефіцитом води і енергії пропонують використовувати абсорбційні водоаміачні холодильні машини, які в якості джерела енергії використовують сонячне випромінювання [8]. Також для отримання води із повітря може бути використаний побутовий кондиціонер повітря [9–11].

Огляд літературних джерел, присвячених проблемі отриманням води із повітря за допомогою кондиціонерів, показує, що питанню якості такої води та впливу на неї різних факторів присвячено дуже мало досліджень. Тому, напевно, в обговореннях цієї тематики представлені зовсім протилежні думки. Одні автори вважають, що конденсат із кондиціонера людині вживати не можна, та для технічних потреб вона підходить [12]. Інші, навпаки, говорять що така вода досить чиста [2]. Є і більш ґрунтовні роздуми з цього питання. Автори зазначають, що якість конденсату із кондиціонера залежить від запиленості повітря, матеріалів кондиціонера, правильності монтажу дренажних трубок тощо. В зв'язку з цим в отриманій із повітря воді можуть міститися різні забруднюючі речовини і їх концентрація також буде різною. Та після спеціального оброблення конденсат води із кондиціонера можна використовувати як в питному (люди, тварини), так і технічному водопостачанні (зрошування землі, полив зелених насаджень, санітарна обробка приміщень і територій, робота фонтанів і градирень тощо) [13–15].

Зовсім іншою є ситуація з розробкою технічних питань отримання води із повітря. В літературі [2, 4–11] представлено різні конструкції, методики розрахунків і підходи щодо проектування обладнання чи пристроїв, за допомогою яких можна сконденсувати атмосферну вологу.

Слід зазначити, що авторами роботи попередньо вже були виконанні експериментальні дослідження якості води, отриманої із повітря за допомогою побутового кондиціонера [1]. Але вивчення зміни якості води в залежності від умов, в яких вона була отримана, не проводилися. А як вже зазначалося вище, такі дослідження є важливими.

5. Методи дослідження

В експерименті зразки води із повітря отримували в процесі роботи трьох побутових настінних кондиціонерів. Слід зазначити, що всі кондиціонери на момент проведення експерименту експлуатувалися вже тривалий час. Вони охолоджували повітря в приміщеннях баз відпочинку на території рекреаційних зон та закладів ресторанного господарства, розташованих вздовж узбережжя Чорного моря в м. Одесі і Одеській області, Україна.

Місця для отримання зразків води із повітря були підібрані так, щоб для їх отримання використовувалися кондиціонери одного виробника з однаковими технічними характеристиками (тип кондиціонера, холодопродуктивність, номінальна напруга, тип холодоагенту, витрати циркулюючого повітря). Відрізнялися кондиціонери конструктивними характеристиками, а саме типом компресорів та системою фільтрів для очищення повітря (табл. 1) [16, 17].

Таблиця 1

Технічні і конструктивні характеристики експериментальних кондиціонерів

Основні характеристики	Модель кондиціонера і його номер в експерименті	
	Sensei FTB-25GR (кондиціонер № 1)	Sensei FTI-25MR (кондиціонери № 2 і № 3)
Тип кондиціонера	спліт-система	спліт-система
Тип компресору	не інвертор	інвертор
Холодопродуктивність, кВт	2,5	2,5
Спожита потужність в режимі охолодження, Вт	0,82	0,65
Номінальна напруга в режимі охолодження, В	220	220
Мінімальна температура повітря в режимі охолодження, °С	+18	+18
Холодоагент	фреон R410A	фреон R410A
Режим осушення повітря, л/год	1	1
Витрати циркулюючого повітря, м ³ /год	500	500
Матеріал випарника	мідні трубки з гідрофільним алюмінієвим оребрением, що виявляє антикорозійні властивості	
Фільтри кондиціонера	механічний + плазмовий	механічний + антиоксидантний
Інші функції	іонізатор, авторестарт	іонізатор, авторестарт

Різною також була висота розміщення кондиціонерів над рівнем моря та віддаленість кондиціонерів від джерел забруднення (промислових підприємств, транспортних магістралей) і берегової смуги (табл. 2). Відстань між кондиціонерами та джерелами забруднення повітря орієнтовно визначено за географічною картою за прямою, проведеною від одного пункту до другого.

Таблиця 2

Розташування кондиціонерів в експерименті

Характеристика	Кондиціонер		
	№ 1	№ 2	№ 3
Географічне розташування кондиціонеру	Одеська обл., Комінтернівський район, с. Чорноморське, база відпочинку «Чабанка»	м. Одеса, 13 станція Великого Фонтану, пляжна зона «Рив'єра»	м. Одеса, пляж Ланжерон
Висота розташування кондиціонеру над рівнем моря, м	2,8	3,0	2,5
Віддаленість кондиціонеру від:			
– берегової смуги, м	250,0	100,0	150
– від центру м. Одеси, км	32	15	3
– Одеського залізничного вокзалу (ст. Одеса – Головна), км	23	9,1	2,5
– Одеського морського порту, км	27	12	2,6
– ПАТ «Одеський припортовий завод», км	24	58	47
– Морського торговельного порту «Южний», км	27	61	50
– ПАТ «Одеський НПЗ», км	18	20	9,3
– Міжнародний аеропорт «Одеса», км	27	11	11

Зразки води із трьох кондиціонерів для даного дослідження були отримані протягом однієї доби (30.05.2016). Для визначення показників якості використовували зразки води, відібрані близько опівдня та опівночі. В отриманих зразках води визначали показники епідемічної безпеки (табл. 3). Отримані значення показників якості води із повітря, порівнювали із вимогами [3]. Також порівнювали між собою значення аналогічних показників якості зразків води, отриманої із повітря за різних умов.

Для встановлення впливу забрудненості атмосферного повітря в місцях розташування кондиціонерів на якість води із повітря виконували дослідження вмісту різних домішок в повітрі. Дослідження були виконанні паралельно з відбором зразків води в зазначений вище день і час. Для цього використовували Пост екологічний пересувний модернізований ПЕП-1-1М (Росія), призначений для оперативних спостережень забрудненості приземного шару атмосферного повітря, зокрема вимірювання масових концентрацій і контролю вмісту таких забруднюючих речовин, як CO, NO₂, NO, SO₂, H₂S, пилу, вуглеводнів (насичених, ненасичених і ароматичних), аміаку, озону.

