Володимир Володимирович Бабієнко,
академік АН ВО України, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри гігієни та медичної екології Одеського національного медичного університету. Заслужений діяч науки і техніки України. Лікар вищої категорії, фахівець у галузі профілактичної медицини.
Автор понад 180 наукових публікацій, співавтор підручника для вищих учбових закладів.

Андрій Вікторович Мокієнко,
доктор медичних наук, старший викладач, асистент кафедри гігієни та медичної екології Одеського національного медичного університету. Сфера наукових інтересів включає, зокрема, гігієнічні та медико-екологічні аспекти водопостачання населення, в тому числі аналіз і дослідження проблем знезараження води.
Автор понад 600 наукових праць, серед них 16 монографій, 4 фрагментів монографій та учбового посібника.

ГІГІЄНА ВОДИ ТА ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

В. В. Бабієнко, А. В. Мокієнко

В. В. Бабієнко, А. В. Мокієнко

ГІГІЄНА ВОДИ ТА ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

В. В. Бабієнко, А. В. Мокієнко

ГІГІЄНА ВОДИ ТА ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Навчальний посібник

Допущено Вченою радою Одеського національного медичного університету як навчальний посібник для студентів вищих навчальних медичних закладів II-IV рівнів акредитації

Одесса
«Прес-кур'єр»
2021

УДК 613.3+614.777+628.1
Б125

Рекомендовано до друку Вченою радою Одеського національного медичного університету Міністерства охорони здоров'я України
(протокол № 11 від 17.06.2021 року)

Рецензенти:
І. М. Трахтенберг — завідувач лабораторією промислової токсикології та гігієни праці при використанні хімічних речовин ДУ «Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва НАМН України», академік НАМНУ, член-кореспондент НАНУ, заслужений діяч науки і техніки України, доктор медичних наук, професор;
М. Г. Щербань — провідний науковий співробітник наукового відділу Харківського національного медичного університету, доктор медичних наук, професор.

У навчальному посібнику представлено основні теоретичні та практичні аспекти гігієни води та водопостачання населених місць з точки зору сучасних уявлень про стан джерел водопостачання та якість питної води. В окремих розділах аналізується гігієнічне значення води; гігієнічні вимоги до якості води при централізованому і децентралізованому господарсько — питному водопостачанні; гігієнічне обґрунтування норм водоспоживання у населених пунктах; гігієнічна характеристика джерел водопостачання; гігієнічні вимоги до централізованого господарсько-питного водопостачання населених місць; гігієнічні вимоги до обладнання і експлуатації головних споруд водопроводу з підземних та поверхневих джерел водопостачання; методи поліпшення якості води; знезаражування питної води; гігієнічні вимоги до децентралізованого водопостачання населених місць; державний санітарний нагляд і лабораторний контроль у сфері водопостачання населених місць.

Для студентів вищих навчальних медичних закладів II-IV рівнів акредитації, лікарів-гігієністів, лікарів-епідеміологів, співробітників лабораторних центрів МОЗ України, виробничих лабораторій підприємств водопровідно-каналізаційного господарства.

УДК 613.3+614.777+628.1

ISBN 978-617-7797-29-5
© Бабієнко В. В., Мокієнко А. В., 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 9
РОЗДІЛ 1
ГІГІЄНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВОДИ 27
1.1 Фізіологічне значення води 27
1.2 Склад природної води 31
1.3 Епідемічне значення води 34
1.4 Ендемічне значення води 57
1.5 Гігієнічне значення техногенного забруднення води хімічними речовинами 65
1.6 Господарсько-побутове і народно-господарське значення води 68
РОЗДІЛ 2
ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ВОДИ ПРИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ І ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ . 70
2.1 Гігієнічні вимоги до якості води при централізованому господарсько - питному водопостачанні 72
2.1.1 Показники епідемічної безпеки 73
2.1.2 Органолептичні показники 75
2.1.3 Санітарно – токсикологічні показники 86
2.1.4 Показники радіаційної безпеки 86
2.1.5 Показники фізіологічної повноцінності 86
2.2 Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних та мінеральних вод на здоров'я населення 87
2.3 Гігієнічні вимоги до якості води при децентралізованому господарсько - питному водопостачанні 105
РОЗДІЛ 3
ГІГІЄНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ВОДОСПОЖИВАННЯ У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ 108

РОЗДІЛ 4
ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ 114
4.1 Загальний стан проблеми 114
4.2 Гігієнічна оцінка атмосферних вод 116
4.3 Порівняльна гігієнічна характеристика підземних вододжерел..... 117
4.4 Джерельна вода 123
4.5 Гігієнічна характеристика поверхневих водойм. 124
4.6 Гігієнічні вимоги до якості води джерел централізованого господарсько-питного водопостачання127
4.7 Гігієнічні вимоги до організації і експлуатації ЗСО джерел централізованого водопостачання. 133
4.8 Режим експлуатації ЗСО..... 138
4.9 Проблеми водокористування в містах і промислово-міських агломераціях..... 140
4.10 Проблеми водокористування сільських населених пунктів..... 179
РОЗДІЛ 5
ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ 195
5.1 Схеми водопроводів з підземних джерел водопостачання 198
5.2 Схеми водопроводів з поверхневих джерел водопостачання 199
5.3 Водогінна мережа і споруди на ній 201
5.3.1 Водорозбірні колонки 206
5.3.2 Дезінфекція водопровідних споруд 209
РОЗДІЛ 6
ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ОБЛАДНАННЯ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГОЛОВНИХ СПОРУД ВОДОПРОВОДУ З ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ 211

6.1 Водопідйомні споруди 215
6.2 Резервуари чистої води (РЧВ)..... 217
РОЗДІЛ 7
ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ОБЛАДНАННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДОПРОВОДУ З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ. МЕТОДИ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ 219
7.1 Берегові водозабірні споруди..... 220
7.2 Руслові водозабірні споруди 220
7.3 Водоприймальні ковші і водопідвідні канали 221
7.4 Інфільтраційні водозабірні споруди 221
7.5 Гігієнічна оцінка методів підготовки питної води..... 222
7.5.1 Відстоювання води..... 224
7.5.2 Змішувачі..... 228
7.5.3 Відстійники..... 229
7.5.4 Фільтрація 231
7.5.5 Контактні освітлювачі..... 236
7.5.6 Флотація 237
7.5.7 Спеціальні методи обробки води 237
РОЗДІЛ 8
ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ 244
8.1 Знезаражування води хлором і його сполуками..... 244
8.1.1 Хлорування води рідким хлором 245
8.1.2 Знезаражування води прямим електролізом..... 248
8.1.3 Знезаражування води сполуками хлору 249
8.1.4 Механізм бактерицидної дії хлору 250
8.1.5 Хлорпоглинаємість води..... 254
8.1.6 Способи хлорування води 258
8.1.7 Хлорування із преамонізацією..... 261
8.1.8 Комбіновані способи хлорування води 263
8.1.9 Критерії знезаражування води хлором..... 264
8.1.10 Негативні наслідки хлорування води для здоров'я населення 265

8.2 Знезаражування води діоксидом хлору (аспекти)..... 269
8.2.1 Хімічний..... 271
8.2.2 Біологічний 273
8.2.3 Токсикологічний 274
8.2.4 Технологічний..... 275
8.2.5 Екологічний 279
8.2.6 Економічний 279
8.3 Знезаражування води озоном..... 280
8.4 Знезаражування води ультрафіолетовим (УФ) опроміненням 286
8.5 Комбіновані методи знезаражування води 292
8.6 Фізичні методи знезаражування води 296
8.6.1 Знезаражування води ультразвуком..... 296
8.6.2 Термічне знезаражування води 297
8.6.3 Знезаражування води рентгенівським випромінюванням..... 297
8.6.4 Знезаражування води вакуумуванням 297
8.7 Знезаражування води в польових умовах 298
РОЗДІЛ 9
ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ..... 300
9.1 Гігієнічні вимоги до якості води в шахтних колодязях ...300
9.2 Вимоги до влаштування шахтних колодязів 302
9.3 Вимоги до влаштування трубчастих колодязів (свердловин) 305
9.4 Вимоги до влаштування каптажів джерел..... 306
9.5 Вимоги щодо санації (дезінфекції) шахтних колодязів...308
9.6 Вимоги щодо знезараження води в колодязі за допомогою дозувальних патронів..... 310
РОЗДІЛ 10
ДЕРЖАВНИЙ САНІТАРНИЙ НАГЛЯД І ЛАБОРАТОРНИЙ КОНТРОЛЬ У СФЕРІ ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ 313

10.1 Попереджувальний санітарний нагляд 314
10.2 Санітарний нагляд під час будівництва водопроводів..... 317
10.3 Поточний санітарний нагляд..... 318
10.4 Гігієнічні вимоги до безпечності та якості питної води 323
10.5 Додаткові вимоги до водопровідної питної води..... 329
10.6 Додаткові вимоги до питної води, призначеної для розливу в споживчу тару або тару споживача в пунктах розливу з комерційною метою 333
10.7 Додаткові вимоги до питної води з бюветів, шахтних (трубчастих) колодязів і каптажів джерел, що використовуються для нецентралізованого питного водопостачання населення. 336
10.8 Виробничий контроль безпечності та якості питної води 338
10.9 Додаткові вимоги до контролю якості питної води бюветів, шахтних (трубчастих) колодязів і каптажів джерел, що використовуються для нецентралізованого питного водопостачання населення..... 341
10.10 Державний моніторинг за показниками безпечності та якості питної води 323
10.11 Державний санітарно-епідеміологічний нагляд у сфері питного водопостачання населення..... 344
ПІСЛЯМОВА..... 346
ЛІТЕРАТУРА 350
Додаток 1..... 353
Додаток 2..... 367

ПЕРЕДМОВА

Забезпечення населення України якісною питною водою є складною соціальною, економічною, гігієнічною, екологічною та господарською проблемою.

Для забезпечення повноцінного рівня життя та здоров'я населення, безперебійного функціонування промислових і сільськогосподарських об'єктів кожна країна повинна мати достатню кількість природних водних ресурсів, насамперед прісних вод, які слугують основним джерелом питного водопостачання населення. Теоретично водні ресурси невичерпні, оскільки вони відновлюються в процесі кругообігу. Однак споживання води зростає такими темпами, що перед людством дедалі частіше виникає проблема чистої води.

За даними ВООЗ, країна вважається достатньо забезпеченою водними ресурсами, якщо на одну людину припадає не менше 1,5 тис. м³ води на рік. На жаль, за цим критерієм Україна поступається багатьом європейським країнам. Зокрема, Великобританії, Італії, Франції, колишній Югославії, Швейцарії, Австрії, де норматив забезпечення населення природною водою у 2-3 рази і більше перевищує норматив, що склався у нашій країні і який становить 1,0 тис. м³ на рік на 1 жителя.

На 2006-2020 рр. було затверджено Загальнодержавну цільову програму "Питна вода України". Фінансування даної Програми здійснювалося тільки у 2011, 2012 та 2018 роках.

Через недостатній рівень фінансування заходів зазначеної Програми не було досягнуто кардинального покращення технічного та фінансово-економічного стану підприємств питного водопостачання та централізованого водовідведення, а відповідно і якості послуг з централізованого водопостачання та централізованого водовідведення.

Програму виконано всього на 13,2 %.

28 квітня 2021 року Кабінет Міністрів України видав Розпорядження № 388-р. «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми "Питна вода України" на 2022-2026 роки» (далі Програма).

Метою Програми є забезпечення гарантованих Конституцією України прав громадян на достатній життєвий рівень та екологічну безпеку шляхом забезпечення якісною питною водою в необхідних обсягах та відповідно до встановлених нормативів щодо якості питної води, забезпечення розвитку та реконструкції систем централізованого водопостачання та централізованого водовідведення населених пунктів України.

За прогнозними розрахунками у результаті виконання Програми планується реалізувати:

• проекти з будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту) водозабірних споруд із застосуванням новітніх технологій на суму 3942,2 млн. гривень;

• проекти з введення станцій (установок) доочищення питної води у системах централізованого водопостачання на суму 1168 млн. гривень;

• проекти з будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту) водопровідних та каналізаційних очисних споруд із застосуванням новітніх технологій на суму 9461,3 млн. гривень;

• проекти з будівництва (нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту) водопроводів (очисних споруд, магістральних водоводів), локальних водопроводів, водогонів, каналізаційних мереж водовідведення, гідротехнічних споруд на суму 13955,1 млн. гривень;

• проекти із створення базових лабораторій контролю якості питної води, стічних вод та оснащення їх сучасним контрольно-аналітичним обладнанням на суму 62 млн. гривень.

Еколого-гігієнічний стан та якість води джерел питного водопостачання безпосередньо впливає на якість питної води. Остання є похідною від трьох основних чинників: якості води джерел питного водопостачання, ефективності водоочисної технології (поверхневі води) або методів кондиціювання (підземні води), що використовуються для виробництва питної води, та санітарно-технічного стану водопровідних мереж, по яких вода подається населенню.

Серед цих взаємопов'язаних чинників найважливіше значення має еколого-гігієнічний стан та якість води джерела питного водопостачання, з якого виробляється питна вода, особливо підземного джерела, з урахуванням можливості використання підземної води у питному водопостачанні населення без відповідної водопідготовки.

Моніторинг якості поверхневих і підземних вод як джерел питного водопостачання за результатами досліджень останніх років дає змогу зробити такі висновки. В умовах постійно зростаючого антропогенного впливу на водойми, якого зазнають передусім поверхневі джерела, внаслідок скиду в них неочищених або недостатньо очищених стічних вод населених місць, поверхневого стоку з територій міст, підприємств і сільськогосподарських угідь тощо, повсюдно відмічається погіршення в них якості води. Останнім часом почастішали випадки несанкціонованих та аварійних скидів забруднень у джерела питного водопостачання. Це свідчить про те, що водокористувачі не приділяють достатньої уваги питанням охорони вод від забруднення, що послабило контроль за ними з боку природоохоронних органів, і про неефективність існуючих систем державного управління використання і охорони вод.

За даними «Національної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році» (далі Доповідь) питне водопостачання України май-

же на 80% забезпечується поверхневими водами. Водночас більшість басейнів річок згідно з гігієнічною класифікацією водних об'єктів за ступенем забруднення можна віднести до забруднених та дуже забруднених, проте склад очисних споруд та технології водопідготовки фактично не змінились. У той же час наявні очисні споруди, технології очистки та знезараження питної води не спроможні очистити її до рівня показників безпеки.

Моніторинг якості води поверхневих водойм свідчить про те, що їх екологічний стан практично не покращується. По країні тенденція стану водойм І-ї категорії за санітарно-хімічними показниками (у 2016 – 398 із 3017, 2017 – 427 із 5092, 2018 – 585 із 3033, 2019 – 479 із 2503) та за мікробіогічними (у 2016 –426 із 3765, 2017 – 494 із 2760, 2018 – 590 із 2627, 2019 – 534 із 2571) – збільшилися рівні показників невідповідності якості води за рахунок зменшення загальної кількості досліджених проб проти деякого збільшення досліджених проб, що не відповідали нормативам.

Питома вага досліджених проб води з водойм І категорії, які не відповідали нормам у 2019 році за санітарно-хімічними показниками становила 19,1%, за мікробіологічними показниками – 20,8 %.

З водойм ІІ-ї категорії було відібрано та досліджено 12072 проби за санітарно-хімічними та 14571 пробу за мікробіологічними показниками. Питома вага досліджених проб води з водойм ІІ категорії, які не відповідали санітарним нормам, за санітарно-хімічними показниками – 23,9%, за мікробіологічними – 24,0%. Така картина відмічається за рахунок зменшення загальної кількості досліджених проб вод за санітарно-хімічними показниками (у 2017 – 3549 із 22861, 2018 – 3223 із 15519, 2019 – 2890 із 12072); проте за мікробіологічними – дещо збільшився показник невідповідності якості води за рахунок зменшення загальної кіль-

кості досліджених проб (у 2017 – 3409 із 18458, 2018 – 3571 із18915, 2019 – 3188 із 14571). Негативна тенденція щодо зростання відсотка нестандартних проб спостерігалася для водойм ІІ категорії ділянок водойм, які використовуються для купання, занять спортом і відпочинку населення, а також ті,що знаходяться в межах населених пунктів.

У Доповіді також зазначено наступне.

Високий рівень техногенного навантаження на водойми та використання застарілих технологій підготовки питної води, які розраховані на доведення природної води до якості питної лише у випадку, коли вихідна вода відповідає І-у класу поверхневих джерел водопостачання, не дозволяють забезпечити населення якісною та безпечною для здоров'я людини питною водою.

Застосування в технології підготовки питної води хлору, неефективних коагулянтів, відсутність сорбційних фільтрів з активованим вугіллям тощо призводить до надходження у питну воду значної кількості неорганічних та органічних забруднювачів, спільна дія яких на організм людини, особливо в умовах радіаційного навантаження, викликає реальну загрозу здоров'ю нації. Крім того, питна вода з поверхневих водойм потенційно небезпечна у вірусному відношенні, так як технологія її підготовки не гарантує видалення вірусів.