Таблиця 3

Методи і основне обладнання, використані для визначення показників епідемічної безпеки води

№ з/п	Показник якості води, одиниця вимірювання	Метод дослідження	Лабораторне обладнання, прилади, матеріали
1	2	3	4
1	Загальне мікробне число, КУО в см ³ : – при 22 °С; – при 37 °С	Метод глибинного посіву зразка води у поживний агар і підрахунок усіх колоній мікроорганізмів, які можна побачити при (2–5)-кратному збільшенні, що виростили при температурі (36±1) °С протягом (24±2) годин чи при (22±1) °С протягом 48 годин в глибині та на поверхні поживного агару [18, 19]	– термостати електричні з автоматичним терморегулятором для температурних режимів (37±1) °С та (44±1) °С; – водяні бані для температурних режимів (75±5) °С, (45...49) °С (для поживних середовищ); (100±5) °С; – шафа сушильна, що забезпечує сталість температури; – прилад для мембранної фільтрації під вакуумом з діаметром фільтруючої поверхні 47 мм; – пристрій для створення розрідження (0,5...1,0) атм; – мембранні фільтри з діаметром пор 0,47 мкм (Владіпор) або нітроцелюлозні мембрани з діаметром пор 0,5 мкм; – центрифуга лабораторна; – ваги лабораторні загальнопризначення 4 класу точності, з межею зважування до 1000 г за ГОСТ 24104-80;
2	Загальні коліформи, КУО в 100 см ³	Метод полягає у фільтрації певного об'єму води через мембранні фільтри, вирощуванні посівів на диференційно-діагностичному живильному середовищі з лактозою та наступною ідентифікацією колоній за культуральними та біохімічними властивостями. При цьому враховують, що загальні коліформні бактерії – це грамнегативні, безспорові, оксидазонегативні палички, які ферментують глюкозу і лактозу до кислоти, альдегіду й газу при (37±1) °С протягом (24...48) годин. До числа загальних коліформних бактерій входять і термотолерантні коліформні бактерії, які володіють всіма їх ознаками і, крім того, здатні ферментувати лактозу до кислоти, альдегіду і газу при температурі (44±0,5) °С протягом 24 годин [18, 20]	– ваги лабораторні аналітичні загального призначення і зразкові за ГОСТ 24104-88 з найбільшою межею зважування 200 г, не нижче 2-го класу точності; – термометр ртутний з діапазоном вимірювання від 20 до 200 °С з ціною поділки шкали 1 °С; – термометр ртутний з діапазоном вимірювання від 0 до 100 °С з ціною поділки шкали 0,5 °С; – рН-метр, що забезпечує вимірювання з похибкою ±0,01 рН;
3	<i>Escherichia coli</i> , КУО в 100 см ³	Метод визначення полягає в концентруванні бактерій з певного об'єму води за допомогою мембранного фільтру, інкубації їх при (37±0,5) °С на середовищі Кеслера та Ендо, диференціюванні виростих колоній і підрахунку кількості бактерій групи кишкових паличок на 1 дм води. В разі виявлення газу в поживному середовищі чи темно-червоних колоній з металічним блиском, то по 2–3 таких колонії з кожного сектору висівають паралельно в пробірки з лактозним середовищем та бульйоном Хоттінгера для підтвердження наявності <i>E. coli</i> . Лактозне середовище попередньо нагрівають на водяній бані до температури (43... 44) °С [18]	

Продовження таблиці 3

1	2	3	4
4	Ентерококи, КУО в 100 см ³	Метод визначення ентерококів (<i>E. faecalis</i> , <i>E. faecium</i> , <i>E. avium</i> , <i>E. gallinarum</i>) передбачає висівання певної кількості продукту при його розведенні в рідкому елективному середовищі або на поверхню щільного елективного середовища, аеробне культивування посівів при (37±1) °С протягом (24...48) годин, диференціюванні вирослих колоній і її підрахунку мікроорганізмів [21]	– дистиллятор електричний, що забезпечує якість дистильованої води згідно з ГОСТ 6709-72; – стерилізатор сухим повітрям для температурного режиму (180±5) °С; – стерилізатор паровий медичний за ГОСТ 19569; – автоклав для стерилізації при температурі (119...124) °С; – холодильник побутовий електричний; – витяжна шафа для роботи з хлороформом при проведенні аналізу на колифаги; – плитка електрична за ГОСТ 14919; – мікроскоп світловий за ГОСТ 8074; – лупа з дворазовим збільшенням; – оптичний стандарт каламутності на 10 од.;
5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , КУО в 100 см ³	Визначення здійснюють мікробіологічним методом, в якому здатність до пігментоутворення є важливою діагностичною ознакою. Метод передбачає висівання досліджуваного матеріалу на тверде поживне середовище, інкубування посіву в аеробних умовах при (37±1) °С протягом (16...18) годин. Отриману бактеріальну масу в кількості однієї бактеріологічної петлі поміщають в 300 см ³ фізіологічного розчину і прогрівають при (98...99) °С протягом (20...30) хвилин, центрифугують при 12000 об/хв протягом 30 секунд. У супернатант додають барвник для електрофоретичної детекції в кількості 0,5 см ³ і 20 см ³ . В лунку розміром 4×1 мм вносять 1,2 % агарозного гелю на ТАЕ-буфері з 10 см ³ 1 % бромистого етидія [22, 23]	– дозатори для розливу поживних середовищ; – дозатори піпеточні за ТУ 64-16-55-90 з діапазоном об'єму доз (20...200) см ³ , (200...1000) см ³ і дискретності встановлення доз 5 см ³ ; – бактерицидна лампа; – спиртівка згідно з ГОСТ 25336; – петлі бактеріологічні; – поплавки бактеріологічні; – стерильні покривні скельця за ГОСТ 6672; – скельця предметні за ГОСТ 9284; – чашки Петрі за ГОСТ 25336; – штативи для пробірок за ГОСТ 12026; – порцелянові ступки з товчачиками; – скальпель, ГОСТ 21240;
6	<i>Staphylococcus aureus</i>	Метод передбачає фільтрування проби в об'ємі 50 мл через 2 чи 3 фільтра з метою отримання ізольованих колоній, розміщення фільтрів на молочно-жовтково-сольовому агарі і інкубування при температурі 37 °С протягом 24 годин. Далі підраховують опуклі блискучі колонії білого, палевого, золотистого кольору, оточені райдужною з перламутровим блиском зоною. При необхідності підтвердження належності бактерій до <i>Staphylococcus aureus</i> підозрілі колонії пересівають на молочно-жовтковий агар бляшками, мікроскопують, визначають плазмокоагуляційну активність. При наявності дрібних грам-позитивних коків, розташованих у вигляді грон, і коагульованої плазми дають позитивну відповідь [24]	

Закінчення таблиці 3

1	2	3	4
7	<p>Мікроміцети родів: <i>Aspergillus</i> <i>Penicillium</i> <i>Cladosporium</i></p>	<p>Метод передбачає висівання проб води на специфічне агаризоване поживне середовище з подальшою інкубацією, підрахунком та ідентифікацією вирослих колоній. Методика включає підготовку проб води, фільтрацію через мембранні фільтри, які потім накладаються на поверхню агаризованого поживного середовища Сабуро з дихлораном в концентрації 2 мкг/см³ (запобігає повзучості грибів, що утруднює підрахунок окремих колоній) [25, 26]</p>	<ul style="list-style-type: none"> – шпатель, ГОСТ 10778; – анатомічні пінцети для роботи з мембранними фільтрами; – годинник піщаний за ГОСТ 10576; – посуд мірний лабораторний за ГОСТ 1770-74; – посуд лабораторний скляний за ГОСТ 25336-82; – колби за ГОСТ 1770-74; – піпетки, ГОСТ 29227; – пробірки ГП-16-150 за ГОСТ 25336; – склянки, циліндри мірні за ГОСТ 177; – лійки за ГОСТ 25336; – ємкості для приготування поживних середовищ; – олівці або фломастери по склу; – вата бавовняна медична гігроскопічна; – папір фільтрувальний; – марля медична

ПЕП-1-1М є приладом з буквеною і цифровою індикацією величини вимірюваних параметрів на рідкокристалічному індикаторі, з можливістю запам'ятовування до 250 результатів вимірювань [27]. Вимірювання здійснювали за допомогою газоаналізаторів, аналізатору пилу і хроматографу, які входять до складу ПЕП-1-1М. В табл. 4 наведено методи і обладнання, використанні для визначення вмісту забруднюючих речовин в атмосферному повітрі в місцях розташування кондиціонерів.

Пересувний екологічний пост ПЕП-1-1М також використовували для визначення атмосферних умов в місцях розташування кондиціонерів. Зокрема, за допомогою автоматичного метеорологічного комплексу, який є складовою ПЕП-1-1М вимірювали температуру і відносну вологість повітря, атмосферний тиск і швидкість вітру. Також визначали температуру конденсату і його кількість.

Таблиця 4

Методи і обладнання для дослідження забрудненості атмосферного повітря*

Забруднююча речовина атмосферного повітря	Метод визначення	Діапазон вимірювання концентрації, мг/м ³	Межі похибки вимірювання		Обладнання
			приведеної, %	відносної, %	
1	2	3	4	5	6
1. Вуглецю оксид	Метод передбачає окислення оксиду вуглецю до двоокису, поглинання останнього слабким розчином лугу з наступним кондуктометричним визначенням кількості вуглекислоти	3...50	–	±20	Газоаналізатор К-100 (Росія)
2. Озон	Концентрація озону в повітрі здійснюється електророзрядним методом	0...0,50	±20	±25	Газоаналізатор серії Р-310 А (Росія)
3. Аміак	Масова концентрація аміаку в пробах атмосферного повітря визначається фотометричним методом з саліцилатом натрію	0,02...5,0	±25	±22	Газоаналізатор серії Р-310 А (Росія)
4. Пил	Контроль пилового навантаження здійснюється за пиловим фактором шляхом вимірювання вмісту вільного діоксиду кремнію	0...30	±20	±20	Аналізатор пилу ДАСТ (Росія), фільтри АФА-ВП-10 (Росія)
5. Азоту діоксид	Масові концентрації оксиду і діоксиду азоту визначаються за реакцією з реактивом Грісса-Ілосвая методом фотометрії	0...20,0	±23	±8	Прилад для відбору проб повітря типу ПА-40М-1 (Росія), фотометр фотоелектричний КФК-3 (Росія)
6. Сірководень	Метод полягає в поглинанні сірководню з випробуваного газу підкисленим розчином оцтовокислого цинку і подальшому спектрофотометричному визначенні метиленового синього, що утворюється в кислому середовищі при взаємодії сульфиду цинку з диметил-л-фенілендіаміном в присутності хлориду заліза (III)	0...0,3	±25	–	Газоаналізатор СВ-320 (Росія), фотометр КФК-2 МП (Росія), лічильник газовий барабанний РГ-7000 (Росія), барометр-анероїд БАММ-1 (Росія)

Примітка: * – дані взяті з [28–32].

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
7. Ангідрид сірчистий	Метод базується на флуоресцентному випромінюванні світла молекулами SO ₂ , попередньо збудженими за допомогою ультрафіолетового випромінювання	0...0,05	±25	±2 %	Газоаналізатор СВ-320 (Росія)
8. Вуглеводні насичені	Вимірювання масових концентрацій вуглеводнів насичених C ₁₂ –C ₁₉ (у перерахунку на сумарний органічний вуглець здійснюється хроматографічним методом, в основі якого використання властивостей складних сумішей на хроматографічній колонці	0,2...1000	–	±20	Хроматограф з автоматичним пробовідбором Кристал-5000.1 (Росія)

Примітка: * – дані взяті з [28–32].

Пост екологічний пересувний мобільний, а також допомога при визначенні забрудненості повітря і атмосферних умов були надані аналітичною лабораторією Департаменту екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації м. Одеси, Україна.

6. Результати дослідження

6.1. Атмосферні умови, при яких отримано конденсати атмосферної вологи

Відомості про атмосферні умови в день відбору зразків конденсату атмосферної вологи, отримані експериментальним шляхом, наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Експериментальні дані про атмосферні умови в місцях відбору конденсату води

Показник	Кондиціонер № 1		Кондиціонер № 2		Кондиціонер № 3	
	опівночі	опівдні	опівночі	опівдні	опівночі	опівдні
Температура повітря, °С	+17	+24	+19	+26	+18	+27
Атмосферний тиск, мм. рт. ст	753	765	750	770	760	777
Відносна вологість повітря, %	82	75	84	78	88	80
Швидкість вітру, м/с	3	6	5	7	5	7
Витрати конденсату, дм ³ /год	0,25	0,4	0,35	0,5	0,45	0,59
Температура конденсату, °С	+12	+16	+14	+19	+12	+16

Аналіз отриманих результатів (табл. 5) дозволяє відмітити наступне:

- підвищення температури і вологості навколишнього середовища, а також підвищення швидкості вітру обумовлює зростання кількості води, отриманої з повітря за допомогою побутового кондиціонера;
- кількість сконденсованої за допомогою кондиціонерів типу Sensei FTB-25GR та Sensei FTI-25MR (табл. 1) атмосферної вологи при температурі навколиш-

нього середовища від 17 до 24 °С, відносній вологості в межах від 75 до 88 % та швидкості вітру в межах від 3 до 7 м становить в середньому від 7,5 до 12,5 $\text{дм}^3/\text{добу}$.

6.2. Забрудненість атмосферного повітря в місцях отримання з нього води

Результати визначення забрудненості атмосферного повітря різними домішками біля експериментальних кондиціонерів наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Кондиціонер	Час відбору проби повітря	Вміст забруднюючої речовини, $\text{мг}/\text{м}^3$							
		Вуглецю оксид, $\text{мг}/\text{м}^3$	Озон, $\text{мг}/\text{м}^3$	Аміак, $\text{мг}/\text{м}^3$	Пил, $\text{мг}/\text{м}^3$	Азоту діоксид, $\text{мг}/\text{м}^3$	Сірководень, $\text{мг}/\text{м}^3$	Ангідрид сірчистий, $\text{мг}/\text{м}^3$	Вуглеводні насичені C_{12} – C_{19} (у перерахунку на сумарний органічний вуглець), $\text{мг}/\text{м}^3$
№ 1	опівночі	3,2	0,018	0,054	0,0852	0,015	0,0012	0,006	1,1
	опівдні	4,8	0,01	0,07	0,08	0,02	0,002	0,015	1,25
№ 2	опівночі	3,2	0,0018	0,054	0,0852	0,015	0,0012	0,006	1,1
	опівдні	4,99	0,015	0,06	0,023	0,02	0,002	0,015	1,25
№ 3	опівночі	4,6	0,0015	0,042	0,099	0,12	0,0012	0,045	1,2
	опівдні	4,99	0,015	0,06	0,044	0,033	0,0044	0,018	1,012
ГДК (максимальна разова), $\text{мг}/\text{м}^3$ *		5	0,16	0,2	0,5	0,085	0,008	0,5	1

Примітка: * – дані взяті з [33].