У 2019 році територіальні лабораторні центри МОЗ здійснювали моніторингові дослідження на 20622 об'єктах централізованого водопостачання населення(у 2018 – 20109, 2017 – 15690), з них 4092 комунальних (у 2018 – 4441, 2017 –3364), 3993 відомчих (у 2018 – 3853, 2017 – 3665), 5905 сільських (у 2018 – 5929,2017 – 5798) та 3307 локальних водопроводів (у 2018 – 3296, 2017 – 2781); а також 58780 джерел нецентралізованого водопостачання (у 2018 – 70830, 2017 –72876, 2016 – 118110, 2015 – 160343).

На 38,2% об'єктах централізованого водопостачання населення, за результатами лабораторних досліджень, проби води не відповідали вимогам нормативного документа, у тому числі з комунальних водопроводів – 32,0%, сільських – 44,6%,відомчих – 40,1%, міжрайонних – 21,2%, локальних – 38,2% водопроводів; 37,1% об'єктів нецентралізованого водопостачання населення, на яких результати лабораторних досліджень не відповідають нормам.

У 2019 році питома вага нестандартних проб питної води, відібраних із джерел централізованого водопостачання, у тому числі водогонів, за санітарно-хімічними та мікробіологічними показниками році становить 22,3% та 8,2% відповідно (у 2018 – 22,7% і 7,7%, 2017 – 20,0% та 6,7%); у тому числі з комунальних водопроводів – відповідно 17,2% та 5,7% (проти відповідно у 2018 – 18,5% і5,1%, 2017 – 16,2% та 4,6%); сільських водопроводів – відповідно 31,2% та 11,4%(проти відповідно у 2018 – 29,8% і 11,8%, 2017 – 27,4% та 11,2%).

Найбільша кількість нестандартних проб питної води з централізованих систем водопостачання реєструється, як і раніше, на сільських та локальних водопроводах, найменша – на комунальних і міжрайонних.

На якість питної води систем централізованого водопостачання негативно впливає незадовільний санітарно-технічний стан водопровідних споруд і мереж,відсоток їх зношеності, що становить у різних регіонах від 30% до 70%, несвоєчасні проведення капітальних та поточних планово-профілактичних ремонтів та ліквідації аварій.

В окремих регіонах гостро стоїть питання забезпечення населення питною водою не тільки в якісному, але і в кількісному відношенні. Подача води за графіками та її тривала відсутність у водопровідних мережах сприяє бактеріальному забрудненню питної води. Ситуацію значно погіршують

випадки відключення об'єктів водопостачання від систем енергопостачання, що є грубим порушенням ст. 6 розділу II Закону України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення».

Відповідно до національного ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» (уведено в дію замість ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора»), який набрав чинність з 1 січня 2012 р., за ступенем забруднення вода майже у всіх водоймах відповідає 2-3 класу якості. Пріоритетними забруднювачами для основних водних об'єктів країни (річки Дніпро, Дністер, Сіверський Донець, Південний та Західний Буг, Дунай (з притоками Тиса і Прут), а також малі річки північного узбережжя Чорного та Азовського морів) є органічні речовини, сполуки азоту, феноли, нафтопродукти, солі важких металів, а також мікробне забруднення. У воді водойм східного та південно-східного регіонів країни простежується тенденція до зростання мінерального забруднення. Загалом хімічний склад поверхневих вод України надзвичайно динамічний і дуже залежить від пори року.

Як вже зазначалося, основним джерелом питного водопостачання в Україні слугують прісні поверхневі води. Лише з басейну Дніпра питною водою забезпечується понад 35 млн населення. Від ступеня забруднення води у поверхневих джерелах залежить вибір більш простої або, навпаки, ускладненої технологічної схеми водопідготовки, яка повинна забезпечити надійне та ефективне її очищення та знезараження відповідно до вимог для питної води. На сьогодні забруднення джерел питного водопостачання досягло такого рівня, що традиційні водопровідні очисні споруди вже не можуть

перешкоджати надходженню у питну воду значної кількості неорганічних та органічних забруднювачів, спільна дія яких на організм, особливо в умовах радіаційного навантаження, викликає реальну загрозу нації. Проблема суттєво загострюється тим, що існуючі технології передбачають широке застосування хлору, зокрема, для знешкодження продуктів розпаду фітопланктону, внаслідок чого в питній воді утворюється велика кількість токсичних хлорорганічних сполук, які характеризуються мутагенною та канцерогенною дією. Виходячи з цього, санітарна охорона вододжерел від забруднення, насамперед стічними водами, має надзвичайно велике значення.

Важливу роль у водогосподарському комплексі України відіграють підземні води, які повинні використовуватися передусім для питного водопостачання як більш надійні джерела доброякісної питної води. Вони більш захищені від забруднення порівняно з поверхневими водами, мають стабільний хімічний склад, що не залежить від сезону року, макро- та мікроелементний склад підземної води у багатьох регіонах відповідає нормативним вимогам для питної води, що виключає необхідність їх кондиціювання тощо. Підземні води, що видобуваються в Україні, використовуються на господарсько-питні, виробничі, сільськогосподарські потреби, на зрошення та промисловий розлив і виготовлення напоїв.

Підземні води, як і поверхневі водойми, розташовані на території країни дуже нерівномірно, тому споживає води підземних джерел лише 15 % населення, серед якого переважають сільські мешканці та населення селищ міського типу. Прогнозні ресурси підземних вод містяться у четвертинних, неогенових, палеогенових і крейдяних відкладах. Основна частина ресурсів підземних вод (понад 60 %) зосереджена в північних областях України (Чернігівська, Київська, Полтавська, Харківська, Рівненська, Сумська, Львівська). Найменш забезпечені ресурсами підземних вод Чернівецька, Кіровоградська, Миколаївська, Івано-Франківська, Житомирська і Одеська області. У південних областях України при невеликих запасах ступінь використання підземних вод становить до 50 % і більше їхніх ресурсів (Миколаївська, Луганська, Кіровоградська, Одеська, АР Крим).

На окремих територіях підземні води внаслідок природних геохімічних умов свого формування не є кондиційними для питних потреб. Найбільш поширеними компонентами, які потребують корегування, є сполуки заліза, марганцю, амонію, фтору, а також мінеральні солі, включаючи ті, що зумовлюють жорсткість води. Некондиційні підземні води найбільш характерні для південних і південно-східних регіонів країни. Як і поверхневі джерела, підземні води на окремих територіях є перенавантаженими внаслідок господарської діяльності, інтенсивність якої постійно зростає. Найбільші порушення в природній гідрогеохімічній системі спостерігаються в економічно розвинутих регіонах з високим рівнем концентрації промислового або сільськогосподарського виробництва. Забруднені підземні води виявлені у Донецькій, Луганській, Дніпропетровській областях та інших промислових центрах країни, у районах видобування залізної руди, кольорових і чорних металів тощо. Головними джерелами забруднення є накопичувачі промислових та побутових рідких і твердих відходів, агресивні шахтні та рудникові води, залишки мінеральних добрив (або продукти їх трансформації) та отрутохімікатів, стічні води тваринницьких комплексів тощо. Забруднення підземних вод нафтопродуктами (або продуктами їх перероблення) спостерігається у районах розташування військових частин, аеродромів, нафтосховищ та аналогічних об'єктів. Слід зазначити, що, попри нерівномірність розподілу водних ресурсів підземних вод, їх

достатньо для питних і гігієнічних потреб. Натомість підземні води належної якості використовуються для питного водопостачання недостатньо. Водночас має місце використання високоякісних підземних вод для непитних потреб, що не припустимо.

Підземні води України використовуються в централізованому і нецентралізованому питному водопостачанні. Останнє забезпечується ґрунтовими підземними водами, які здебільшого знаходяться на незначній глибині від поверхні землі, надійно не захищені, можуть мати нестабільний хімічний і мікробний склад і малий дебіт. Видобуваються такі води задопомогою колодязів (шахтних або трубчастих) і каптажів джерел.

При централізованому питному водопостачанні використовують глибокі ненапірні міжпластові чи напірні артезіанські підземні води, які видобувають за допомогою свердловин. Наприклад, київський артезіан¬ський водопровід, що експлуатує понад 370 свердловин, видобуває воду з Сеноманського та Юрського водоносних горизонтів, глибина яких на території міста становить від 150 до 360 м.

Підземні води (міжпластові, артезіанські) на території нашої країни умовно можна розподілити на 3 групи: 1) чисті води — це води, що мають стабільний хімічний склад, якість води відповідає нормативним вимогам для питної води і тому не потребує корекції; 2) умовно чисті води — це води, що мають стабільний хімічний склад, але якість води не відповідає нормативним вимогам для питної води переважно за показниками мінерального складу, що є наслідком природних геохімічних процесів формування води у водоносному горизонті. Такі води можна використовувати в питному водопостачанні після кондиціювання; 3) забруднені води — це води, що зазнають антропогенного впливу, можуть містити токсичні речовини у понаднормативних кількостях, тому використовувати їх у питному водопостачанні недопустимо, очищення таких вод без виявлення і усунення осередку забруднення недоцільно та економічно не виправдано.

В Україні можна виділити такі осередки забруднених підземних вод, зокрема в районах: Дніпропетровська—Дніпродзержинська — стічними водами об'єктів хімічної і металургійної промисловості; Новомосковська—Павлограда — шахтними водами та відходами тваринницьких комплексів; Кривого Рога — шахтними водами та стічними водами металургійних заводів; Житомира—Рівного — стічними водами підприємств хімічної і легкої промисловості, а також господарсько-побутовими стічними водами.

Як вже наголошувалось, основним джерелом централізованого питного водопостачання в Україні слугують поверхневі води, з яких виробляється 80% питної води. Переважна більшість обласних центрів мають змішане водопостачання (поверхневі та підземні води). У таких містах як Вінниця, Житомир, Запоріжжя, Одеса для централізованого водопостачання використовують лише поверхневі води, в обласних центрах Херсон, Суми, Чернігів, Луцьк, Рівне, Полтава, Тернопіль, Луганськ, Львів, Хмельницький — підземні води. Централізованими системами питного водопостачання з відбиранням води переважно з підземних джерел забезпечені також невеликі міста, селища міського типу та окремі сільські населені пункти. При цьому основним видом питного водопостачання на селі залишається нецентралізоване водопостачання з використанням колодязів, каптажів джерел та індивідуальних свердловин.

Окрім питної води з традиційних систем централізованого і нецентралізованого водопостачання, населення використовує й інші види питної води: з бюветів, пунктів розливу (доочищена водопровідна вода) та фасовану воду.

Забезпеченість населення України централізованим водопостачанням становить: для міст (загальна кількість 458) — 100 %, селищ міського типу (загальна кількість 886) — 86,7 %, сільських населених пунктів (загальна кількість 28 540) — 22,1 %. Решта сільського населення бере воду з колодязів (загальна кількість громадських колодязів — понад 2,5 млн) та індивідуальних свердловин, які у переважній більшості випадків перебувають у незадовільному санітарному стані.

Виробництво питної води з поверхневих водойм в умовах значного їх антропогенного забруднення потребує застосування сучасних високоефективних водоочисних технологій та споруд, здатних привести склад природної води до якості питної, що можливо досягти за умови використання адекватних методів очищення та знезараження.

Типова технологічна схема підготовки питної води, що дотепер використовується в Україні на водопроводах із відбором води з поверхневих водойм, включає: первинне хлорування, реагентне оброблення (коагуляція, флокуляція), відстоювання, фільтрування, знезараження, резервуар чистої води (РЧВ), магістральний водовід питної води. Подібні водоочисні технології та споруди використовують на питних водопроводах великих міст у басейні Дніпра (Черкаси, Запоріжжя, Дніпропетровськ тощо), Дністра (Одеса), Сіверського Донця (Харків, Донецьк), Південного Бугу (Вінниця). На річкових водопроводах невеликих міст технологічні схеми водопідготовки можуть бути простішими, але в цілому основні стадії (етапи) оброблення природної води на них зберігаються.

На сьогодні водопровідні очисні споруди та технологічні схеми водопідготовки на річкових водопроводах країни залишаються такими ж, якими були на час уведення в експлуатацію. Переважна більшість їх проектувалась і будувалась ще в часи колишнього СРСР відповідно до будівельних норм 1962, 1974, 1984 років. Натомість пошуки шляхів удосконалення технологій водопідготовки питної води в країні не припиняються і ведуться за різними напрямами. Здебільшого зусилля фахівців зосереджені на розробленні, випробуванні та впроваджені нових більш ефективних, ніж ті, що застосовуються, фільтруючих матеріалів, реагентів (коагулянтів, флокулянтів), знезаражувальних засобів тощо.

За роки незалежності в Україні було проведено лабораторні, дослідно-промислові випробування та в багатьох випадках на водопровідних станціях впроваджено такі фільтрувальні матеріали вітчизняного виробництва як антрацит-фільтрант, окремі марки активованого вугілля, цеоліт тощо. Серед нових коагулянтів, які досліджувалися та згодом набули практичного застосування як альтернатива традиційному сульфату алюмінію та хлорному залізу, слід назвати деякі вітчизняні реагенти, а саме гідроксихлорид алюмінію (ГОХА), гідроксихлорсульфат алюмінію (ГОХСА), гідроксисульфат алюмінію (ГОСА), а також зарубіжний «Сизол» та інші реагенти.

Найбільший інтерес був прикутий до вивчення та оцінки органічних високомолекулярних флокулянтів, які раніше не застосовувались у нашій країні Замість традиційного поліакриламіду, активної кремнієвої кислоти пропонувалися, а деякі в подальшому набули застосування, такі флокулянти: «Магнафлок» LT-25, LT-27, LT-228, LT-31 (Німеччина); «АЕК-5», «АЕК-7», «АЕК-10» (США); «Магніфлок» («Суперфлок») 577, 573 С, «А-100» (США); реагенти на основі солей полігексаметиленгуанідину: полігексаметиленгуанідин хлорид (ПГМГХ), полігексаметиленгуанідин фосфат (ПГМГФ), полігексаметиленгуанідин хлорид + фосфат (ПГМГХ+Ф) (Росія, Україна) та ін.

Досліджувались та знайшли використання на окремих водопроводах країни такі засоби знезараження як діоксид хлору (міста Чорноморськ (Іллічівськ), Южне, Ізмаїл Одеської обл., м. Жовті Води Дніпропетровської обл., м. Горішні Плавні Полтавської обл., м. Київ), метод хлорування з преамонізацією (міста Київ, Черкаси, Запоріжжя). Останнім часом отримали дозвіл на використання установки для виробництва хлорвмісни хоксидантних газів: «Аквахлор» (Росія), «ОХІ» (США), «КЕОО» (Німеччина). Ці знезаражувальні засоби мають перевагу перед хлором, оскільки дозволяють меншими дозами отримати надійний дезінфікуючий ефект та мінімізувати утворення хлорорганічних сполук у питній воді.

Усі фільтрувальні матеріали, реагенти, засоби знезараження, що проходили випробування, а згодом деякі були запроваджені на водопровідних станціях, сертифіковані в Україні та мають дозволи Міністерства охорони здоров'я (Державної санітарно-епідеміологічної служби) на їх використання за призначенням.

Натомість зазначені заходи, спрямовані на удосконалення технології водоочищення, підвищення її ефективності щодо забруднювачів природної води, у сучасних умовах інтенсивного забруднення водойм недостатні для отримання на річкових водопроводах питної води гарантованої якості. Після очищення та знезараження природної води на водопровідних очисних спорудах, навіть у разі використання в технології водопідготовки більш ефективних засобів, зокрема реагентів, окремі показники якості питної води не завжди можуть відповідати гігієнічним нормативам. Проблемними показниками у питній воді на багатьох водопроводах з поверхневих водойм є забарвленість, каламутність, вміст заліза та марганцю (періодично, переважно у весняно-літній період), органічних речовин (тимчасово, перманганатна

окиснюваність), тригалогенметанів, зокрема хлороформу (постійно, в разі використання хлор-газу або гіпохлориту натрію), вірусне забруднення (епізодично, поодинокі випадки).

Існують проблеми при централізованому водопостачанні і в разі використання підземних вод. При цьому виді водопостачання використовують не тільки підземні води, якість яких повністю відповідає вимогам до питної води, а й підземні води, що за окремими показниками, здебільшого за природними мінеральними речовинами, мають відхилення від гігієнічних нормативів і тому потребують корекції. Переважно це такі показники як загальний солевміст, загальна жорсткість, вміст хлоридів, сульфатів, заліза, марганцю, нітратів, фторидів тощо. Водопроводи, що подають населенню підземну воду з відхиленнями показників мінерального складу від нормативів на питну воду, функціонують у багатьох населених пунктах України. Найбільше таких водопроводів в Одеській, Херсонській, Дніпропетровській областях.

Досвід показує, щонайбільш економічний, безпечний в санітарному відношенні і надійний за технічним виконанням варіант постачання населенню питної води стандартної якості в потрібній кількості (2—3 л на 1 людину на добу) забезпечують локальні побутові фільтри або колективні установки доочищення водопровідної води. Доочищення питної води слід розглядати як необхідний і рівноправний елемент сучасної схеми питного водопостачання, що не замінює інші елементи і не конкурує з ними, а доповнює традиційну схему питного водопостачання. За допомогою водоочисних фільтрів і колективних установок можна довести питну воду до потрібного ступеня очищення, що регламентується ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (далі ДСанПіН 2.2.4-171-10). Гігієнічне значення установок доочищення води полягає в тому, що вони не тільки нейтралізують дію небезпечних

факторів на якість питної води, але і значно поліпшують її. Основною вимогою до роботи водоочисників є доведення органолептичних, санітарно-хімічних, токсикологічних, мікробіологічних показників якості до нормативів, прийнятих для питної води, при збереженні фізіологічної повноцінності її мінерального складу.