Як можна бачити з табл. 6, в зразках повітря, відібраних біля трьох експериментальних кондиціонерів спостерігаються високі концентрації оксиду вуглецю, вуглеводнів, а також аміаку. При цьому в усіх зразках повітря перевищення значення ГДК є за вмістом вуглеводнів, а близьким до значення ГДК є показник вмісту оксиду вуглецю.

Високий вміст саме таких забруднюючих речовин в зразках повітря можна пояснити тим, що вуглекислий газ і вуглеводні є продуктами спалювання різних видів палива (вугілля, нафти, природного газу, біомаси), яке використовує транспорт і промислові підприємства [34]. А з табл. 2 видно, що транспортних магістралей і підприємств навколо місць розміщення експериментальних кондиціонерів багато. Причиною ж високого вмісту аміаку в повітрі може бути як діяльність підприємства з виробництва та реалізації аміаку, карбаміду і добрив в м. Южне, Україна (ПАТ «Одеський НПЗ»), так і діяльність сільських господарств.

Аналіз експериментальних даних, наведених в табл. 6, також дозволив виявити наступну закономірність: концентрації забруднюючих речовин (оксиду вуглецю, аміаку, сірководню, озону) в усіх зразках повітря вищі в денний період, а концентрація пилу в повітрі – в нічний період доби. Це можна пояснити тим, що саме протягом дня транспортні потоки та діяльність підприємств є більш інтенсивними. Протягом ночі, навпаки, створюються більш сприятливі умови для осадження твердих часток з повітря і скупчення їх в приземному шарі атмосфери.

За показниками вмісту в зразках повітря діоксиду азоту, ангідриду сірчистого і насичених вуглеводнів подібна закономірність не спостерігається. Так, для зразків повітря, відібраних біля кондиціонерів № 1 і № 2 вміст діоксиду азоту, ангідриду сірчистого і насичених вуглеводнів є вищим вдень, а для зразків повітря, отриманих біля кондиціонеру № 3 є вищим вночі (табл. 6).

Збільшення концентрації озону в повітрі в денний період можна пояснити тим, що в нижньому шарі атмосфери (до 30 км від поверхні Землі) озон додатково може утворюватися в результаті фотохімічних реакцій, зокрема при взаємодії оксидів азоту і гідрокарбонатів [34]. Як вже було зазначено вище, в денний період доби в повітрі збільшується концентрація оксидів азоту. Концентрація гідрокарбонатів у повітрі також зростає внаслідок більш інтенсивного випаровування води з поверхні моря.

Підвищення концентрації сірководню в повітрі протягом дня пояснюється більш інтенсивною в цей період промисловою діяльністю. Адже він є складовою газових викидів, зокрема, хімічних і нафтопереробних підприємств. Крім того, не варто забувати і про сірководень, який знаходиться в безкисневих шарах Чорного моря. Перемішування води в морі може спричиняти підйом сірководню до поверхні моря та потрапляння його в атмосферу разом з бризками води.

Доцільно зазначити, що діоксид азоту є продуктом згоряння викопних видів палива, які містять азотні сполуки та продуктом фотохімічного окислення азоту повітря. Він є складовою вихлопних газових викидів транспорту, а його концентрація визначається режимом та організацією процесів горіння палива. Найбільша концентрація діоксиду азоту спостерігається на перехрестях доріг та стоянках машин, де транспорт працює на змінних режимах. Також оксиди азоту потрапляють в повітря із викидами підприємств хімічної промисловості, виробництва мінеральних добрив, бактеріального розкладу силосу. Щодо ангідриду сірчистого, то він є основним представником димових викидів котельних агрегатів [34]. Оскільки вихлопних і димових газів внаслідок інтенсивного руху транспорту і діяльності підприємств утворюється вдень більше, то і в зразках повітря концентрація складових цих газів вище саме вдень.

Щодо зразків повітря, відібраних біля кондиціонеру № 3, то причиною збільшення вмісту в повітрі NO_2 , SO_2 і насичених вуглеводнів вночі міг бути захід в морський порт великотоннажних танкерів з нафтою. Крім того, вплинути могло і скупчення машин на стоянках пляжу «Ланжерон» біля закладів ресторанного господарства та розважальних закладів у вихідні дні, що були напередодні дня відбору зразків повітря.

Слід зазначити, що чіткої закономірності впливу висоти розміщення кондиціонерів і їх віддаленості від берегової смуги в межах зміни цих величин в діапазонах, зазначених в табл. 2, не виявлено. Очевидно, що визначальний вплив на вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі виявляє відстань від експериментальних кондиціонерів до транспортних магістралей (автомобільних, морських і залізничних) і промислових підприємств. Це підтверджує, зокрема хімічний склад зразків повітря, відібраних біля кондиціонеру № 3 (пляж «Ланжерон», м. Одеса, Україна). Вони мають найвищий вміст оксиду вуглецю, діоксиду азоту, пилу, сірководню, ангідриду сірчистого (табл. 6).

6.3. Прогнозування ступеню мікробіологічного забруднення води, отриманої із повітря за допомогою побутового кондиціонера

Мікроорганізми – це найчисленніша група живих істот у природі. Вони знаходяться в повітрі, воді, ґрунті, на рослинах, предметах, продуктах, на поверхні та в організмах птахів, тварин і людей. Властивості мікроорганізмів також дуже різноманітні. Вони легко пристосовуються до джерел харчування, в більшості – стійкі до нестачі вологи, коливань температур, здатні швидко розмножуватися.

В літературних джерелах [34, 35] зазначається, що атмосферне повітря є несприятливим середовищем для розмноження мікроорганізмів, так як сонячне, ультрафіолетове та інші випромінювання згубно діє на бактерії та віруси, крім пігментоутворюючих. Разом з тим джерелами забруднення повітря можуть бути ґрунт, водойми, люди, тварини, рослини, різноманітні побутові відходи тощо.

Відомо, що в ґрунті проходить життєдіяльність нітрифікуючих, денітрифікуючих і гнильних бактерій, сірко- і залізобактерій, водень-окислювальних (водневі), мікроорганізмів, що розкладають клітковину та пектин, актиноміцетів, архебактерій, мікоплазм, плісневих грибів, дріжджів, умовно-патогенних і патогенних, зоопатогенних і фітопатогенних мікроорганізмів [35]. Склад мікробіоти є неоднорідним і непостійним, змінюється в залежності від виду ґрунту, вологи, кисню, погодно-кліматичних умов і багатьох інших причин.

Ґрунт є основним забруднювачем повітря мікроорганізмами. Мікроорганізми із ґрунту можуть потрапляти в повітряний простір приміщення при його провітрюванні, заноситися з одягом і взуттям людей, з овочами і фруктами, а також домашніми тваринами. Особливу небезпеку викликають бактерії групи кишкової палички (БГКП) – наявність кишкової палички, сальмонел, шигел і протею, а також плісневих грибів і дріжджів, ентерококів та патогенних мікроорганізмів.

Оскільки всі кондиціонери в експерименті розміщені недалеко від берега моря, то повітря також може забруднюватися мікроорганізмами, які попадають з краплями води, що піднімаються повітряними масами з поверхні моря. Морське повітря, в порівнянні з повітрям населених пунктів, вважається досить чистим. Разом з тим, автори [35] вказують на можливість присутності псевдомонад, мікрококів і ентерококів в зразках морського повітря.

Не можна забувати і про людський фактор. Адже відомо, що повітря закритих, забруднених приміщень, з поганою вентиляцією, з великим скупченням людей – більш забруднене мікроорганізмами, ніж чисте вентилязоване. В приміщеннях мікроорганізми людини потрапляють з поверхні шкіри, зокрема брудних рук (стафілококи, мікрококи, сарцини, актиноміцети, плісневі гриби, мікобактерії, дріжджі, стрептококи тощо), з слизових оболонок дихальних шляхів (стрептококи, стафілококи, актиноміцети, спірохети та інші).

Сучасні кондиціонери обладнанні різними фільтрами для повітря. Зокрема кондиціонери, які використовуються в експерименті (табл. 1) містять механічний фільтр та фільтри для знезараження повітря різного принципу дії (плазмовий в кондиціонері № 1 та антиоксидантний в кондиціонерах № 2 і № 3). Згідно інформації виробників, такі фільтри ефективні щодо бактерій і вірусів [16, 17], тому можна було б припустити, що у воді з повітря мікроорганізмів не буде або їх кількість буде незначною. Але є низка факторів, вплив яких унеможливає

це. По-перше, це наявність в самому кондиціонері нещільностей в корпусі, які дозволяють вільно проникати нефільтрованому повітрю всередину обладнання. По-друге, це контакт з навколишнім середовищем трубки для відводу сконденсованої вологи, і, як наслідок, попадання з нього всередину трубки забруднюючих речовин. По-третє, відсутність чи не дотримання режимів санітарної обробки внутрішніх робочих поверхонь кондиціонеру і трубки для відведення сконденсованої вологи сприятимуть збільшенню кількості мікроорганізмів у воді.

З врахуванням вище сказаного, можна спрогнозувати, що зразки води характеризуватимуться за якісним та кількісним складом різноманітною мікробіотою. Крім того, підвищений вміст в повітрі сполук вуглецю, азоту і сірки (табл. 6), а також комфортні температура і вологість (табл. 5), постійний доступ кисню в кондиціонер створюватимуть сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів. Для підтвердження наведених припущень виконано експериментальні мікробіологічні дослідження.

6.4. Результати експериментальних досліджень показників епідемічної безпеки та інших мікробіологічних показників води із повітря

Результати експериментального дослідження мікробіологічних показників якості зразків води, отриманих за допомогою побутових кондиціонерів, наведено в табл. 7, 8. В табл. 7, 8 номер зразка води відповідає номеру кондиціонера (за табл. 2).

Таблиця 7

Показники епідемічної безпеки зразків води з повітря

Показник якості води, одиниця вимірювання	Значення показників						Норматив
	опівночі	опівдні	опівночі	опівдні	Опівночі	опівдні	
	Зразок № 1		Зразок № 2		Зразок № 3		
Загальне мікробне число, КУО в см ³ : – при 22 °С; – при 37 °С	>300 >300	>300 >300	>300 >300	>300 >300	>300 >300	>300 >300	не визначено ≤100
Загальні колі форми, КУО в 100 см ³	>3·10 ⁴	>3·10 ⁴	>24·10 ⁴	>30·10 ⁴	>3·10 ⁴	>3·10 ⁴	відсутні
<i>E. coli</i> , КУО в 100 см ³	>3·10 ³	>3·10 ³	>19·10 ³	>20·10 ³	>3·10 ³	>3·10 ³	відсутні
Ентерококи, КУО в 100 см ³	40	45	42	49	4500	4000	відсутні
<i>Ps. aeruginosa</i> , КУО в 100 см ³	170	1000	1000	1000	1000	17000	відсутні

Аналіз результатів досліджень показників епідемічної безпеки (табл. 7) показав, що зразки води з повітря, отримані за допомогою всіх експериментальних кондиціонерів характеризуються суттєвим перевищенням нормативних вимог [3]. При цьому гірші значення показників якості характерні для зразків води, отриманих опівдні. В цей період доби повітря було більш забруднене та мало вищу температуру. Чіткого впливу інших факторів (конструктивних особливостей кондиціонерів, віддаленості кондиціонеру від берега моря, промислових

підприємств, транспортних магістралей) на показники епідемічної безпеки води в експерименті не встановлено.

Перевищення нормативу за загальним мікробним числом (табл. 7) вказує на наявність значної кількості у воді мезофільних аеробних, факультативно анаеробних мікроорганізмів, а також ймовірність умовно-патогених мікроорганізмів. Підтвердженням цього є виявлені у воді умовно-патогенні бактерії роду *E. coli* та *Ps. aeruginosa*. При культивуванні бактерій на спеціальних середовищах і їх диференціації також були виявлені і патогенні бактерії роду *St. aureus* [1].

Проведені мікробіологічні дослідження дозволили визначити структуру співтовариства мікроорганізмів у воді за їх процентною часткою. Зокрема, в табл. 8 представлено класифікацію (за [36]) бактерій в зразках води, зібраних в процесі роботи кондиціонера № 1.

Таблиця 8

Класифікація бактерій, виявлених у зразках води із повітря

Тип	Клас	Порядок	Сімейство та його частка в загальній кількості бактерій	Представник роду
<i>Eubacteria</i>	<i>Asporulales</i>	<i>Micrococcales</i>	<i>Micrococcaceae</i> – 13,9 %	<i>St. aureas</i>
		<i>Bacteriales</i>	<i>Pseudomonadaceae</i> – 36,1 %	<i>Ps. aeruginosa</i>
			<i>Enterobacteriaceae</i> – 41,7 %	<i>E. coli</i>
Інші бактерії – 8,3 %				

З табл. 8 видно, що найбільш численними в зразках води є умовно-патогенні бактерії сімейств *Enterobacteriaceae* та *Pseudomonadaceae*. Характерними ознаками представників цих родів є те, що вони є грамнегативні паличкоподібні бактерії і розвиваються як в аеробних, так і анаеробних умовах. Зокрема, бактерії сімейства *Pseudomonadaceae* в якості акцептора електронів в аеробних умовах використовують кисень, а в анаеробних – нітрати, що підтверджує їх швидкий розвиток в умовах отримання води із повітря [37].