На сьогодні в Україні для поліпшення якості питної води населення широко використовує вітчизняні та зарубіжні побутові водоочисні фільтри. Поширюється використання і колективних водоочисних систем у житлових будинках і різних громадських будівлях (дитячих дошкільних і шкільних закладах, лікувально-профілактичних установах тощо). Принцип дії цих установок ґрунтується на різних фізико-хімічних процесах: використовуються мембранні, сорбційні, іонообмінні та електрохімічні технології, озонування, ультрафіолетове знезараження тощо.

Відповідно до Програми у 2022-2026 рр. у країні передбачається будівництво та впровадження станцій (установок) доочищення питної води із застосуванням новітніх матеріалів, технологій, обладнання, приладів та науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок.

Останніми роками в країні набувають поширення альтернативні види питного водопостачання: питна вода з бюветних комплексів і пунктів розливу та фасована питна вода. У питному водопостачанні бюветні комплекси питної води раніше не застосовувались, їх використовували лише для роздачі лікувальної мінеральної води в санаторіях та інших оздоровчих закладах. Родоначальником створення бюветних комплексів підземної питної води в Україні стало м. Київ. Поштовхом для цього послужила аварія на Чорнобильській АЕС, що могло призвести до забруднення радіонуклідами джерел питного водопостачання та водопровідної питної води зокрема. Тому для забезпечення міста якісною та безпечною

питною водою було прийнято рішення розконсервувати деякі раніше пробурені артезіанські свердловини на території м. Києва, створити на їх базі бювети та організувати роздачу питної води населенню. Нині в м. Києві таких бюветних комплексів питної води біля 190. Свердловини пробурені на Сеноманський та Юрський водоносні горизонти, вода в яких в цілому має добрі органолептичні властивості, нешкідлива за хімічним складом та є безпечною в епідемічному відношенні. Вода постійно контролюється, результати аналізів оприлюднюються. Але бюветні комплекси підземної води потребують правильної експлуатації, щоб запобігти можливому впливу деяких технологічних та екологічних факторів на показники якості питної води. Артезіанська вода має підвищену корозійну активність і її хімічний склад є сприятливим для розвитку залізобактерій та синьо-зелених водоростей. Останнім часом бюветні комплекси питної води з'явилися в Дніпропетровську, Харкові, Одесі. Але не скрізь вони подібні до київських. Наприклад, у м. Одесі свердловини пробурені на Верхньосарматський водоносний горизонт з некондиційною підземною водою і тому вона проходить очищення та знезараження перед її розливом населенню.

Загалом бюветне водопостачання питної води має суттєві переваги перед традиційним нецентралізованим водопостачанням (колодязі, каптажі джерел), що дає підстави рекомендувати його для ширшого застосування не тільки в містах, але і в селах країни.

Подібні до одеських бюветних комплексів у країні з'являються комерційні пункти розливу доочищеної питної води в тару користувача. Вихідною водою на таких пунктах є водопровідна або артезіанська вода, яка проходить додаткове очищення на колективних водоочисних системах, здатних поліпшити якість цієї води до потрібних кондицій. З позицій гігієни пункти розливу питної води є надійним заходом

забезпечення населення питною водою поліпшеної якості, тому їх потрібно більше впроваджувати в практику питного водопостачання.

До альтернативного водопостачання належить і фасована бутильована питна вода. За Законом України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» (стаття 26) для виробництва фасованої питної води використовують воду підземних джерел питного водопостачання або питну воду централізованого питного водопостачання, додатково оброблену з метою поліпшення її якості. Сьогодні в Україні налічується значна кількість великих і малих підприємств фасованої питної води, яка виробляється згідно технічних умов (ТУ). ДСанПіН 2.2.4-171-10 регламентовано вимоги до фасованої питної води, які спрямовані на виробництво питної води поліпшеної якості.

Реалізація державної політики у сфері питної води та питного водопостачання дозволить забезпечити населення України, підприємства, установи та організації питною водою нормативної якості в межах науково-обґрунтованих нормативів питного водопостачання; поліпшити санітарно-епідемічну ситуацію та знизити за рахунок цього захворюваність населення; забезпечити охорону та раціональне використання джерел питного водопостачання; запровадити на підприємствах питного водопостачання сучасні технології, матеріали, реагенти, обладнання тощо.

Розділ 1

ГІГІЄНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВОДИ

Гігієнічне значення води визначається насамперед фізіологічною потребою в ній людини.

Вода, як повітря і їжа, є елементом зовнішнього середовища, без якого неможливе життя. Людина без води може прожити всього 5-6 діб. Це пояснюється тим, що тіло людини в середньому на 65% складається з води.

До того ж, чим молодша людина, тем вища відносна величина води в її організмі: 6-тижневий ембріон людини на 95% складається з води, а в немовлят її кількість становить 75% маси тіла. До 50 років вода становить 60%. Основна частина води (70%) зосереджена усередині клітини, а 30% — це позаклітинна вода, у складі крові і лімфи (7%) і міжтканинної (інтерстиціальної) рідини (23%). Вміст води в різних тканинах організму неоднаковий: у кістковій тканині він становить 20% маси, у м'язовій — 75%, у сполучній — 80%, у плазмі крові —92%, склоподібному тілі — 99%.

В організмі лише незначна частина води перебуває у вільному стані. Пластична функція води обумовлена тим, що більша її кількість є компонентом макромолекулярних комплексів білків, вуглеводів і жирів і утворює з ними желеподібні клітинні і позаклітинні структури. У них кожна колоїдна частка завдяки певним розмірам і заряду притягує до себе молекули води, обумовлюючи структурування води, подібне до кристалічних ґрат, що нагадують лід. Саме тому багато клітин витримують заморожування без ушкоджень.

1.1 Фізіологічне значення води

Вода відіграє в організмі людини важливу роль. Без води не відбувається жоден біохімічний, фізіологічний і фізико-

хімічний процес обміну речовин і енергії, неможливі травлення, дихання, анаболізм (асиміляція) і катаболізм (дисиміляція), синтез білків, жирів, вуглеводів із чужорідних білків, жирів, вуглеводів харчових продуктів. Така роль води обумовлена тим, що вона є універсальним розчинником, у якому газоподібні, рідкі і тверді неорганічні речовини створюють молекулярні або іонні розчини, а органічні речовини перебувають переважно в молекулярному і колоїдному стані. Саме тому вона безпосереднє або опосередковано впливає практично на всі життєво важливі процеси: всмоктування, транспорт, розщеплення, окиснення, гідроліз, синтез, осмос, дифузія, резорбція, фільтрація, виведення тощо.

За допомогою води в клітини організму надходять пластичні речовини, біологічно активні сполуки, енергетичні матеріали, виводяться продукти обміну. Вода сприяє збереженню колоїдального стану живої плазми. Вода і розчинені в ній мінеральні солі підтримують найважливішу біологічну константу організму — осмотичний тиск крові і тканин. У водному середовищі створюються необхідні рівні лужності, кислотності, гідроксильних і водневих іонів. Вода забезпечує кислотно-основний стан в організмі, а це впливає на швидкість і напрямок біохімічних реакцій. Бере участь у процесах гідролізу жирів, вуглеводів, гідролітичного і окисного дезамінування амінокислот і в інших реакціях. Вода — основний акумулятор тепла, яке утворюється в організмі в процесі екзотермічних біохімічних реакцій обміну речовин.

Крім того, випаровуючись із поверхні шкіри і слизових оболонок органів дихання, вода бере участь у процесах тепловіддачі, тобто в підтримці температурного гомеостазу. Під час випаровування 1 г вологи організм втрачає 2,43 кДж (0,6 ккал) тепла.

Потреба організму у воді задовольняється за рахунок питної води, напоїв і продуктів харчування, особливо рослинного походження. Фізіологічна добова потреба дорослої людини у воді (при відсутності фізичних навантажень) у регіонах з помірним кліматом орієнтовно становить 1,5-3 л, або 90 л/міс, майже 1000 л/рік і 60 000-70 000 л за 60- 70 років життя. Це так звана екзогенна вода.

Певна кількість води утворюється в організмі внаслідок обміну речовин. Наприклад, при повному окисненні 100 г жирів, 100 г вуглеводів і 100 г білків виробляється відповідно 107, 55,5 і 41 г води. Це так звана ендогенна вода, яка щодня утворюється в кількості 0,3л.

Фізіологічна норма споживання води може коливатися залежно від інтенсивності обміну речовин, характеру їжі, вмісту в ній солей, м'язової роботи, метеорологічних і інших умов. Доведено, що на 1 ккал енерговитрат організму необхідно 1 моль води. Тобто для людини, добові енерговитрати якої становлять 3000 ккал, фізіологічна потреба у воді рівна 3 л. Зі збільшенням енерговитрат під час фізичних навантажень підвищується потреба людини у воді. Особливо, якщо важку фізичну працю виконують в умовах підвищеної температури, наприклад у мартенівських цехах, на доменному виробництві, на полі в жару. Тоді потреба в питній воді може зрости до 8-10 і навіть 12 л/добу. Крім того, потреба у воді змінюється при певних патологічних станах. Наприклад, вона зростає при цукровому і нецукровому діабеті, гіперпаратіреозі тощо.

Підтримка водного балансу в організмі людини передбачає не тільки надходження і розподіл води, але і її виведення. У стані спокою вода виводиться через нирки — із сечею (майже 1,5 л/добу), легені — у пароподібному стані (приблизно 0,4 л), кишечник — з фекаліями (до 0,2 л). Втрати води з поверхні шкіри, які значною мірою пов'язані з терморегуляцією, змінюються, але в середньому становлять 0,6 л. Таким чином, з організму людини в стані спокою щодоби

в середньому виводиться 2,7 л води (з коливаннями від 2,5 до 3,0 л). При деяких патологічних станах і фізичному навантаженні виділення води підсилюється і співвідношення шляхів виведення, наведене вище, змінюється. Наприклад, при цукровому діабеті підсилюється виділення води через нирки — із сечею, при холері — через травний тракт, під час роботи в гарячих цехах — через шкіру з потом.

Людина гостро реагує на обмеження або повне припинення надходження води в організм. Зневоднювання — надзвичайний небезпечний стан, при якому порушується більшість фізіологічних функцій організму. Більші втрати води супроводжуються виділенням значної кількості макро- і мікроелементів, водорозчинних вітамінів, що збільшує негативні наслідки зневоднювання для здоров'я і життя людини.

У випадку зневоднювання організму підсилюються процеси розпаду тканинних білків, жирів і вуглеводів, змінюються фізико-хімічні константи крові і водно-електролітного обміну. У центральній нервовій системі зростають процеси гальмування, порушується діяльність ендокринної в серцево-судинної систем, погіршується самопочуття, знижується працездатність тощо. Чіткі клінічні ознаки зневоднювання з'являються, якщо втрати води становлять 5—6% маси тіла. При цьому частішає дихання, спостерігаються почервоніння шкіри, сухість слизових оболонок, зниження артеріального тиску, тахікардія, м'язова слабість, порушення координації руху, парестезії, головний біль, запаморочення. Втрати води, рівні 10% маси тіла, супроводжуються значним порушенням функцій організму: підвищується температура тіла, загострюються риси обличчя, погіршуються зір і слух, кровообіг, можливий тромбоз судин, з'являється анурія, порушується психічний стан, виникає запаморочення, колапс. Втрата води на рівні 15—20% маси тіла смертельна для людини при

температурі повітря 30 °С, на рівні 25% — при температурі 20—25 °С.

У той же час у випадку вживання неякісної води створюється реальна небезпека розвитку інфекційних і неінфекційних захворювань. За даними ВООЗ, загальне число людей, які вмирають через неякісну і небезпечну питну воду, перевершує число жертв усіх форм насильства, включаючи війни та збройні конфлікти. Саме тому надзвичайно важливі гігієнічна роль води і її значення для профілактики інфекційних і неінфекційних захворювань.

1.2 Склад природної води

З курсу хімії відомо, що вода є простою сполукою, яка складається із двох атомів водню і одного атома кисню. Позначається формулою H_2O и має молекулярну масу 18. Результати досліджень, проведених останнім часом, свідчать, що вода має більш складну будову, молекули води можуть бути і важкими, якщо до їхнього складу входять ізотопи водню з атомною масою 2 і 3 (дейтерій і тритій) і кисню з атомною масою 17 і 18. І хоча в природній воді кількість більш важких атомів (нуклідів) у порівнянні зі звичайними дуже незначнаі відносна щільність води, яка обумовлена ізотопами, невелика, цим забезпечується її надзвичайна різноманітність: нині відомо 42 різновиди води. Крім того, вода має складну кристалічну будову, тобто є структурованою. Кожна молекула води в цілому електрично нейтральна, але в ній існує перерозподіл зарядів: та сторона, де розміщений атом кисню, більш негативна, а та, де атоми водню, — більш позитивна. Виникає так званий дипольний момент. Дві сусідні молекули притягаються друг до друга за рахунок електростатичних сил; між ними виникає водневий зв'язок. При кімнатній температурі кожна молекула води утворює тимчасові

зв'язки з 3-4 сусідніми молекулами. Формуються своєрідні кристалічні ґрати, в яких старі водневі зв'язки постійно руйнуються і одночасно виникають нові.

З фізико-хімічної точки зору природна вода є складною дисперсною системою, в якій у якості дисперсного середовища виступає вода, а в якості дисперсної фази — гази, мінеральні і органічні речовини, живі організми. Хімічні сполуки у воді поводяться по-різному. Деякі майже не розчиняються, утворюючи зважені речовини, суспензії і емульсії. Інші розчиняються, але в різній ступені. Серед мінеральних солей найбільш розчинні хлориди, сульфати і нітрати лужних і лужноземельних металів. Неорганічні речовини (солі, кислоти) здатні у воді дисоціювати на катіони металів (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) або водню (H^+) і аніони кислотних залишків (CI^-, SO^{2-}, HCO^-, -, CO_3^{2-}), або гідроксильні аніони OH^-, утворюючи іонні розчини. Прості органічні сполуки (сечовина, глюкоза і інші цукри), розчиняючись у воді, перебувають у вигляді молекулярних розчинів. Складні органічні речовини (білки, вуглеводи, жири) утворюють колоїди. У воді розчинені деякі газоподібні речовини: кисень (O_2), діоксид вуглецю (CO_2), сірководень (H_2S), водень (H_2), азот (N_2), метан (CH_4) тощо.

Крім макроелементів (натрію, калію, кальцію, магнію, азоту, сірки, фосфору, хлору тощо) у воді виявлено 65 мікроелементів (залізо, мідь, цинк, марганець, кобальт, селен, молібден, фтор, йод тощо).

Мікроелементи — це хімічні елементи, які містяться в тканинах людини, тварин і рослин у концентраціях 1:100 000 (або 0,001%, або 1 мг на 100 г маси) і менше. Серед мікроелементів розрізняють есенційні, тобто життєво необхідні (залізо, йод, мідь, цинк, кобальт, селен, молібден, фтор, марганець, хром тощо), умовно-есенційні (миш'як, бор, бром, літій, нікель, кремній, ванадій тощо) і токсичні (алюміній, кадмій, свинець, ртуть, берилій, барій, вісмут, талій тощо).

Есенційні мікроелементи (біомікроелементи) входять до складу біологічно активних сполук: ферментів, гормонів, вітамінів, які відіграють важливу роль у процесах дихання, обміну речовин, нейрогуморальної регуляції, імунологічного захисту, окисно-відновного гомеостазу, кровотворення, розмноження тощо).

Гігієнічне значення мікроелементів визначається біологічною роллю багатьох з них, оскільки вони не тільки беруть участь у мінеральному обміні, але й помітно впливають на загальний обмін як каталізатори біохімічних процесів. Доведено біологічне значення для тварин і рослин близько 20 мікроелементів. У фізіології людини досліджена роль 14 з них.

Хімічні речовини у воді водойм можуть бути різного походження: як природного, пов'язаного з умовами формування водойм, так і техногенного, обумовленого надходженням зі стічними водами промислових підприємств і стоками із сільськогосподарських полів.

Крім того, у воді містяться мікроорганізми — бактерії, віруси, гриби, найпростіші, гельмінти. З екологічної точки зору розрізняють авто- і алохтону мікрофлору водойм. Автохтонна, або водна, група складається з мікроорганізмів, що живуть та розмножуються у воді. Водойми для них є природнім середовищем проживання. Склад автохтонної мікрофлори незабруднених водойм відносно стабільний, характерний для кожної окремої водойми і відіграє позитивну роль у круговороті речовин у природі, у процесах самоочищення водойм і підтримки біологічної рівноваги. Алохтона група складається з мікроорганізмів, що надходять із різними забрудненнями (стічними водами, виділеннями людей і тварин). Отже алохтона мікрофлора відіграє негативну роль. Однак небезпека для здоров'я людини окремих її представників не однакова. Серед алохтоних мікроорганіз-

мів можуть зустрічатися як сапрофітні, тобто нормальні мешканці тіла людину, так і умовно патогенні й навіть патогенні, тобто збудники інфекційних хвороб. Алохтоні мікроорганізми у водоймі практично не розмножуються і згодом відмирають, тому що умови водойми не є їхнім природнім середовищем проживання. Довгостроково може зберігатися алохтона мікрофлора, якщо одночасно у водойму потрапив і той субстрат, у якому вона до цього перебувала (фекалії, мокротиння тощо).