Оскільки виявлені в ході експерименту бактерії (табл. 8) є гетеротрофними мікроорганізмами, то можна припустити і про наявність в зразках води автотрофів [35]. Оскільки для їх розвитку у воді, отриманій із повітря за допомогою кондиціонерів, є хороші умови. Повітря, що охолоджується в кондиціонерах, забруднено неорганічними сполуками вуглецю, азоту та сірки. При конденсації вологи із повітря вони потрапляють у воду і утворюють поживне середовище для розвитку хемоавтотрофів. Останні засвоюють неорганічні сполуки: вуглець для синтезу вуглеводів, аміачний чи нітратний азот для синтезу амінокислот тощо. Основним джерелом енергії для таких процесів є хімічна енергія, яку отримують хемоавтотрофи в результаті окиснювально-відновних реакцій (окислення нітрифікуючими бактеріями азоту в амонійних сполуках до нітритів і нітратів, окислення сірководню в сірчану кислоту сульфатобактеріями тощо). Наявність фотоавтотрофних мікроорганізмів у воді (вони використовують в

якості джерела енергії сонячну енергію) малоімовірно, адже при експлуатації кондиціонеру накопичення води і її транспортування відбувається всередині світлонепроникних ємностей і каналів.

Аналізуючи дані табл. 8 можна також відмітити, що в зразках води з повітря патогенних бактерій, зокрема грампозитивних бактерій роду *St. aureus*, суттєво менше, ніж умовно-патогенних бактерій *E. coli* та *Ps. aeruginosa*. Таке співвідношення між патогенними і умовно-патогенними бактеріями можна пояснити наступним чином. Оскільки кондиціонер працює в приміщенні періодично, то на робочих поверхнях, що контактують з водою, створюються умови з дефіцитом поживних речовин, нижчою вологістю, іншим рН, пригнічуються ферментативні процеси. Крім того, бактерії *E. coli* та *Ps. aeruginosa*, продукують вторинні метаболіти, які володіють токсичною і інгібіруючою активністю відносно конкуруючих бактерій [35, 37]. Патогенні бактерії більш чутливі і не витримують конкуренції в боротьбі за виживання. Впливає також і температурний фактор. Оптимальною температурою для розвитку *St. aureus* є температурний режим в межах від +30 до +37 °С. А в умовах експерименту температура конденсату коливається в межах від +12 до +16 °С при температурі навколишнього середовища від +17 до +27 °С (табл. 5).

Важливо відмітити, що бактерії роду *E. coli* та *Ps. aeruginosa* є сапрофітами. Ці бактерії під дією гідролітичних ферментів розкладають субстанції мертвих мікроорганізмів. Крім них, в процесі біологічної деструкції біомаси приймають участь також плісеневі гриби і дріжджі. В експериментальних зразках води із повітря, отриманих за допомогою побутового кондиціонеру № 1, визначено частку плісневих грибів. Вона є наступною: гриби роду *Penicillium* становлять 19,4 %, роду *Cladosporium* – 11,1 %, роду *Aspergillus* – 8,4 %, а їх асоціації – 19,4 %. Зокрема виявлено, що гриби роду *Cladosporium* і *Penicillium* в асоціаціях виявилися домінуючими. Слід зазначити на той факт, плісеневі гриби роду *Aspergillus* не є домінуючими, але вони є токсичними, які провокують дуже небезпечні для життя людини мікотоксини і, таким чином, мікотоксикози.

Для виявлення всіх мікроорганізмів у воді, отриманій із повітря за допомогою кондиціонерів, необхідним було б виконання ще значної кількості експериментальних досліджень. Ця інформація цікава, та в рамках даної роботи таке завдання не ставилося. Адже вже з аналізу виконаних досліджень зрозуміло, що маємо справу з певним мікробіоценозом. В ньому присутні автотрофні і гетеротрофні, аеробні і анаеробні мікроорганізми. Якісний склад мікробіоценозу сформований під впливом навколишнього середовища і регулюється взаємовідносинами між мікроорганізмами.

Для розробки технології подальшого оброблення води, отриманої із повітря, основним висновком з проведених мікробіологічних досліджень є висновок про обов'язкове знезараження такої води. Вживання необробленої води може викликати інфекційні захворювання, токсикози і мікотоксикози, які, як правило, супроводжуються кишково-шлунковими розладами, порушенням роботи окремих органів і систем, зниженням імунітету.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Виконані в роботі дослідження показали, що атмосферне повітря і побутовий кондиціонер можуть бути альтернативними джерелом і засобом

для отримання води в регіонах з дефіцитом прісної води. Крім того, показано, що ступінь забрудненості повітря і умови експлуатації кондиціонера суттєво впливають на видовий і кількісний склад мікрофлори конденсату атмосферної вологи. Сильною стороною роботи є те, що експериментально підтверджено необхідність обов'язкового знезараження води, отриманої за допомогою побутових кондиціонерів спліт-систем. Застосування в технології водопідготовки такого технологічного процесу дозволить використовувати конденсат атмосферної вологи як в технічному, так і питному водопостачанні.

Weaknesses. Для вибору ефективного способу та раціональних технологічних режимів знезараження води із повітря необхідно виконати низку досліджень. Особливо необхідно експериментально дослідити хімічний склад такої води. Це важливо тому, що окремі компоненти води (наприклад, органічні сполуки чи бром), при взаємодії із знезаражуючими реагентами окиснювальної дії можуть утворювати токсичні для людини сполуки.

Opportunities. Відомості про санітарно-хімічні показники безпечності і якості води дозволяють обґрунтувати вибір інших процесів для технології водопідготовки.

Threats. Конденсат атмосферної вологи за мікробіологічними показниками є дуже забрудненим. При розробці технології покращення якості такої води одного розумінню цього недостатньо. Важливо правильно визначити порядок технологічних процесів в лінії водопідготовки. В даному випадку мова йде про місце процесу знезараження води в технологічній лінії. Адже серед мікрофлори, присутньої у воді із повітря, є мікроорганізми, здатні утворювати колонії на поверхнях фільтруючих матеріалів механічних і сорбційних фільтрів. В результаті цього ефективність процесів оброблення води знижується, а якість води погіршується. Тому в даному випадку із знезараження води повинна розпочинатися технологія водопідготовки. Якщо ж в технології будуть використовуватися біологічні процеси очищення води, то в попередньому знезараженні води потреби не буде. В даному випадку процес знезараження води буде завершальним етапом технології.