Крім величезного фізіологічного значення води, вона тільки тоді задовольняє сучасним вимогам, якщо її використання не супроводжується негативним, а тим більше шкідливим, впливом на здоров'я людини. Вплив недоброякісної води на здоров'я населення може проявлятися порізному: 1) у вигляді інфекційних захворювань і інвазій; 2) неінфекційних захворювань хімічної етіології, у тому числі ендемічних; 3) неприємних психічних реакцій, викликаних поганими органолептичними властивостями води, що іноді обумовлює відмову людини її пити. Саме в попередженні таких негативних наслідків для здоров'я населення полягає гігієнічне, у тому числі епідемічне і ендемічне значення води.

1.3 Епідемічне значення води

Роль води в механізмі передачі збудників кишкових інфекцій, розвитку епідемій і пандемій людство усвідомило задовго до відкриття патогенних мікроорганізмів. Проте, сьогодні ця проблема залишається досить актуальної, незважаючи на поширення централізованого водопостачання населених пунктів і вдосконалення методів знезаражування. Тому, при розв'язанні питань по забезпеченню населення водою насамперед необхідно запобігти появі і поширенню

збудників інфекційних хвороб, здатних передаватися через воду. Це досягається постійним забезпеченням населення доброякісною водою в достатній кількості. При порушенні тих або інших гігієнічних вимог і санітарних правил як під час організації водопостачання населеного пункту, так і при подальшій експлуатації водопроводу, може виникнути надзвичайно небезпечна, навіть катастрофічна, ситуація — спалах водної епідемії, коли інфекційне захворювання одночасне передається сотням і тисячам людей.

Найбільш масові водні епідемії з найтяжчими наслідками (порушення суспільного здоров'я) пов'язані з можливістю поширення з водою збудників кишкових інфекцій, яким властивий фекально-оральний механізм передачі. Доведена можливість поширення через воду збудників холери, черевного тифу, паратифів А и В, сальмонельозу, шигельозу, ешерихіозу, лептоспірозу, туляремії, бруцельозу. У джерелах водопостачання нерідко виявляють віруси епідемічного гепатиту (хвороби Боткіна), ротавірусного гастроентериту, аденовіруси, інтеровіруси (поліомієліту, Коксакії ECHO). Експертами ВООЗ розроблена класифікація інфекційних хвороб, у механізмі передачі яких бере участь вода.

I. *Хвороби, що виникають внаслідок використання забрудненої води для питних потреб.*

1. Кишкові інфекції (провідний механізм передачі — фекально-оральный):

а) бактеріальної природи: холера, черевний тиф, паратифи А и В, дизентерія, колі-ентерит, сальмонельоз;

б) вірусної етіології: вірусний епідемічний гепатит А, або хвороба Боткіна, вірусний гепатит Е, поліомієліт і інші ентеровірусні інфекції, зокрема Коксакії ECHO (епідемічна міалгія, ангіна, грипоподібніі диспепсичні розлади, серозний менінгоенцефаліт), ротавірусні хвороби (гастроентерит, інфекційнадіарея);

в) протозойної етіології: амебна дизентерія (амебіаз), лямбліоз, гьярдіаз, криптоспорідіоз.

2. Інфекції дихальних шляхів, збудники яких іноді можуть поширюватися фекально-оральним шляхом:

а) бактеріальної природи (туберкульоз);

б) вірусної етіології (аденовірусні інфекції, зокрема рінофарингіт, фарингокон'юнктивальна лихоманка, кон'юнктивит, рінофаринготонзиліт, риніт).

3. Інфекції шкіри і слизових оболонок, які можуть мати фекально-оральний механізм передачі (сибірська виразка).

4. Кров'яні інфекції, для яких можливий фекально-оральний механізм передачі (Ку-лихоманка).

5. Зооантропонози, які можуть поширюватися фекально-оральним шляхом (туляремія, лептоспіроз і бруцельоз).

6. Гельмінтози:

а) геогельмінтози (трихоцефальоз, аскаридоз, анкілостомідоз);

б) біогельмінтози (ехінококоз, гіменолепідоз).

II. Хвороби шкіри іслизових оболонок, що виникають внаслідок контакту із забрудненою водою: трахома, проказа, сибірська виразка, контагіозний молюск, грибкові захворювання (епідермофітія, мікози тощо).

III. Захворювання, які викликають гельмінти, що живуть у воді (шистосомоз, дракункульоз або ришта).

IV.Трансмісивні інфекції, збудників яких поширюють комахи-переносники, що розмножуються у воді (малярія, жовта лихоманка).

Історія знає багато прикладів епідемій, що спалахнули внаслідок споживання забрудненої патогенними мікроорганізмами води з водойм і водопроводів. Найбільш яскраво роль водного фактору в поширенні інфекційних захворювань виявилася під час епідемії холери, яка в Лондоні в 1854

г. була вперше визнана водної. Але найбільш масові епідемії кишкових інфекцій зареєстровані в другій половині XIX ст., що співпало з періодом бурхливого будівництва водопроводів. Перші водопроводи, у яких переважно використовували воду з поверхневих водойм, іноді не поліпшували, а, навпаки, погіршували санітарний стан населених пунктів. Це пояснюється як нестачею очисних споруд на водопроводі, так і забрудненням водойм через концентрацію населення в містах. Внаслідок цього виникли епідемії черевного тифу в Гамбурзі і Лондоні, холери — у Петербурзі, Ростові-на-Дону, інших населених пунктах.

Класичні водні епідемії описав видатний епідеміолог професор Л.В. Громашевський. Так, навесні 1926 р. у Ростові-на-Дону спалахнула гостра водна епідемія черевного тифу. У той час у місті функціонувало централізоване водопостачання. Артезіанську воду подавали з підземних каптажних галерей. У результаті розриву каналізаційної мережі нечистоти просочилися в ґрунт у радіусі 20 м і потрапили в підземні каптажні галереї. Відразу ж після цього майже 20 тис. чоловік звернулися за медичною допомогою із приводу кишкових розладів неясної етіології. А ще через 2-3 неділі різко збільшилася захворюваність черевним тифом (рис. 1.1). У період піку епідемії занедужало майже 2 тис. чоловік. Надалі рівень захворюваності черевним тифом знизився, однак перевищував спорадичний протягом літа, аж до вересня.

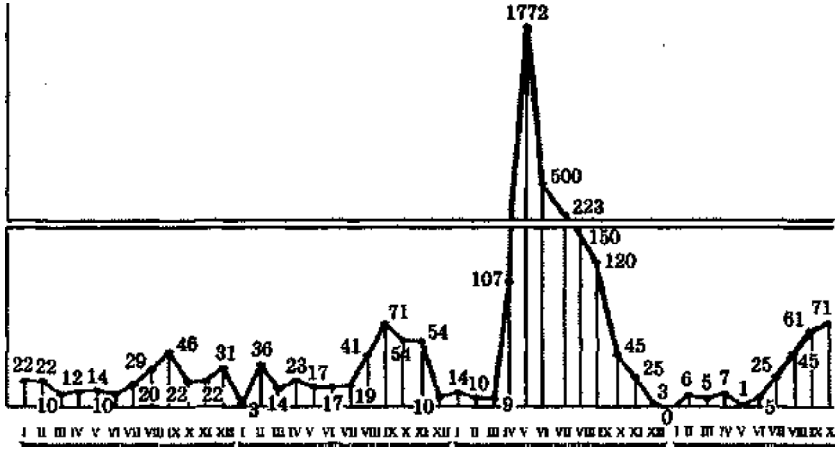

Рис. 1.1 Крива захворюваності черевним тифом у Ростові-на-Дону в 1924-1927 рр. (по Л.В. Громашевському, 1949)

Хронічна водна епідемія холери була зареєстрована на початку XX ст. у Санкт-Петербурзі. Неповна забезпеченість міста централізованим водопостачанням і каналізацією, відсутність знезаражування води на водопроводі привели до того, що завезена в 1908 р. холера стала в Санкт-Петербурзі перманентної. Рівень смертності від неї в період до 1909 р. становив 80 на 10 тис. населення. Міська влада була змушена в 1909 р. впровадити на водопроводі очисні споруди і знезаражування води хлором, завдяки чому смертність від холери знизилася майже вдвічі і становила 45 на 10 тис. населення. Ситуація значно покращилася після 1922 р., коли був кардинально реконструйований водопровід і централізоване водопостачання охопило все місто. Рівень захворюваності відразу знизився майже втроє (до 15 на 10 тис. населення).

У сучасних умовах на шляху поширення інфекційних хвороб водним шляхом існує багато перешкод: споруди для

очищення і знезаражування стічних вод перед їх скиданням у водойми; процеси самоочищення водойм; споруди для очищення і знезаражування води на водопровідних станціях. Тобто, складається враження, що існують всі можливості для ліквідації поширення інфекційних хвороб водним шляхом, однак цього не вдається досягти протягом багатьох років. Зараз у світі інфекційна захворюваність населення, пов'язана з водопостачанням, перевищує 500 млн випадків у рік. За даними ВООЗ, щорічно внаслідок низької якості питної води гинуть майже 5 млн осіб.

В Україні з 1992 по 1996 р. зареєстровано 29 спалахів гострих кишкових інфекцій, з яких 12 викликані *Sh. flexneri*, 10 — *S. thyphi*, 5 — збудниками вірусного гепатиту А. По одному спалаху викликано збудниками *Sh. sonnei* і патогенними *E. coli*. При цьому занедужали 7401 осіб, причому найбільш часто реєструвалася захворюваність вірусним гепатитом А — 5306 осіб. В 1997 р. було зареєстрували 8 водних спалахів, в 1998 р. — 12.

Щорічно в Україні реєструються спалахи гострих кишкових інфекційних захворювань (вірусний гепатит А, черевний тиф, ротавірусні інфекції тощо), збудники яких переносяться питною водою як централізованого, так і децентралізованого водопостачання.

Це ж констатоване в щорічній доповіді про стан здоров'я населення України і санітарно-епідеміологічної ситуації за 2005 рік, а в аналогічній доповіді за 2006 рік відзначено, що питна вода з поверхневих вододжерел потенційно небезпечна у вірусному відношенні, тому що технології її підготовки не гарантують видалення вірусів.

Інфекційна, у тому числі водно-обумовлена захворюваність в Україні в значній мірі обумовлена проблемами із забезпеченням населення питною водою гарантованої якості (кожна п'ята проба води є епідемічно небезпечною) і аварій-

ним станом більшості водопровідних і каналізаційних мереж (у сільській місцевості це придбало характер справжньої катастрофи).

Протягом 10 років (1995-2004 роки) в Україні офіційно зареєстровано 61 спалах гострих кишкових інфекцій, пов'язаних з водним фактором передачі збудника. Постраждало 8083 особи, з них — 50,2 % діти. Основна кількість спалахів пов'язано із забрудненням водопровідної води внаслідок аварійних ситуацій у мережах водопостачання й водоотведения (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Спалахи гострих кишкових інфекцій з водним шляхом передачі збудника в Україні за 1999 -2004 року за нозологічними формами

	Кількість спалахів	Кількість постраждалих осіб
Вірусний гепатит А	27	2814
Ентеровіруси	4	457
Дизентерія	16	1175
Черевний тиф	8	182
Йєрсиніоз	1	32
Ротавіруси	3	3353
Умовно-патогенна мікрофлора	2	70
Усього	29	5018

За нозологічними формами інфекційних захворювань спалахи розподілилися в такий спосіб: вірусний гепатит — 27, постраждало 2814 осіб, дизентерія — 16 (1175), черевний тиф — 8 (182), ентеровіруси — 4 (457), ротавіруси — 3 (3353), умовно-патогенна мікрофлора — 2 (70), йєрсиніоз — 1 (32).

За інтенсивністю епідемічного процесу найбільш масовими були спалаху ротавірусної інфекції (3), якої уражено 40,5% (3353) від загальної кількості потерпілих. Далі йдуть спалахи вірусного гепатиту А — 34,8% (2814), дизентерія — 14,5% (1175), ентеровіруси — 5,7% (457). Спалахи реєструвалися на 17 адміністративних територіях: у Донецькій — 13, Закарпатській, Луганській — по 6, Дніпропетровській, Львівській, Житомирській — по 5, Івано-Франківській, Одеській, Хмельницькій — по 3, Кіровоградській, місту Севастополь — по 2, Волинській, Запорізькій, Полтавській, Харківській, Херсонській, Чернігівській — по 1.

Кишкові інфекції включають десятки нозологічних форм, які характеризуються різноманітністю клінічних проявів. Щороку в країні в середньому реєструється близько 140 тисяч випадків гострих кишкових інфекцій, з них — 23-25 % припадає на сальмонельози і шигельози, 30-35% — на ВГА. За 1995-2004 року спостерігається тенденція до зниження всіх нозологічних форм кишкових інфекцій, за винятком ротавірусної. Зокрема, загальна захворюваність на сальмонельози знизилася майже вдвічі. Середній рівень захворюваності у всіх регіонах України був максимальним — 29,73 на 100 тисяч населення в 1995 році, мінімальним — 14,23 в 2004 році. За віковою структурою хворих сальмонельозом майже половина захворювань припадає на дітей. Проте, захворюваність серед них також знизилася з 63,64 на 100 тисяч в 1995 році до 35,61 — в 2004 році.

Серйозної уваги заслуговує захворюваність дітей молодшого віку (до 2 років), яка майже щорічно в 3-4 рази вище загального показника захворюваності дітей і потребує розробки негайних заходів щодо її зниження. Захворюваність бактеріальною дизентерією (шигельозом) фіксується з періодичністю 5 років і теж характеризується тенденцією до зниження.

Захворюваність шигельозами дитячого населення, у цілому по країні, знизилася на 26 % (майже в 4 рази). Школярі (7-14 років) хворіли в 2,5 рази менше, чим діти у віці 3-6 років. Різноманітність клінічних проявів сальмонельозів і шигельозов, наявність легких і стертих форм не дає можливості визначити дійсні масштаби інфікування. Це, у свою чергу, сприяє циркуляції збудників і приводить до певних ускладнень при виявленні основних джерел і факторів поширення збудників інфекцій.

Значну питому вагу серед гострих кишкових інфекцій (ГКІ) мають ентерити, коліти, гастроентерити й харчові токсикоінфекції, викликані іншими встановленими збудниками.

З 1995 по 2004 рр. у медичні установи звернулися близько 500 тис. хворих на ці нозології. Найбільший показник захворюваності спостерігався в 1999 році — 96,18 на 100 тис. населення, найменший — в 1996 і 1997 роках — 69,6. За цей період не відбулося помітного зниження захворюваності серед дітей до 14 років.

Згідно даним ВООЗ, яка враховує тільки найбільш важливі й соціально значимі захворювання, у кожного третього померлого причиною смерті були інфекційні хвороби. Найближчим часом така захворюваність може суттєво збільшитися. Це пояснюється безліччю факторів: перенаселеністю, урбанізацією і міграцією населення, антропогенним та техногенним пресом на навколишнє середовище, екологічними змінами, природними і соціальними катастрофами, ростом імунодефіцитних станів на популяційному і індивідуальному рівнях.

Ризик для здоров'я населення від споживання питної води нестандартної якості є дуже високим, оскільки стан питного водопостачання і якість питної води як систем централізованого, так і особливо децентралізованого водопостачання в країні залишається незадовільним, а в окремих регіонах

– критичним. Моніторинг інфекційної захворюваності свідчить, що кожна 2 — 3 спалах кишкових інфекцій пов'язаний із вживанням неякісної питної води.

Підтвердженням кризового стану якості питної води в Україні є спалах ротавірусної інфекції в м. Ізмаїл Одеської області в червні 2016 року. Аналіз спалаху показав наступне.

У результаті потужних злив 14.06.2016 г., коли в місті за дві години випала місячна норма опадів, була затоплена основна частина міста, особливо південно-західна і північно-західна. Враховуючи рельєф місцевості в цих мікрорайонах, дощова вода тривалий час залишалася на території, на інших територіях міста вода швидко стекла в р. Дунай. Зливова каналізація в даний період не в змозі була впоратися з великим обсягом дощових вод.

Перші випадки захворювань гострою кишковою інфекцією було зареєстровано 15.06.16, коли по медичну допомогу звернулося двоє хворих (в 14.00), що відповідало щоденному сезонному фону захворюваності. Після 20.00 збільшилась кількість хворих з однотипною клінічною картиною. Надалі розподіл захворюваності по датах виглядав таким чином: 15.06.16 — усього 6, з них 3 дитини; 16.06.16 — усього 24, з них 18 дітей (приріст в 4 рази); 17.06.16 — усього 84, з них 44 дитини (приріст в 3,5 рази); 18.06.16 — усього 108, з них 67 дітей (приріст 28,5%); 19.06.16 — усього 114, з них 70 дітей (приріст 5,6%). Станом на 12.00 годину 19.06.2016 року зареєстроване всього 344 хворих гострими кишковими інфекціями, з них 213 дітей до 18 років. Усього перебувало на стаціонарному лікуванні 217 хворих (54 дорослих, 163 дитини). Виписано для продовження лікування (амбулаторно) 147 осіб. Клінічна картина захворілих: інтоксикація — 100 %, блювота — 98 %, рідкий стілець — 95 %, температура до 38 °С — 82 %, біль у животі — 42 %, сип і енантема — до

1%. Захворюваність у всіх хворих середнього ступеню важкості.

За результатами досліджень у стільці хворих в 30 випадках виявлена умовно-патогенна флора, у тому числі, ентеропатогена *E. coli* (23), стафілокок (5), клебсієла (1), *Ps. aeruginosa* (1). Додатково проведений ПЦР-рота-рест стільця хворих показав наявність 8 позитивних зразків з 11.

Захворюваність за віковими групами: до 1 року — 2 дитини (1,4 %), 0-5 років — 26 %, 5-9 років — 21 %, 10-17 років — 22 %, дорослих — 30 %. Таким чином, найбільш ураженою групою були діти від 0 до 9 років. Серед організованого дитячого населення (дошкільні навчальні заклади) захворюваність реєструвалася одиночними випадками і склала 6,3 % від загальної кількості захворілих дітей.

При анамнезі хворих і аналізі факторів, які сприяли виникненню захворювання, встановлено, що 93 % потерпілих пов'язували свою захворюваність із вживанням водопровідної питної води, 3 % — з молочними продуктами домашнього приготування, 4 % — із вживанням овочів і фруктів, які були вимиті водопровідною водою. При проведенні епідемічного розслідування основна захворюваність зареєстрована на північно-західній і південно-західній частині міста, тобто території, яка була найбільше затопленою, зокрема це стосується подвірних туалетів у приватному секторі. Основна захворюваність (57,4 %) зареєстрована у жителів частки сектору, у тому числі серед жителів с. Броска — 7 осіб, з них 6 дітей, і с. Матроска — 2 людини (1 дитина). У даних населених пунктах водопостачання здійснюється з мереж міського водопроводу.

Крім того, на даній територій дощові зливові води затримувалися на певний час, а на інших територіях таке явище було відсутнє. На даній території розташована зливальна каналізація, яка була неспроможна прийняти більші обсяги

дощових стоків. На території мікрорайону Південний захворюваність гострими кишковими інфекціями не реєструвалася. Це слід пояснити тим, що населення цього району одержувало питну воду від окремих свердловин, які перебувають на більш високому рівні в порівнянні зі свердловинами, які забезпечують водою населення основної частина міста.

Попередній висновок свідчить про високу ймовірність рота вірусної етіології захворювання.

Прокоментувати даний спалах можна таким чином.

Аналіз спалахів інфекційної патології за період з 1998 по 2006 рр. в Україні показав, що водний фактор передачі збудника був присутній в 20 % випадків захворювань. Є всі підстави вважати ці дані заниженими. Так, за даними літератури в дослідженні спалахів інфекцій, які передаються через воду, з 1946 по 1980 рр. встановлено, що більше 80 % спалахів було пов'язане з недоліками обробки і розподілу води.

У процесі аналізу взаємозв'язку інфекційної захворюваності населення і якістю питної води за 1994-2004 рр. встановлено, що м. Ізмаїл виділяється позитивною тенденцією для ентеритів із встановленим збудником (8,404).

Захворюваність в Українському Придунав'ї (особливо в м. Ізмаїл і окремих районах, які варіюються залежно від груп хвороб) за період 2005-2015 рр. вірогідно більш висока в порівнянні з іншими регіонами по всіма групам інфекційних захворювань (за винятком ВГА) : сумі гострих кишкових захворювань (ГКЗ); ентеритам, викликаним іншими встановленими збудниками (дітей віком 0-14 років); гастроентероколітам дорослих; інфекційним і паразитарним хворобам дорослих, підлітків і дітей 1-го року життя; кишковим інфекціям дітей 1-го року, гострим кишковим інфекціям не встановленим дітей віком 0-14 років.

Аналіз показав, що фактор водно-обумовленого спалаху кишкових інфекцій у м. Ізмаїл обумовлений двома вектора-

ми. Перший: джерело забруднення має всі ознаки послідовності — підтоплення забрудненими зливовими водами свердловин, а потім додаткове інтенсивне забруднення ґрунтовими водами свердловин і інфільтрація у водоносний горизонт у результаті потужного несанкціонованого скидання необроблених стічних вод нагору за течією м. Дунай. Другий: полі-етіологічний — імовірно це мікс — інфекція, оскільки переконливо говорити про певний вірусний збудник можна після того, як повністю виключені бактеріальний (наприклад, кампілобактер і діареєгена кишкова паличка О157:Н7, які не тестувались) і паразитарний (пошук, наприклад, ооцисткриптоспорідій не проводився) збудники.

Ситуація ускладнюється тим, що Придунайський регіон взагалі, і м. Ізмаїл зокрема, перебувають у зоні додаткових епідеміологічних ризиків у результаті транскордонного переносу збудників р. Дунай із сусідніх країн. Запобігання таких ризиків можливо, якщо врахувати необхідність виконання умов Протоколу із проблем води і здоров'я, який ратифікований Україною. У Протоколі, зокрема констатовано, що запобігання, обмеження і скорочення ступеню поширення захворювань, пов'язаних з водою, є важливими і невідкладними завданнями, які можуть бути задовільним образом вирішені лише на основі більш тісного співробітництва на всіх рівнях і між усіма секторами як у межах окремих регіонів країн, так і між державами. Для досягнення мети даного Протоколу сторони Протоколу намагаються забезпечити якість води в навколишньому середовищі, яке не загрожує здоров'ю людини, якість питної води, яка відповідає Керівництву ВООЗз якості питної води, що дозволить скоротити масштаби спалахів і випадків захворювань, пов'язаних з водою.

Слід підкреслити, що повністю усунути ризик виникнення кишкових інфекцій неможливо, тому що вони можуть поширюватися не тільки через воду, але й через забруднену

їжу, руки, переноситися мухами тощо. Внаслідок цього підтримується резервуар хворих і носіїв інфекції і спорадичний рівень захворюваності. Однак, статистичні дані переконливо свідчать, що організація раціональної системи водопостачання, очищення і знезаражування води на водопроводах сприяє зниженню захворюваності населення кишковими інфекціями в 8-12 разів.

Поширення інфекційних хвороб через воду теоретично і практично можливо тільки при наявності одночасно трьох умов.

По-перше, збудники повинні потрапити в джерело водопостачання. При сучасному розвитку каналізації в населених пунктах і постійній наявності інфекційних хворих і бактеріоносіїв (1-2% населення) ця загроза існує завжди.

По-друге, патогенні мікроорганізми повинні зберігати вірулентність і життєздатність у водному середовищі протягом тривалого часу (табл. 1.2). Цим забезпечується збереження мікроорганізмів як біологічного виду. Хоча для збудників інфекційних хвороб характерний паразитичний спосіб життя, спостереження свідчать про можливість їх тривалого існування поза організмом людини.

Строки виживання патогенної мікрофлори у воді залежать від ряду факторів. Вода, у порівнянні з іншими об'єктами навколишнього середовища, такими, як ґрунт і повітря, є більш сприятливим середовищем для життєдіяльності патогенних бактерій і вірусів. Тривалість виживання збільшується внаслідок здатності деяких мікроорганізмів (наприклад, бацил сибірської виразки, ботулізму й ін.) при попаданні в зовнішнє середовище утворювати спори як форму збереження виду. В інших патогенних мікроорганізмів (наприклад, мікобактерії туберкульозу і лепри) підвищена стійкість забезпечується за рахунок високого вмісту ліпідів (25-40%) у бактеріальній клітині. Важливу роль відіграє і кількість мікроорганізмів, яка

Таблиця 1.2

Строки виживання мікроорганізмів у воді, доба (Н.Ф. Мілявська, 1941 р.)

Мікроорганізм	Вода			
	стерильна	водо-провідна	кринична	річкова
Кишкова паличка	8-365	2-262	2-106	21-183
Сальмонела черевного тифу	6-365	2-93	12-107	4-183
Сальмонелла паратифу В	39-167	27-371	-	-
Шигелла дизентерії	2-72	5-27	-	-
Холерний вібріон	3-392	4-28	1-92	4-92
Поліовірус	до 100	понад 118	-	понад 180
Лептоспіра	до 16	до 5	7-75	до 150
Паличка туляремії	3-15	до 92	12-60	7-31
Бруцелла	6-168	5-25	4-45	до 10

потрапила у воду. Чим вище вихідна доза забруднення, тем триваліші строки виживання мікробів у воді.

Виживанню патогенних мікроорганізмів сприяє одночасне попадання у водойму біологічного субстрату, який є природнім середовищем їх проживання, тобто фекалій, сечі, мокротиння, залишків трупів тварин і т.п. Збереженню збудників сприяє низька і навіть мінусова температура без періодичного заморожування й відтавання. Велике значення мають

особливості водойми, антагонізм її сапрофітної мікрофлори і різноманітних гідробіонтів, рівень техногенного хімічного забруднення води, комплекс гідрологічних і метеорологічних факторів.

По-третє, збудники інфекційних хвороб повинні потрапити в організм людини з питною водою. Ця умова може реалізуватися при порушенні технології очищення і знезаражування води або правил експлуатації водопроводу. Зокрема, у випадку забруднення джерела води на ділянці водозабору внаслідок відведення неочищених або недостатньо очищених стічних вод у поверхневі водойми, проникнення води з розташованих вище горизонтів (поверхневих водойм, верховодки, ґрунтових вод) у міжпластові води при порушенні герметичності водонепроникного перекриття, недотримання режиму очищення і знезаражування на водопровідних станціях, незадовільного санітарно-технічного стану водопровідної й каналізаційної мереж, неправильного обладнання і експлуатації водорозбірних колонок тощо.

Для забруднення води у водогінній мережі при централізованому водопостачанні необхідні три умови: 1) порушення герметичності водопровідних труб; 2) утворення вакууму в трубах; 3) наявність джерела забруднення поблизу ділянки порушення герметичності водопровідних труб. Крім того, інфікування можливе при використанні для питтяі господарсько-побутових потреб води з технічного водопроводу, із цистерн, баків тощо. Зараження ентеропатогенною мікрофлорою може відбутися у випадку заковтування води під час купання в поверхневих водоймах або вживання в їжу брудних овочів, що виросли на полях, зрошуваних річковий водою. Для вибору правильної тактики під час розробки профілактичних заходів і контролю над їхнім дотриманням, слід чітко знати не тільки перераховані вище умови забруднення води, але й ознаки водних епідемій.

Основною з них є одночасна поява великої кількості хворих з кишковими інфекціями, тобто різке підвищення захворюваності населення, так званий епідемічний спалах. До того ж хворіють люди, які користувалися або одним водопроводом (якщо порушений процес знезаражування на водопровідній станції), або однією гілкою водопровідної мережі (якщо забруднення води відбулося в мережі), або одною колонкою (так звана колонкова епідемія у випадку забруднення води в колонці), або одним шахтним колодязем. Захворюваність тривалий час утримується на високому рівні, по мірі забруднення води й вживання її населенням. Після проведення комплексу протиепідемічних заходів (ліквідації вогнища забруднення, дезінфекції водопровідних споруд, санації колодязя тощо) спалах вгасає, захворюваність різко знижується, крива інфекційної захворюваності падає. Однак захворюваність залишається підвищеної (більш високою, чим спорадичний рівень) ще якийсь час, тобто спостерігається так званий епідемічний шлейф. Це викликано появою під час спалаху епідемії великої кількості нових потенційних джерел інфекції (хворих і носіїв) і активізацією інших шляхів поширення патогенних мікроорганізмів від цих джерел — контактно-побутовий, через забруднені руки, дитячі іграшки, предмети побуту, продукти харчування або живі переносники (мухи) тощо.

Крива захворюваності інфекційними хворобами, які викликані недоброякісною водою, має одно-, дво-, тригорбий або інший характер, що пов'язано з інкубаційним періодом. Наприклад, інкубаційний період при гастроентероколіті ешеріхіозної і сальмонельозної етіології становить 1-3 доби, при холері — 1-5 діб, при дизентерії — 1-7 діб, при паратифах А и В — 7-14 діб, при черевному тифі — 14-21 діб, при вірусному гепатиті А и Е — 30 діб і більше. Тому, насамперед будуть реєструватися захворювання з коротким інкубаційним

періодом (наприклад, гастроентероколіти) і лише потім — із тривалим (паратифи А и В, черевний тиф, вірусний гепатит А).

В процесі накопичення даних у системі реєстрації водних спалахів неминуча поява безлічі недоліків, з яких найбільш принциповий — значне заниження відомостей про водно-обумовлені інфекції і велике число гострих шлунково-кишкових хвороб невідомої етіології (AGI). У цьому можна легко переконатися при уважному погляді на рис. 1.2.

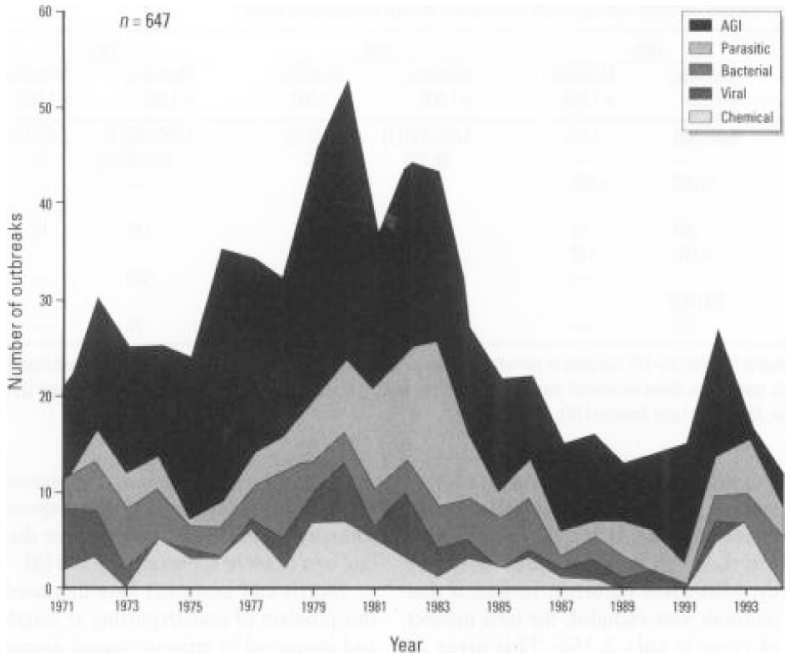

Рис 1.2 **Число водних спалахів, пов'язаних з питною водою, за роками таетіологічними агентамиу США за період 1971-1994 рр.**

Як видно, за зазначений період ідентифіковано менше 50 % збудників. Таке заниження відомостей про водно-

обумовлені інфекції як у США, так і в усьому світі робить украй проблематичною оцінку їх рівня. Точні оцінки такої патології фактично неможливі, насамперед через велике число безсимптомних і симптоматичних випадків, при яких не звертаються за лікуванням, випадків, коли за лікуванням звертаються, але не ставиться певний діагноз, коли відсутня інформація про шляхи зараження й коли діагноз встановлюється, але про випадок захворювання не повідомляється. Наприклад, аналіз спалаху в Хайдарабаді (Індія) показав, що дані про рівень захворюваності, зафіксовані в госпіталі, нижчі дійсного рівня приблизно в 200 разів.

Як попередньо обговорювалося, зареєстрована частина захворювань AGI (гострі гастроінтестинальні інфекції) — тільки частина фактичної сфери дії. Імовірний високий відсоток не повідомлених випадків. Наприклад, AGI невідомої етіології можуть бути викликані вірусами, а ці інфекції часто мають незначну симптоматику або протікають у стертій формі.

Методики оцінки ризику також потребують подальшого розвитку. Будь-яке обчислення ризику в значній мірі залежить від можливої оцінки шляхів зараження питної води, інфекційної дози і сприйнятливості населення. Хоча спроби оцінки ризиків від патогенів з питної води в деяких випадках моделюютьі дійсно приблизно пророкують сферу дії хвороби, невизначеність занадто велика. Необхідні вдосконалені методики оцінки ризику, які б брали до уваги нерівномірний розподіл патогенів у питній воді, включали б кращі оцінки інфекційної дози і могли б більш точно передбачити інфекційність мікроорганізму в природних умовах. Крім того, для точних оцінок необхідне включення в моделі визначення ризику зараження взаємодій серед мікробів і між мікробами і хімічними речовинами, як це зараз робиться для окремих хімічних сполук.