8. Висновки

1. Визначено атмосферні умови та вміст забруднюючих речовин в повітрі в місцях отримання з нього води за допомогою побутових кондиціонерів. Конденсати отримані протягом денного і нічного періоду доби при зміні:

- температури повітря – в межах від +17 до +27 °С;
- атмосферного тиску – в межах від 750 до 777 мм. рт. ст.;
- відносної вологості повітря – в межах від 75 до 88 %;
- швидкості вітру – в межах від 3 до 7 м/с.

Витрати конденсатів за цих атмосферних умов становили від 0,25 до 0,59 дм³/год. Концентрації забруднюючих речовин (в мг/м³) в зразках атмосферного повітря змінювалися протягом доби в наступних діапазонах:

- вуглецю – від 3,2 до 4,99;
- озону – від 0,0015 до 0,01;
- аміаку – від 0,042 до 0,07;
- пилу – від 0,023 до 0,099;

- азоту діоксиду – від 0,015 до 0,033;
- сірководню – від 0,0012 до 0,002;
- ангідриду сірчистого – від 0,006 до 0,045;
- вуглеводнів насичених – від 1,012 до 1,25.

2. Показано, що на ступінь забруднення атмосферного повітря оксидом вуглецю, озonom, аміаком, пилом, діоксидом азоту, сірководнем, ангідридом сірчистим та насиченими вуглеводнями найбільший вплив чинить віддаленість кондиціонерів від промислових підприємств та транспортних магістралей. Вплив висоти розміщення кондиціонерів над рівнем моря та їх віддаленість берегової смуги є несуттєвими в умовах, при яких був проведений експеримент.

3. В експериментально отриманих зразках конденсатів атмосферної вологи визначено показники епідемічної безпеки, а також встановлені процентні співвідношення між сімействами бактерій і родами плісневих грибів. Встановлено, що мікробне число, визначене при 22 і 37 °С в усіх зразках води із повітря є більшим за 300 КУО в см³. Значення інших показників епідемічної безпеки води (в КУО на 100 см³) змінювалися в наступних діапазонах: загальні коліформи – від $3 \cdot 10^4$ до $30 \cdot 10^4$; *E. coli* – від $3 \cdot 10^3$ до $20 \cdot 10^3$; ентерококи – від 40 до 4500; *Ps. aeruginosa* – від 170 до 17000.

Структура співтовариства сімейств бактерій (в %) в зразках води із повітря є наступною: *Micrococcaceae* – 13,9; *Pseudomonadaceae* – 36,1; *Enterobacteriaceae* – 41,7; інші – 8,3. Процентне співвідношення у групі плісневих грибів є наступним: рід *Penicillium* – 19,4; рід *Cladosporium* – 11,1; рід *Aspergillus* – 8,4, а їх асоціації – 19,4 %. Також встановлено, що гриби роду *Cladosporium* і *Penicillium* в асоціаціях виявилися домінуючими.

4. Встановлено, що вода із повітря, отримана за допомогою побутових кондиціонерів, має дуже низьку якість за мікробіологічними показниками. Жоден з досліджених показників епідемічної безпеки води із повітря не відповідає діючим в Україні гігієнічним нормативам. Видовий склад мікроорганізмів різноманітний. В ньому присутні автотрофні і гетеротрофні, аеробні і анаеробні мікроорганізми. Сформований мікробіоценоз під впливом різних факторів (забрудненості повітря, режиму роботи і конструктивних особливостей кондиціонеру).

5. Використовувати воду, отриману в процесі роботи настінних кондиціонерів спліт-систем для питних чи технічних потреб відразу після її отримання не можна. Це пов'язано з наявністю в ній умовно-патогенних і патогенних бактерій, плісневих грибів і дріжджів. Вживання такої води може викликати інфекційні захворювання, токсикози і мікотоксикози, що супроводжуються кишково-шлунковими розладами, порушенням роботи окремих органів і систем, зниженням імунітету. Обов'язковим процесом технології покращення як такої води повинно бути її знезараження.

Література

1. Kovalenko, O. O. Quality of the water received from air by means of conditioners [Text] / O. O. Kovalenko, K. Yu. Kormosh // Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 10, No. 4. – P. 42–46. doi:[10.15673/fst.v10i4.253](https://doi.org/10.15673/fst.v10i4.253)

2. Український інженер спроектував пересувну вітроустановку, яка може забезпечити електрикою і питною водою воїнів у зоні АТО [Електронний ресурс] // EcoTown. – January 17, 2015. – Режим доступу: \www/URL: <http://www.security-info.com.ua/news>
3. ДСанПіН 2.2.4.171.10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \www/URL: <http://xn--80a2agee.xn--p1ai/dsanp-n-2-2-4-171-10>
4. Owano, N. Lima billboard is tapped for drinking water [Electronic resource] / N. Owano // Phys.org. – February 25, 2013. – Available at: \www/URL: <https://phys.org/news/2013-02-lima-billboard.html>
5. Williams, A. Warka water promises to harness safe drinking water from the air [Electronic resource] / A. Williams // New Atlas. – January 23, 2015. – Available at: \www/URL: <https://newatlas.com/warka-water-from-air/35721/>
6. Owano, N. Self-filling water bottle takes cues from desert beetle [Electronic resource] / N. Owano // Phys.org. – November 25, 2012. – Available at: \www/URL: <https://phys.org/news/2012-11-self-filling-bottle-cues-beetle.html>
7. Осадчук, Е. А. Поиск энергетически эффективных режимов работы абсорбционных водоаммиачных холодильных машин в системах получения воды из атмосферного воздуха [Текст] / Е. А. Осадчук, А. С. Титлов, О. Б. Васылив, С. Ю. Мазуренко // Наукові праці ОНАХТ. – 2014. – Т. 1, № 45. – С. 65–69.
8. Magrini, A. Production of Water from the Air: The Environmental Sustainability of Air-conditioning Systems through a More Intelligent Use of Resources. The Advantages of an Integrated System [Text] / A. Magrini, L. Cattani, M. Cartesegna, L. Magnani // Energy Procedia. – 2015. – Vol. 78. – P. 1153–1158. doi:[10.1016/j.egypro.2015.11.081](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.081)
9. Hoffman, H. W. (Bill). Capturing the water you already have: Using alternate onsite sources [Text] / H. W. (Bill) Hoffman // Journal of American Water Works Association. – 2008. – Vol. 100, No. 5. – P. 112–116.
10. Ананьев, В. А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика [Текст] / В. А. Ананьев, Л. Н. Балуева, А. Д. Гальперин, А. К. Городов, М. Ю. Еремин, С. М. Звягинцева и др. – М.: Евроклимат, 2001. – 416 с.
11. Condensate Water Introduction [Electronic resource] // Alliance for Water Efficiency. – 2012. – Available at: \www/URL: http://www.allianceforwaterefficiency.org/Condensate_Water_Introduction.aspx
12. Wickman, F. How Gross Is the Water That Drips From Air Conditioners? [Electronic resource] / F. Wickman // Slate. – July 15, 2013. – Available at: \www/URL: http://www.slate.com/articles/news_and_politics/explainer/2011/08/how_gross_is_the_water_that_drips_from_air_conditioners.html
13. Hermes, J. Air Conditioning Condensate Recovery [Electronic resource] / J. Hermes // Environmental Leader. – January 15, 2013. – Available at: \www/URL: <https://www.environmentalleader.com/2013/01/air-conditioning-condensate-recovery/>
14. Soltesz, D. L. How Can We Recycle A/C Water? [Electronic resource] / D. L. Soltesz // LIVESTRONG.COM. – June 13, 2017. – Available at: \www/URL: <http://www.livestrong.com/article/191991>
15. Кондиционеры Sensei [Электронный ресурс] // E-Katalog. – 2017. – Режим доступа: \www/URL: <http://ek.ua/list/77/sensei/>