Методологія оцінки ризику мікробної контамінації води повинна включати п’ять компонентів, які зручніше розглядати як етапи:

1) всебічна оцінка бази даних по проблемі, включаючи ідентифікацію методів і моделей дослідження ризику;

2) використання двох моделей для подальшої оцінки: статичної (конкретний індивідуум) і динамічної (популяція);

3) диференціація двох моделей залежно від умов, при яких моделі прогнозують подібні або суттєво різні оцінки ризику: для ідентифікації інфекційного агенту досить використовувати менш складну статичну модель, тоді як соціологічні і епідеміологічні дослідження з врахуванням гіпотетично відкорегованої якості води припускають застосування другої моделі;

4) аналіз отриманих даних для розробки нових або коректування існуючих праворегулюючих документів;

5) комп’ютерна індентифікація критеріїв з розробкою прогнозної оцінки для регулюючих і/або муніципальних органів у кожному конкретному випадку.

Глобальна вага інфекційних водних захворювань величезна. Повідомлена чисельність лише частково відбиває дійсний масштаб проблеми. Особливо це стосується малопоширених ендемічних захворювань, які широко поширені як у розвинених країнах, так і в країнах, що розвиваються. Способи виживання патогенів гарантують, що жоден підхід до обробки не буде повністю успішний в усуненні всіх патогенів з питної води. Однак, багаторазові бар’єри і оптимізація проекту обробки можуть допомогти мінімізувати ризики. Нижче представлений мультибар’єрний підхід[a] для поліпшення мікробіологічної якості води.

1. Мінімізація антропогенного і природного впливу на вихідну воду, включаючи програми зменшення впливу водоплавних птахів, особливо в місцях водозаборів.

2. Система обробки з достатньою здатністю підтримувати адекватний тиск усюди по системі водопостачання 24 години/добу, що мінімізує можливості мікробної колонізації в системі водопостачання. Це може включати:

- коагуляцію і флокуляцію для видалення колоїдів, пов'язаних з мікро- і макроорганізмами[b];
- преозонування[c] для ефективної інактивації мікроорганізмів у вихідних водах, зменшення запаху, смаку ікольору, концентрації попередників побічних продуктів дезінфекції (ППД) і зменшення залишкової кількості хлору/хлораміну;
- фільтрація для подальшого видалення макрочастинок і мікроорганізмів, включаючи гранульоване або біологічно активне вугілля для видалення органіки[d];
- хлорамінування для мінімізації утворення ППД із періодичним хлоруванням і промиванням системи[e];
- ретельна розробка і реалізація програм модернізації систем водопостачання[f]: запобігання витоків, зворотного потоку, нецільового використання гідрантів, ін.

Примітки:

[a] — повинна підтримуватися сувора програма контролю мікробних і хімічних забруднювачів у вихідних і кінцевих водах;

[b] – ВООЗ рекомендує коагуляцію, флокуляцію і осадження до первинної дезінфекції, щоб зменшитиутворення побічних продуктів дезінфекції;

[c] — якщо озон використовується як первинний дезінфікуючий засіб, те це також повиннозменшитиутворення органіки; якщо є високі концентрації брому у вихідній воді, озонування може викликати утворення броматів і необхідно розглядати альтернативні шляхи дезінфекції, наприклад, хлором, діоксидом хлору або хлорамінами;

[d] — важливо звернути увагу, що без ретельного контролю бактеріального росту ці фільтри можуть самостійно

стати ділянкою забруднення води колі-формами або опортуністичними патогенами;

[e] — хлорамінування може бути ефективне в старих системах водопостачання для зменшення корозії;

[f]– повторна дезінфекція може зменшити здатність патогенів до адаптації у водному середовищі.

У країнах, що розвиваються, де ресурси можуть бути надзвичайно неадекватні, особливо в сільських або перехідних громадах, багато чого може бути досягнуте основними гігієнічними і санітарними програмами. Сприйнятливість населення може бути зменшена програмами імунізації для місцевих хвороб і введенням недорогих програм.

Широкий діапазон факторів стимулює епідемії водних хвороб. Коли гігієнічні умови погані, спалахи водних хвороб є неминучими. Іригація стічними водами, повені і інші природні нещастя, незадовільна якість вихідної води і неадекватні або застарілі засоби обробки води, недоліки систем водопостачання – усе вносить свій внесок. Це завжди мало місце, однак тривожні тенденції в появі і сплеску водних хвороб стають очевидними. Відзначений сплеск старих хвороб у деяких частинах світу, наприклад, холера в Південній Америці. Однак, більш важко визначити поява нових захворювань. Нові шляхи зараження раніше не описаних патогенів можуть привести до появи невідомих інфекційних патологій. Навіть у розвинених країнах збільшення чисельності сприйнятливих індивідуумів (дуже молоді, літні, вагітні жінки і імунодефіцитні особи) забезпечує великий резервуар для опортуністичних патогенів і може спровокувати зміни вірулентності. Крім того, збільшення адаптації до хазяїна-людини може збільшити рівні інфекції серед населення, у якого резистентність не знижена. Ясно, що в цих сферах необхідні подальші дослідження для точної оцінки майбутніх ризиків водних захворювань.

Таким чином, реалізація мікробіологічної безпеки води повинна включати наступне:

- Реалістична оцінка води. Це вимагає впровадження освітніх програм з акцентом на цінність і обмеженість води як ресурсу.
- Оптимізація систем спостереження. Відомості про вагу водних захворювань постійно занижуються і системи спостереження неадекватні. Дослідження і огляди необхідні для забезпечення більш ясного розуміння ваги захворювань, викликаних забрудненої водою і у розвинених, і в країнах, що розвиваються.
- Оптимізація обробки води. Необхідні такі підходи до обробки води, які мінімізують селекцію стійкого до обробки патогену, утвореннябіоплівок і побічних продуктів дезінфекції.
- Оптимізація контролю. Необхідний рентабельний, патогено-специфічний контроль для оцінки ризику і у розвинених, і в країнах, що розвиваються.
- Нові захворювання. Удосконалення методів, включаючи моделі прогнозної оцінки для розпізнавання умов, які приводять до появи хвороби.
- Оцінка ризику. Оптимізація методик оцінки ризику для моделювання зараження і забезпечення реалістичних оцінок інфекційності водних патогенів.
- Сприйнятливість населення. Необхідно краще розуміння ролі усе більш і більш сприйнятливих категорій населення в передачі і збереженні водних захворювань.
- Глобальні проблеми. Скорочення ваги водних захворювань і ризиків появи нових захворювань вимагає розробки і динамічного вдосконалювання активної системи спостереження в глобальному масштабі.

Міжнародне співтовариство повинно бути готовим забезпечити швидке реагування без врахування політичних суперечок, тому що для епідемій, у тому числі водно-обумовлених, кордонів не існує.

1.4 Ендемічне значення води

Масові захворювання населення інфекційної природи — найбільш загрозливий, однак не єдиний негативний наслідок вживання недоброякісної води. Масові ураження можуть мати неінфекційну природу, тобто їхньою причиною може бути наявність у воді хімічних — як мінеральних, так і органічних, домішок.

Проблема впливу хімічного складу води на здоров'я населення давно цікавила вчених, однак перші науково обґрунтовані уявлення про це з'явилися лише на початку XX ст.

Вагомий внесок у розвиток цих уявлень належить російським і українським ученим. Видатні ґрунтознавці, геохіміки і біогеохіміки В.І. Вернадський і О.П. Виноградов при вивченні мікроелементного складу ґрунтів у різних регіонах колишнього Радянського Союзу відзначили, що в деяких місцевостях вміст тих або інших хімічних елементів ґрунту або занадто високий, або, навпаки, занадто малий. Брак або надлишок тих або інших елементів у ґрунті привів до недостатнього або надлишкового вмісту їх у воді поверхневих або підземних водойм, які формуються на цій території, а внаслідок цього — і в питній воді. Крім того, аномально високий або низький вміст хімічного елемента спостерігався і у харчових продуктах рослинного і тваринного походження. Це певним чином впливало на здоров'я людей, що постійно проживають у даній місцевості, — у них зареєстровані хвороби, які в інших регіонах не виявлялися. Такі місцевості назвали біогеохімічними провінціями, а хвороби, що реєструвалися там, — геохімічними ендеміями або ендемічними захворюваннями.

Сьогодні є узагальнена інформація про найпоширеніші ендемічні хвороби, їх причини і основні клінічні прояви. Існують ртутні (Гірський Алтай), сурм'яні (Ферганська долина), мідно-цинкові (Баймакська область), мідні (Урал, Алтай, Донецька обл. України, Узбекистан), кремнієві (Чувашія, Придунайські райони Болгарії і Югославії), хромові (Північний Казахстан, Азербайджан) і інші біогеохімічні провінції.

Серед згаданих ендемічних захворювань особливо тісно пов'язані із вживанням води ендемічний флюороз, ендемічний карієс, водно-нітратна метгемоглобінемія і ендемічний зоб.

Є необхідним дати визначення мікроэлементозам. Це патологічні стани, викликані браком (гіпомікроелементоз), надлишком (гіпермікроелементоз) або дисбалансом мікроелементів в організмі. Ендемічні хвороби, обумовлені надлишком або браком того або іншого мікроелемента, або дисбалансом декількох мікроелементів у ґрунті, воді і продуктах харчування, є природними екзогенними мікроелементозами.

Есенціальність фактора — це специфічність його участі в прямих метаболічних процесах, необхідних для виживання даного організму і його потомства.

Відомо, що фтор так само, як і інші біомікроэлементи, є есенційним чинником з параболічною дозоефектною залежністю, наявністю діапазону біологічного оптимуму і можливістю розвитку гіпо- або гіпермікроелементозу за умови недостатнього або надлишкового надходження в організм людини. Добова потреба у фторі становить 3,2-4,2 мг, з яких від 70 до 85% надходить із питною водою. Саме цим фтор відрізняється від інших мікроелементів, 70-85% добової потреби яких майже завжди покривається за рахунок харчових продуктів. Надлишкове надходження фтору в організм ви-

кликає ендемічний флюороз, недостатнє — сприяє розвитку карієсу.

У більшості випадків у поверхневих шарах ґрунту природний вміст фтору низький. Тому його концентрація у воді поверхневих водойм не перевищує 0,7 мг/л і становить 0,5-0,6 мг/л. При цих умовах надходження фтору в організм із питною водою (3 л/добу) є недостатнім для формування фтор апатитів та гідрооксиапатитів, з яких майже на 97% сформована емаль зуба. Міцність емалі знижується. Вона стає проникною для молочної кислоти, що утворюється в ротовій порожнині з вуглеводів їжі. Це приводить до активізації процесу вимивання кальцію з емалі, тобто демінералізація превалює над ремінералізацією. Емаль стає ще менш міцної, проникної не тільки для молочної кислоти, але й для протеолітичних ферментів мікроорганізмів ротової порожнини. Починається руйнування органічної частини емалі, а згодом і дентину, їх деструкція, що одержала назву карієсу.

У той же час у ряді регіонів підземні води містять фтор у високих концентраціях. Так, у воді Бучакського водоносного горизонту, який формується у фторвмісних гірських породах, концентрація фтору перевищує 1,5 мг/л і досягає іноді 12 мг/л. Саме це стало причиною ендемічного флюорозу в Бучакській біогеохімічній провінції (Полтавська область України). Надлишкове надходження фтору, який є сильним окиснювачем і внаслідок цього, як і інші галогени, — протоплазматичною отрутою, приводить до інактивації ферментних систем одонтобластів — клітин, які відповідають за процеси ремінералізації зубів. У першій стадії флюорозу спостерігаються фарфоро-, крейдо подібні плями на симетричних різцях, у другій — вони пігментуються, офарблюючись у жовто-коричневий колір. У третій стадії з'являються ерозії емалі, руйнується коронка зуба, стає неправильним прикус. При постійному споживанні питної води з високим

вмістом фтору може розвитися навіть флюороз кістяка (генералізований остеосклероз, осифікація зв'язок, особливо міжреберних, хрящів), що приводить до обмеження рухливості. При цьому можуть уражуватися нервова система і внутрішні органі (серце, нирки, печінка тощо).

Перші випадки водно-нітратної метгемоглобінемії у дітей описав в 1945 р. Comli. У дітей, що перебували на штучному вигодовуванні виявили акроціаноз, задишку, тахікардію і інші ознаки гіпоксії.

Було встановлено, що живильну суміш розчиняли водою з високим вмістом нітратів. В 1949-1950 рр. випадки водно-нітратної метгемоглобінемії описав Uolton у США. За цей період зареєстровано 278 випадків хвороби, з них 39 — смертельних.

Згодом було доведено, що водно-нітратна метгемоглобінемія діагностована, як правило, у дітей раннього віку при штучному вигодовуванні живильними сумішами, приготовленими на воді з високою концентрацією нітратів (понад 50 мг/л) і нітритів.

Нітрати не є метгемоглобінутворювачами, однак надходячи в травний канал з водою, вони під впливом кишкової мікрофлори відновлюються в нітрити. Останні надходять у кров і блокують гемоглобін шляхом утворення метгемоглобіну, який не здатний вступати в оборотну реакцію з киснем і переносити його. Таким чином, чим більше гемоглобіну перетворилося в метгемоглобін, тем менше киснева ємність крові. Метгемоглобін в 300, а за деякими даними, — в 500 раз, більш стійкий по ступеню дисоціації в порівнянні з оксигемоглобіном. Метгемоглобін, на відміну від оксигемоглобіну, сам не дисоціює. У випадку його накопичення знижується насичення артеріальної крові киснем, виникає гемічний тип гіпоксії та кисневе голодування. Якщо кількість метгемоглобіну перевищує 50% загальної кількості гемоглобіну, організм може загинути від гіпоксії центральної нервової системи.

У всіх згаданих випадках, коли хворіли діти, дорослі залишалися здоровими. З'ясувалося, що в їхній крові метгемоглобін не накопичується внаслідок руйнування метгемоглобінредуктазою еритроцитів, тобто відбувається швидке відновлення гемоглобіну. У малят, особливо першого року життя, спостерігається дефіцит метгемоглобіновредуктази, що приводить до накопичення метгемоглобіну. Саме тому, чим молодше дитина, тем важче протікає хвороба. Крім того, у дітей грудного віку, що особливо страждають диспепсією, відновлення нітратів у травному каналі відбувається більш активно, чому сприяє низька кислотність шлункового соку. До того ж фетальний гемоглобін немовлят має більшу спорідненість до нітратів, чим гемоглобін дорослої людини.

В нормі у дітей старшого віку і дорослих рівень метгемоглобіну в крові не перевищує 1-2%. При надходженні нітратів в організм дорослих у надлишкових, однак не дуже високих дозах, концентрація метгемоглобіну підвищується незначно, оскільки метгемоглобінредуктаза еритроцитів руйнує його. Це майже не позначається на стані здоров'я, однак у пацієнтів з анемією або серцево-судинними захворюваннями можуть підсилитися прояву гіпоксії. У той же час при надходженні більших кількостей нітратів і у дорослих може розвитися гостре отруєння.

За даними експертів ВООЗ допустима добова доза нітратів становить 5 мг/кг маси тіла або 350 мг для людини з масою тіла 70 кг. При концентрації нітратів у воді на рівні гігієнічного нормативу (50 мг/л) протягом доби з 3 л води в організмі людини може утворитися 135 мг нітратів. Гостре отруєння у дорослих спостерігається при надходженні 1-4 г нітратів. Доза 8 г нітратів може призвести до загибелі людини, а доза 13-14 г є абсолютно смертельною.

У дітей раннього віку внаслідок відсутності метгемоглобінредуктази відбувається накопичення метгемоглобіну в крові, і коли його кількість досягає 10%, з'являються клінічні ознаки метгемоглобінемії: акроціаноз, задишка, тахікардія. При важких формах захворювання (вміст метгемоглобіну до 30%) з'являються судоми, дихання Чейна-Стокса і наступає смерть. Дуже важка форма метгемоглобінемії виникає у випадку, якщо концентрація метгемоглобіну в крові досягає 30-40%.

Однак, підвищений вміст нітратів у воді небезпечний для здоров'я не тільки дітей, але й дорослих. Це пов'язано з роллю нітратів у синтезі нітрозамінів і нітрозамідів. Синтез відбувається внаслідок перетворення нітратів у нітрити і взаємодії останніх з аліфатичними і ароматичними амінами як у навколишньому середовищі (у воді водойм, ґрунті, рослинах), так і в організмі людини (травному каналі). Нітрозамідам і нітрозамінам (нітрозодиметіламін, нітрозодиетіламін, нітрозодіфеніламін) властиві мутагенна і канцерогенна дія. Велика кількість можливих джерел надходження нітрозамінів, нітрозамідів і їх попередників нітратів у водойми господарсько-питного призначення, можливість їх синтезу з нітратів у воді водойм і травному каналі, висока розчинність і значна стабільність роблять питну воду одним з основних шляхів надходження нітрозамідів в організм людини. Тому, підвищений вміст нітратів у воді сприяє підвищенню онкологічної захворюваності населення.

Зі складом питної води часто зв'язують ендемію зоба — хвороби, яка супроводжується збільшенням щитовидної залози. Тривалий час її етіологія залишалася невідомої, хоча для лікування цієї хвороби здавна успішно застосовували морські водорості і сіль. У середині XIX ст. французькі лікарі Прев і Шатен висловили думку, що причиною розвитку ендемічного зобу є дефіцит йоду в раціоні населення, і запропонували йодну профілактику. Вони довели, що ендемічний зоб вражає населення біогеохімічних провінцій, де спостерігається недостатня кількість йоду у всіх елементах біосфери — ґрунті, повітрі, воді, рослинах, організмі свійських тварин. Патогенез ендемічного зобу, в основі якого лежать порушення функції щитовидної залози внаслідок дефіциту йоду, є складним. Він тісно пов'язаний з порушенням синтезу тиреоїдних гормонів, пригніченням тиреотропної функції гіпофіза і секреторної активності щитовидної залози. У важких випадках і без лікування виникає симптомокомплекс, подібний гіпотиреозу, з відставанням фізичного і розумового розвитку, кретинізмом.

Добовий баланс йоду, за А.П. Виноградовим, такий: 70 мкг повинно надходити з їжею рослинного походження, 40 мкг — з м'ясною їжею, 5 мкг — з повітрям, 5 мкг — з водою, тобто в сумі 120 мкг/добу. На сьогодні відомо, що фізіологічна добова потреба в йоді дещо вища і становить 150-200 мкг. Визначена зворотна кореляція між вмістом йоду у воді джерел, частотою і важкістю перебігу хвороби.

У той же час використання для пиття води ізвмістом йоду понад 100 мкг/л може сприяти зниженню рівня і навіть ліквідації захворюваності ендемічним зобом.

Таким чином, низький вміст йоду в питній воді і продуктах харчування є безпосередньою причиною захворюваності населення ендемічним зобом. Кількість йоду в місцевих харчових продуктах корелює з його кількістю у воді поверхневих і підземних джерел водопостачання. Внаслідок цього низька концентрація йоду у воді стає своєрідним індикатором його рівня в об'єктах навколишнього середовища і сигналом можливості виникнення зобної ендемії. Крім того, було доведено, що підвищена жорсткість води в ендемічних районах сприяє розвитку ендемічного зобу, тому що погіршує всмоктування йоду в травному каналі.

Істотний вплив на виникнення в умовах нестачі йоду ендемічного зобу виявляє дисбаланс інших макро- і мікроелементів. Встановлено, що високі концентрації кальцію у воді в ендемічних по зобу регіонах стимулюють, підвищують функцію щитовидної залози, сприяючи розвитку найбільш важкої вузлової, колоїдної форми ендемічного зобу. Крім того, мала кількість калію в добовому раціоні в умовах йодної недостатності також сприяє функціональному порушенню щитовидної залози, але при цьому виникає паренхіматозна форма ендемічного зобу. Надлишкова кількість марганцю сприяє пригніченню функції щитовидної залози, механізм якого полягає в блокуванні ферментів, які беруть участь у перетворенні неорганічного йоду в органічну, але не активну форму — дийодтиронін. Крім того, уповільнюється подальша трансформація дийодтироніна в активну форму — тироксін.

Крім фтору і йоду, ще деякі мікроелементи в концентраціях, які спостерігаються в природній воді біогеохімічних провінцій, можуть негативно впливати на здоров'я. Наприклад, у біогеохімічних провінціях з підвищеним вмістом стронцію у воді глибоких підземних горизонтів, яку використовують для пиття, у дітей виявлені порушення розвитку кісткової тканини, зокрема затримка прорізування зубів. Також відмічено зменшення питомої ваги дітей молодшого шкільного віку з гармонічним морфо-функціональним розвитком. Патогенез зазначених порушень пов'язаний з відомим у біохімії фактом конкурентних відносин стронцію і кальцію під час їх розподілу в організмі, зокрема в кістковій системі. Аналогічним є й патогенез ендемічної уровської хвороби, яка спостерігається у жителів Забайкалля і Південно-Східної Азії.

У середині XIX ст. серед населення одного з міст Сілезії з'явилися масові захворювання, що одержали назву «копитної» хвороби у зв'язку з характерними наростами на стопах. Згодом було діагностовано хронічне отруєння миш'яком.

Копитна хвороба виникала у людей внаслідок тривалого вживання артезіанської води, яка в процесі формування водоносного горизонту контактувала з арсенопіритом і містила миш'як у концентрації 1-2,2 мг/л.

1.5 Гігієнічне значення техногенного забруднення води хімічними речовинами

У порівнянні з ендемічним значенням води сьогодні ще більш загрозливим здоров'ю людей є техногенне забруднення водойм хімічними речовинами внаслідок скидання неочищених або недостатньо очищених стічних вод промислових підприємств, поверхневого стоку із сільськогосподарських угідь, територій смітників промислових відходів тощо. Надходження у воду токсичних речовин навіть у невеликих кількостях може становити небезпеку для здоров'я окремої людини й населення в цілому, аж до виникнення масових отруєнь. Це обумовлене тим, що хімічні речовини, що забруднюють воду водойм, не затримуються сучасними очисними спорудами водопровідних станцій.

Імовірність негативного впливу підвищується при забрудненні води надзвичайно токсичними й високотоксичними речовинами, що володіють мутагенною і канцерогенною активністю, ембріотоксичністю і тератогенністю, репродуктивною токсичністю і сенсибілізуючими властивостями.

Крім того, ризик шкідливого впливу вищий, якщо речовина погано і повільно руйнується у воді внаслідок як фізико-хімічних процесів (гідролізу і фотолізу), так і мікробіологічної деструкції. Стійкими у водному середовищі є важкі метали, хлорорганічнісполуки (ДДТ, ГХЦГ, алдрин, ділдрин, поліхлорованібіфеніли, дібензодіоксини і дібензофурани), нітроза міни тощо. З іншого боку, у воді в результаті деструкції під впливом різних фізичних, хімічних і біологічних факторів

можуть утворюватися більш токсичні і небезпечні продукти трансформації. Наприклад, нітрати можуть перетворюватися в нітрозаміни і нітрозаміди, які є мутагенами і канцерогенами; ртуть неорганічна може трансформуватися в метилртуть, яка викликає хворобу Мінамати.

Слід врахувати і можливість комбінованої дії деяких хімічних речовин при одночасному надходженні в організм із водою. Наслідком цього найчастіше є сумація негативних ефектів, тобто адитивна дія. Але цілком можливе посилення ефекту, тобто потенціювання. Це властиво важким металам, зокрема свинцю і кадмію, поліхлорованим діоксинам і дібензофуранам, хлорорганічним пестицидам ДДТ і ГХЦГ тощо.

В останні десятиліття світ зіштовхнувся з гострою проблемою забруднення навколишнього середовища стійкими органічними забруднювачами (СОЗ). Ці речовини утворюються і виділяються переважно в результаті діяльності людини, надзвичайно стійкі в навколишньому середовищі, мають токсичні і віддалені ефекти.

Новим етапом у спільній роботі світового співтовариства по охороні навколишнього середовища стало прийняття в Стокгольмі в травні 2001 року Конвенції про стійкі органічні забруднювачі (СОЗ). Згідно із цим документом, який Україна ратифікувала у квітні 2007 року, завдання полягає в знищенні, а там де це неможливо — мінімізації утворення СОЗ. Мова йде про 12 найнебезпечніших для людини і навколишнього середовища хлорорганічнихсполук (так звана «брудна дюжина»). Слід зазначити, що левову частину в цьому переліку становлять хлорорганічні пестициди (ХОП), меншою мірою поліхлорованібіфеніли (ПХБ). Крім цих сполук до СОЗ традиційно відносять поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).

Хімічні речовини, що перебувають у воді в незначних концентраціях, які в 1,5-2 рази перевищують ПДК, можна

вважати факторами низької інтенсивності. Вони при тривалому хронічному надходженні з водою впливають на загальну резистентність організму до дій інших шкідливих факторів. Перші наслідки такої дії — порушення функцій окремих органів і систем з напругою компенсаторно-пристосувальних механізмів — можна виявити тільки під час поглиблених медичних оглядів з використанням лабораторно-інструментальних методів дослідження. Надалі може спостерігатися збільшення неспецифічної захворюваності спочатку найбільш чутливих груп (дітей, дітей у віці до 14 років, вагітних, людей літнього віку, хворих із хронічною соматичною патологією), а згодом і всього населення. Іноді при значних рівнях забруднення води спостерігається специфічна дія хімічних речовин — масові хронічні і гострі отруєння.

Вплив на здоров'я людей органолептичних властивостей води слід розглядати з позиції вчення І.П. Павлова про вищу нервову діяльність. Виходячи із цього, запах, смак і присмак, зовнішній вигляд, прозорість, колір води, які сприймаються органами почуттів людину, є подразниками, які діють за допомогою центральної нервової системи на весь його організм. Доведено, що погіршення органолептичних властивостей води викликає рефлекторну дію на водно-питний режим і деякі фізіологічні функції організму людину, зокрема пригнічує секреторну діяльність шлунку.

Історичний досвід свідчить про те, що погані органолептичні властивості води сигналізують про можливий шкідливий вплив її на здоров'я. Інстинктивному прагненню до безпеки повністю відповідають естетичні уявлення, що сформувалися в процесі культурного розвитку людства в цілому, які зміцнюються в процесі виховання кожної людини з дитинства. Тому ясно, що в людини формується захисна реакція на воду з поганими органолептичними властивостями — почуття відрази, що змушує відмовлятися від вживання такої

води, незважаючи на спрагу. Інакше кажучи, органолептичні властивості води є важливим індикатором, який впливає на нервово-психічний стан людини, і при певних обставинах можуть привести не тільки до відмови від використання такої води, але й до погіршення здоров'я.

1.6 Господарсько-побутове і народногосподарське значення води

Гігієнічне значення води не вичерпується лише її фізіологічною роллю і безпосереднім впливом на здоров'я населення. Велика її кількість витрачається на гігієнічні, господарсько-побутові і виробничі потреби. Так, використання води в достатній кількості сприяє формуванню навичок особистої гігієни. Чиста шкіра краще виконує фізіологічні функції, а саме, володіючи бактерицидними властивостями, стає надійним бар'єром на шляху проникнення збудників багатьох інфекційних хвороб. Воду широко використовують для оздоровчих цілей, під час проведення спортивних заходів, для гідротерапії в лікувально-профілактичних установах.

Вода відіграє важливу роль у створенні оптимальних побутових умов у житлових будинках, суспільних, у тому числі лікувально-профілактичних, установах, на промислових підприємствах. Її використовують для вологого прибирання приміщень, підтримки в чистоті предметів побуту івжитку, прання білизни, готування їжі, миття посуду тощо.

Воду використовують для виробничих потреб на всіх без винятку промислових підприємствах. Іноді технологічні процеси передбачають використання не просто водопровідної води, а спеціально підготовленої: демінералізованої, деіонізованої, пом'якшеної, апірогенної води. Суворі вимоги до якості води слід пред'являти в текстильній промисловості в процесі виробництва і фарбування тканин, на фармацевтичних підприємствах під час виготовлення лікарських засобів, у харчовій промисловості при готуванні продуктів харчування і напоїв, в атомній енергетиці тощо. У великих кількостях воду використовують у сільському господарстві (для зрошення в рослинництві і садівництві, у теплицях, птахівницьких і тваринницьких комплексах). Багато водопровідної води витрачають на миття вулиць і зрошення зелених насаджень у межах населених пунктів. Обов'язковим є так званий пожежний запас води.

Таким чином, важко переоцінити значення води для забезпечення життєдіяльності людини, збереження і зміцнення здоров'я населення, забезпечення високого ступеню санітарного благоустрою населених пунктів, створення санітарних умов для проживання і задоволення народногосподарських потреб суспільства.

Розділ 2

ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ВОДИ ПРИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ І ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОМУ ВОДОПОСТАЧАННІ

Позитивну роль у збереженні й зміцненні здоров'я людей, у профілактиці інфекційних і неінфекційних хвороб, у створенні належних санітарно-побутових умов вода може виконувати лише при відповідності її якості певним вимогам. До кожного типу води пред'являють певні гігієнічні вимоги. Є свої науково обґрунтовані гігієнічні нормативи якості води й правила контролю над їхнім дотриманням. Створено і впроваджено у практику відповідний нормативний документ (Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною"), яким регламентовано гігієнічний вимоги щодо якості питної води.

В одному з перших підручників з гігієни (1896 р.) Ф.Ф. Ерісман сформулював наступні критерії, що дозволяють віднести воду до чистої в гігієнічному відношенні:

«1) Жодна з нормальних складових частин води не повинна бути в ній у такій кількості, щоб користування такою водою могло шкідливо відбитися на здоров'ї споживачів або погіршити її якість, смак.

2) Вода не повинна містити сторонні домішки, шкідливі для здоров'я споживача або такі, які свідчать про забруднення води небезпечними в санітарному відношенні речовинами, або зміна фізичних властивостей води (вид, смак, ін.) робить її неприємною.

3) Вода не повинна бути середовищем поширення заразних хвороб».

Показники якості води, виходячи з гігієнічних вимог, можна розділити на наступні групи: 1) органолептичні показники; 2) показники нешкідливості за хімічним складом; 3) показники епідемічної безпеки. В окремі групи виділяють показники радіаційної безпеки і фізіологічної повноцінності води.

Питна вода, яка безпосередньо використовується населенням, повинна бути доброякісною, тобто мати гарні органолептичні властивості, бути нешкідливої за хімічним, у тому числі радіонуклідним складом, епідемічно безпечною і фізіологічно повноцінною.

Водою з гарними органолептичними властивостями вважають таку, яка не має запаху, смаку і присмаку, прозору, не забарвлену, яка не містить помітних на око домішок (плівок, осаду, зважених речовин), прохолодну. Така вода не виявляє негативного впливу на нервово-психічний стан людини, не приводить до відмови від неї і не змушує шукати інші варіанти для задоволення спраги.

Нешкідливою за хімічним складом є така вода, вживання якої не приведе до виникнення неінфекційних захворювань хімічної етіології (ендемічних захворювань, техногенних хронічних і гострих отруєнь тощо) у людей і їх нащадків. Це повинно бути гарантованої для самих чутливих груп населення (немовлят, дітей, вагітних, людей літнього віку тощо), і в умовах використання її протягом усього життя, і з урахуванням імовірності комбінованої дії хімічних речовин при одночасній наявності у воді. Крім ендемічних хвороб і техногенних отруєнь, повинні бути виключені наслідки неспецифічної дії (зростання загальної захворюваності внаслідок зниження опірності організму) і віддалені (мутагенні, канцерогенні, ембріотоксичні, тератогенні, гонадотоксичні, сенсибілізуючі, нейротоксичні) ефекти. Виходячи із цього, концентрація у воді небезпечних для здоров'я хімічних ре-

човин не повинна перевищувати ГДК, установлених на основі глибоких санітарно-токсикологічних досліджень. У той же час питна вода повинна бути фізіологічно повноцінної, її мінеральний склад, вміст біомікроелементів (фтору, йоду, селену і т.п.) повинні бути адекватними біологічним потребам організму. Крім того, вода повинна бути нешкідливої в радіаційному відношенні, тобто містити безпечну кількість природних радіонуклідів і мати таку сумарну об'ємну α- і β-радіоактивність, яка не перевищує гігієнічного нормативу.

Безпечною в епідемічному відношенні вважається вода, яка не може служити фактором передачі збудників інфекційних захворювань. Тобто вона не повинна містити небезпечних для здоров'я людини патогенних і умовно патогенних бактерій, вірусів, найпростіших, яєць гельмінтів тощо.

2.1 Гігієнічні вимоги до якості води при централізованому господарсько-питному водопостачанні

Одним з основних заходів, спрямованих на попередження негативного впливу недоброякісної води на організм людини є гігієнічне нормування її якості.

Сьогодні в Україні діє чинний національний документ, який враховує рекомендації ВООЗ і сучасні дані про вплив окремих інгредієнтів питної води на здоров'я населення — Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН № 2.2.4-171-10). Дія ДСанПіН поширюється на воду, яка подається мережею централізованого господарсько-питного водопостачання, розбирається із шахтних колодязів і каптажів джерел, пунктів розливу, бюветів (Додаток 1). Крім того, у зазначеномудокументі викладені гігієнічні вимоги до якості бутильованої (фасованої) питної води. Відповідно до

цього документа гігієнічні вимоги, які визначають придатність води для питних цілей (її доброякісність) включають:

- показники епідемічної безпеки (мікробіологічні, вірусологічні, паразитологічні);
- санітарно-хімічні показники (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні);
- показники радіаційної безпеки;
- показники фізіологічної повноцінності.

2.1.1 Показники епідемічної безпеки

Для оцінки епідемічної безпеки води при централізованому господарсько-питному водопостачанні широко використовують непрямі санітарно-мікробіологічні показники — загальне мікробне число (КУО/мл), загальні колі-форми (КУО/100мл), *Escherichia coli (E. coli)*, (КУО/100мл), ентерококи (КУО/100 мл), патогенні ентеробактерії (КУО/1л), колі-фаги (БУО/1л), ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші, БУО/10 л; патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші, клітини, цисти, кількість/50 л;кишкові гельмінти, клітини, яйця, личинки, кількість/50 л (Додаток 1, табл. 1).