16. Кондиционер Sensei FTI-25MR [Электронный ресурс] // E-Katalog. – 2017. – Режим доступа: \www/URL: <http://ek.ua/SENSEI-FTI-25MR.htm>
17. Treacy, M. Wind turbine makes 1,000 liters of clean water a day in the desert [Electronic resource] / M. Treacy // Treehugger. – April 16, 2012. – Available at: \www/URL: <https://www.treehugger.com/wind-technology/wind-turbine-makes-clean-water-desert.html>
18. МВ 10.2.1-113-2005 Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води. Методичні вказівки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \www/URL: <http://text.normativ.ua/doc9089.php>
19. Про затвердження методичних рекомендацій «Визначення найбільш вірогідного числа мікроорганізмів у воді з використанням тестів діагностичних Quanti-Disc та SimPlate» [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 138 від 14.03.2008 // Информационный портал Украины. – 2017. – Режим доступу: \www/URL: <http://ua-info.biz/legal/basedw/ua-emptxtv.htm>
20. Про затвердження методичних рекомендацій «Застосування тестових наборів Colilert(R)-18 для санітарно-бактеріологічного контролю якості води» [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 24 від 24.01.2007 // Верховна Рада України. – 2017. – Режим доступу: \www/URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/rada/show/v0024282-07>
21. Методические указания по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов [Электронный ресурс]: Утверждено Министерством здравоохранения СССР 19 января 1981 г. № 2285-81 // Интернет архив законодательства СССР. – 2017. – Режим доступа: \www/URL: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_10618.htm
22. Методические рекомендации. Выявление и идентификация *P. aeruginosa* в объектах окружающей среды (пищевых продуктах, воде, сточных жидкостях) [Электронный ресурс]: Утверждено Министерством здравоохранения СССР 24 мая 1984 г. // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. АО «Кодекс». – 2017. – Режим доступа: \www/URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200049292>
23. ДСТУ ISO10712-2003. Якість води. Тест на пригнічення росту *Pseudomonas putida* (тест на пригнічення розмноження клітин *Pseudomonas* (ISO 10712:1995, IDT) [Електронний ресурс]: Наказ Держспоживстандарту України № 102 від 11 червня 2003 р. – Режим доступу: \www/URL: <http://document.ua/jakist-vodi -test-na-prignichennja-rostu-pseudomonas-putida--std11438.html>
24. ГОСТ Р 52815-2007. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus* [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. АО «Кодекс». – Введен в действие 2009-01-01. – 2017. – Режим доступа: \www/URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200069498>
25. Гончарук, В. В. Мікроміцети в питній воді [Текст] / В. В. Гончарук, А. В. Руденко, Е. З. Коваль, О. С. Савлук, М. М. Саприкіна // Вісник НАНУ. – 2007. – № 12. – С. 21–24.
26. Про затвердження методичних рекомендацій «Санітарно-мікологічні дослідження питної води» [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 226 від 13.03.2010 // ІАС Консультант. – 2017. – Режим доступу: \www/URL: <http://consultant.parus.ua/?doc=06B1M6F464>

27. Посты экологические передвижные ПЭП-1-1, мод. ПЭП-1-1 и ПЭП-1-1М [Электронный ресурс] // Торговый Дом «Спец». – 2017. – Режим доступа: \www/URL: <http://td-str.ru/file.aspx?id=3885>

28. Клименко, М. О. Моніторинг довкілля [Текст]: підручник / М. О. Клименко, А. М. Прищеп, Н. М. Вознюк. – К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 360 с.

29. ДСТУ ISO 6879:2003 Якість повітря. Характеристики і настанови щодо вимірювання якості повітря [Електронний ресурс]: Наказ Держспоживстандарту України № 189 від 13.10.2003 р. – Режим доступу: \www/URL: http://document.ua/jakist-povitrja_-harakteristiki-i-nastanovi-shodo-vimiryuvan-std10169.html

30. ДСТУ ISO 4219:2004 Якість повітря. Визначення газоподібних сірчистих сполук в навколишньому повітрі. Обладнання для відбирання проб [Електронний ресурс]: Наказ Держспоживстандарту України № 219 від 5 жовтня 2004 р. – Режим доступу: \www/URL: http://document.ua/jakist-povitrja_-vznachennja-gazopodibnih-sirchistih-spoluk-std9627.html

31. ДСТУ 2608-94 Аналізатори газів для контролю атмосфери. Загальні технічні вимоги і методи випробувань [Електронний ресурс]: Наказ Держстандарту № 161 від 27.06.1994 р. – Режим доступу: \www/URL: http://document.ua/analizatori-gaziv-dlja-kontrolyu-atmosferi_-zagalni-tehnichn-std707.html

32. ГОСТ 17.0.0.02-79 Охрана природы. Метрологическое обеспечение контроля загрязненности атмосферы, поверхностных вод и почвы [Электронный ресурс]: Постановление Государственного комитета СССР по стандартам № 3456 от 11 сентября 1979 г. // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. АО «Кодекс». – 2017. – Режим доступа: \www/URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003690>

33. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 201 від 9 липня 1997 р. // Закони України. Інформаційно-правовий портал. – 2017. – Режим доступу: \www/URL: <http://www.uazakon.com/big/text1359/pg2.htm>

34. Плачкова, С. Г. Розділ 2. Вплив теплоенергетики на навколишнє середовище [Електронний ресурс]. Книга 5. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / С. Г. Плачкова, І. В. Плачков, Н. І. Дунаєвська, В. С. Подгуренко та ін. // Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. – 2017. – Режим доступу: \www/URL: <http://www.energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-3/section-2>

35. Чуб, И. Н. Конспект лекций по дисциплине «Микробиология» [Текст] / И. Н. Чуб, О. В. Булгакова. – Х.: ХНУГХ, 2014. – 117 с.

36. Технический справочник по обработке воды [Текст]. – СПб.: Новый журнал, 2007. – Т. 1. – 878 с.

37. Dege, N. Technology of Bottled Water [Text] / ed. by N. Dege. – Wiley-Blackwell, 2011. – 448 p. doi:[10.1002/9781444393330](https://doi.org/10.1002/9781444393330)