Загальне мікробне число — це загальна кількість бактерій (сапрофітів), які містяться в 1 мл води, тобто кількість колоній, які виростають при посіві 1 мл нерозбавленої води на 1,5 % м'ясо-пептонному агарі після 24 год інкубації при температурі 37°С. Їхня кількість у питній воді не повинна перевищувати 100/мл. Через 10 років із часу введення в дію ДСанПіН2.2.4-171-10 технології водопідготовки повинні забезпечити не більш 50 КУО/мл.

Загальне мікробне число для незабруднених артезіанських вод не повинно перевищувати 20-30, для незабруднених

шахтних колодязів — 300-400, для чистих відкритих водойм — 1000-1500, для водопровідної води у випадку ефективного її знезаражування — 100 в 1 мл. Підвищення його може свідчити про високу можливість наявності у воді патогенних мікроорганізмів.

Загальні колі-форми. Більш досконалим вважається нормування якості питної води за кількісті загальних колі-форм, оскільки останні може попадати у воду в результаті її фекального забруднення. Разом з кишковою паличкою у воду можуть попадати збудники кишкових інфекцій, які передаються фекально-оральним шляхом.

Вибір кишкової палички як індикатору фекального забруднення питної води обумовлено її резистентністю у порівнянні з патогенною мікрофлорою до загальноприйнятих методів очищення і знезаражування води. Оскільки кишкова паличка є найбільш стійкою в навколишньому середовищі, якщо у воді її не виявляють або її кількість не перевищує 1/100 мл, з певною вірогідністю можна вважати, що у воді відсутні життєздатні і вірулентні патогенні мікроорганізми.

У ДСанПіН2.2.4-171-10 зазначені такі вимоги до показників епідеміологічної безпеки води. При посіві 100 мл води в 98% досліджуваних проб повинні бути відсутніми загальні колі-форми, *E. coli*, ентерококи, а також патогенні мікроорганізми, коліфаги, віруси, паразитарні збудники та яйця кишкових гельмінтів (Додаток 1, табл. 1).

До санітарно-хімічних показників безпеки та якості питної води відносять: органолептичні показники, які сприймаються органами почуттів людиниі оцінюються по інтенсивності сприйняття, фізико-хімічні показники: неорганічні і органічні компоненти, санітарно-токсикологічні показники: неорганічні, органічні компоненти і інтегральні показники *(Додаток 1, табл. 2-4)*.

2.1.2 Органолептичні показники

Органолептичними показниками якості води є запах при 20°С и при нагріванні до 60°С, смак, присмак, кольоровість і каламутність.

Запах — здатність хімічних речовин, наявних у воді, випаровуватися і, створюючи тиск пари над поверхнею води, дратувати рецептори слизових оболонок носа і синусних пазух, обумовлюючи відповідні відчуття.

По походженню розрізняють природні (ароматичний, землистий, болотний, гнильний, рибний, трав'яний тощо), штучні (аптечний, хлорфенольний, сірководневий) і невизначені запахи. Однак, для гігієнічної оцінки і порівняння якості води недостатньо такої характеристики. Зрозуміло, що той самий запах може мати різну інтенсивність.

До того ж у різних людей неоднакова чутливість аналізатора нюху. У деяких вона дуже висока. Саме вони можуть відчувати запах води тоді, коли звичайна людина його не виявляє.

Той самий запах може мати різну інтенсивність. Для її оцінки ще в 1914 році в США запропонована п'ятибальна шкала. З підвищенням температури збільшується летючість розчинених у воді речовин і можуть відбуватися хімічні перетворення компонентів, розчинених у воді, що може привести до посилення запаху. Тому,запах води оцінюється як при кімнатній температурі, так і при нагріванні води до 60°С. Вода вважається без запаху, якщо її запах не перевищує 2 бали (табл. 2.1).

Каламутність — природна властивість води, обумовлена вмістом зважених речовин органічного і неорганічного походження (глини, мулу, органічних колоїдів, планктонів тощо).

Таблиця 2.1

Оцінка інтенсивності запаху в питній воді

Інтенсивність запаху, бал	Характер та інтенсивність запаху
0	Без запаху, його не виявляє навіть досвідчений лаборант
1	Дуже слабкий запах, не відчувається споживачем, але визначається досвідченим лаборантом при дослідженні
2	Слабкий, відчувається споживачем лише тоді, коли звернути на нього увагу
3	Помітний, легко відчувається споживачем, викликає негативне відношення до води
4	Чіткий, звертає на себе увагу, вимагає утриматися від вживання
5	Дуже сильний, що робить воду непридатною для вживання

Протилежна характеристика води — прозорість, тобто її здатність пропускати світлові промені. Чим більше у воді зважених речовин, тем вище її мутність, тобто менше прозорість.

Мутні води гірше знезаражуються внаслідок сорбції мікроорганізмів на поверхні або в середині зважених речовин. Хлорована мутна вода може бути небезпечної для здоров'я людини в результаті утворення хлорорганічних сполук (хлорфеноли, хлорціани, тригалометани, галооцтові кислоти, галоацетонітріли тощо).

Каламутність виміряється кількістю мг зважених речовин в 1 л води. Для її визначення використовують каолінову шкалу. Оптичну щільність води порівнюють із щільністю стандартних розчинів каоліну, використовуючи нефелометри, спектрофотометри або фотоколориметри. Каламутність питної водопровідної води не повинна перевищувати 0,5 (1,5) мг/л або 1,0-2,6 нефелометричних одиниць каламутності (1 НОМ = 0,58 мг/л).

Кольоровість. Природна властивість води, що залежить від наявності в ній гумінових речовин, які вимиваються у воду із ґрунту. Гумінові речовини утворюються в ґрунті внаслідок мікробіологічного руйнування чужорідних органічних сполук і синтезу ґрунтовими мікроорганізмами нової органічної речовини, властивої ґрунту, яка називається гумусом. Останній набуває коричневого кольору, і тому гумінові речовини надають воді забарвлення від жовтого до коричневого.

Безбарвною вважається вода, якщо її кольоровість не перевищує 20 (35) градусів.

Смак і присмак. Хімічні речовин, які присутні у воді, після взаємодії зі слиною здатні дратувати смакові рецептори, розташовані на поверхні язика, і обумовлювати відповідні відчуття. За характером розрізняють 4 смаки: солодкий, гіркий, солоний і кислий. Усі інші види відчуттів називають присмаками.

Присмак може бути металевий, болотний, лужний, нафтопродуктів тощо. Для визначення інтенсивності смаку і присмаку запропонована п'ятибальна шкала, аналогічна шкалі інтенсивності запаху. Якщо смак і присмак води не перевищує 2 бали, питна вода вважається без смаку і присмаку (табл. 2.2).

До фізико-хімічних показників якості питної води відносять неорганічні компоненти - водневий показник (pH), діоксид вуглецю, залізо загальне, жорсткість загальна, лужність загальна, йод, кальцій, магній, марганець, мідь, поліфосфати,

Таблиця 2.2

Оцінка інтенсивності смаку в питній воді

Інтенсивність смаку	Характер прояву смаку	Оцінка інтенсивності смаку, бал
Не визначається	Відсутність відчутного смаку	0
Дуже слабкий	Смак не піддається виявленню споживачем, але виявляється в лабораторії досвідченим дослідником	1
Слабкий	Смак не привертає уваги споживачів, але його можна помітити, якщо на нього вказати	2
Помітний	Смак легко виявляється і може дати привід несхвальноставитися до води	3
Виразний	Смак звертає на себе увагу і робить воду неприємною для пиття	4
Дуже сильний	Смак настільки сильний, що робить воду непридатною для пиття	5

сульфати, сухий залишок, хлор залишковий, хлориди, цинк; органічні компоненти — хлор залишковий зв'язаний.

Водневий показник, pH -природна властивість води, обумовлена наявністю вільних іонів водню. Вода більшості поверхневих водойм має показник pH у межах від 6,5 до 8,5.

Показник pH підземних вод коливається в діапазоні від 6 до 9. Кислими (pH< 7) є болотні води, багаті гуміновими речовинами, лужними (pH> 7) — підземні води, що містять велику кількість гідрокарбонатів.

Зміна активної реакції води свідчить про забруднення джерела водопостачання кислими або лужними стічними водами промислових підприємств. Необхідно також пам'ятати, що підземна міжпластова вода має постійну активну реакцію. Навіть незначне відхилення показника pH у ту або іншу сторону свідчить про проникнення в міжпластовийгоризонт води з поверхневих джерел, тобто про забруднення води.

Мінералізація загальна (сухий залишок) — це кількість речовин, переважно мінеральних солей, розчинених в 1 л води. Кількість органічних речовин у сухому залишку становить не більш 10 %, тому можна вважати, що цей показник характеризує загальну мінералізацію води.

Якщо загальна мінералізація води не перевищує 1000 мг/л, її називають прісною, при величині сухого залишку від 1000 до 3000 мг/л — солонуватою, а при мінералізації понад 3000 мг/л — солоною. Значний вміст у воді мінеральних солей надає їй солоний (присутність хлориду натрію і кальцію) або гіркий (сульфат і хлорид магнію) смак, який негативно впливає на органолептичні властивості води.

Загальну мінералізацію визначають шляхом випарювання профільтрованої води з наступним висушуванням осаду при температурі 110°С до постійної маси.

Вживання високомінералізованої води шкідливе для організму, оскільки може привести до розладу багатьох метаболічних і біохімічних процесів, розвитку патологічних змін як на функціональному, так і на морфологічному рівнях. Вода з підвищеною мінералізацією гірше вгамовує спрагу, може послужити причиною диспепсичних розладів, прискорити

розвиток сечокам'яної хвороби, змінити секреторну функцію шлунку.

Відомо, що вода з низькою мінералізацією (сухий залишок до 50-100 мг/л) неприємна на смак. Її тривале вживання може привести до порушень водно-електролітного балансу і обміну мінеральних речовин. Так, у дослідах на лабораторних тваринах і волонтерах встановлено, що систематичне вживання дистильованої води приводить до порушення водно-електролітного гомеостазу, яке ґрунтується на реакції осмо-рецептивного поля печінки, що обумовлює підвищений викид натрію в кров. Це явище супроводжується перерозподілом води між позаклітинної і внутрішньоклітинної рідинами. Нижньою межею мінералізації, при якій гомеостаз організму підтримується адаптивними реакціями, є 100 мг/л.

Оптимальний рівень мінералізації питної води перебуває в діапазоні 200-500 мг/л. При цьому вміст кальцію повинен бути 25-75 мг/л, магнію — 10-50 мг/л.

Жорсткість. Загальна жорсткість — це природна властивість води, обумовлена наявністю в ній солей кальцію і магнію, які містяться у воді у вигляді карбонатів, бікарбонатів, хлоридів, сульфатів і інших солей. Розрізняють постійну (яка не вилучається) жорсткість і жорсткість, яка вилучається. Під постійною жорсткістю розуміють жорсткість, обумовлену присутністю у воді хлоридів і сульфатів кальцію і магнію. Жорсткість, яка вилучається, обумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів кальцію й магнію.

Жорсткість води вимірюють у ммоль/л. Вода із жорсткістю до 3,5 ммоль/л вважається м'якою, від 3,5 до 7,0 м моль/л – помірно жорсткою, від 7,0 до 10,0 ммоль/л — жорсткою, а більше 10,0 ммоль/л — дуже жорсткою.

Жорстка вода погіршує всмоктування жирів внаслідок їхнього омилення і утворення в кишечнику нерозчинних кальцієво-магнієвих сполук. При цьому обмежується надхо-

дження в організм людини есенційних речовин — поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів, деяких мікроелементів. Зокрема, вода із жорсткістю понад 10 ммоль/л у регіонах, ендемічних у відношенні гіпомікроелементозу йоду (організм людини потребує як мінімум 120 мкг йоду в добу, оптимально — 200 мкг), підвищує ризик захворювання ендемічним зобом.

Вода з високою жорсткістю сприяє виникненню дерматиту. Механізм цього явища полягає в омиленні солями жорсткості шкірного жиру з утворенням нерозчинних у воді кальцієво-магнієвих сполук, яким властива дратівна дія.

До того ж треба враховувати, що з підвищенням жорсткості води ускладнюється кулінарна обробка харчових продуктів, а саме: гірше розварюються м'ясо і бобові, погано заварюється чай, утворюється накип на стінках посуду. Крім того, підвищуються витрати мила, волосся після миття стають твердим, шкіра грубіє, тканини жовтіють, втрачають м'якість, пружність через імпрегнацію кальцієво- магнієвих сполук.

Однак і дуже м'яка вода може негативно впливати на організм внаслідок зменшення надходження, насамперед, кальцію, вкрай необхідного для остеогенезу і репарації кісток, утворення дентину, підтримки нервово-м'язового скорочення, згортання крові, проникності біологічних мембран.

Відомо, що вода з низьким вмістом електролітів, що обумовлюють жорсткість, сприяє розвитку серцево-судинних захворювань. За результатами епідеміологічних досліджень була виявлена статистично значимий, хоча й не дуже сильний, зворотній кореляційний зв'язок між рівнем жорсткості питної води і смертністю населення від серцево-судинних захворювань. Однак багатокомпонентність водного фактору не дає підстав вважати, що смертність від серцево-судинних захворювань збільшилася лише за рахунок меншої жорсткості

питної води, і остаточно визнати наявність кореляційної залежності. Суттєво, що в дослідженнях були недостатньо враховані соціально-гігієнічні фактори, які, безумовно, є провідними в розвитку серцево-судинної патології.

Результати ряду досліджень також свідчать про те, що кожний елемент, наявний у питній воді, проявляє фізіологічну дію не сам по собі, а в комбінації з іншими. Вивчення особливостей комбінованої дії компонентів питної води, фізіологічних і патофізіологічних механізмів її прояву — нова сторінка у вивченні гігієни води.

Таким чином, оптимальною є вода середньої жорсткості, тобто в межах від 3,5 до 7 ммоль/л. Жорстка (від 7 до 10 ммоль/л) і дуже жорстка (понад 10 ммоль/л) вода неприємна на смак, її вживання приводить до негативних змін у стані здоров'я. Тому, доброякісна питна вода повинна мати жорсткість, що не перевищує 7 ммоль/л.

Сульфати і хлориди. Сульфати і хлориди є головною частиною сольового складу води. Вони поширені в природі у формі солей кальцію, калію, натрію, магнію та інших металів. Присутність хлоридів і сульфатів у воді може бути обумовлена як природними процесами їх вимивання із ґрунту і породи, так і забрудненням джерел водопостачання стічними водами.

Значна кількість хлоридів і сульфатів негативно впливає на органолептичні властивості води, надаючи їй гіркосолоний смак, негативно впливає на шлунково-кишкову секрецію. Щоб питна вода не мала смак і присмак більш 2 балів, вміст хлоридів і сульфатів не повинен перевищувати 250 мг/л. У деяких засушливих місцевостях, де вода фільтрується через солончакові ґрунти або осадові породи, доводиться використовувати для господарсько-питного водопостачання воду зі значно більшим вмістом хлоридів і сульфатів, тому припустимий їх вміст у воді для даних територій може бути

підвищений з урахуванням конкретної ситуації відповідно до 350 і 500 мг/л.

Підвищений вміст сульфатів у питній воді несприятливо впливає на секреторну діяльність шлунку, викликаючи диспепсію. Низький вміст у воді натрію, сульфатів і хлоридів корелює з високою захворюваністю раком шлунку.

Мідь. Концентрація міді в природних водах перебуває в межах від 0,01 до 0,5 мг/л. Якщо вона перевищує 5,0 мг/л, мідь надає водопровідній воді виразний в'язкий гіркуватий присмак. При концентрації міді у воді понад 1,0 мг/л офарблюється білизна під час прання, спостерігається корозія алюмінієвого і цинкового посуду. Необхідно зазначити, що в концентраціях, які впливають на органолептичні властивості води, мідь не виявляє негативного впливу на організм людини.

Мідь малотоксична, є есенційною речовиною, вона входить до складу багатьох ферментних систем (церулоплазміну, цитохромоксидази, оксидази аскорбінової кислоти тощо), бере участь у тканинному диханні, кровотворенні, остеогенезі, тобто є біомікроелементом, добова потреба якого становить 2-3 мг. Наприклад, у процесі кровотворення обмін міді тісно пов'язаний з обміном заліза. Вона сприяє депонуванню його в печінці, використанню для синтезу гемоглобіну, чим стимулює кровотворну функцію кісткового мозку. Тому, в результаті дефіциту міді може розвитися гіпохромна мікроцитарна анемія. Можливий розвиток мідьдефіцитного захворювання кістяка і суглобів, аортопатій, артеріопатій. Однак, значний вміст міді в питній воді (більш ніж 1,0 мг/л) негативно впливає на її органолептичні властивості. Тому, ця величина прийнята як гранично припустима у воді питній.

Марганець. Природні води можуть містити марганець від декількох мікрограмів до декількох міліграмів в 1 л. У

концентраціях, що перевищують 0,15 мг/л, марганець обумовлює забарвлення води в рожевий колір і надає їй неприємний присмак. Під час прання офарблюється білизна, утворюється накип на посуді. Якщо сполуки марганцю (II) у воді окиснюються, підсилюється його негативний вплив на органолептичні властивості. Так, при аерації води, що містить марганець у концентраціях понад 0,1 мг/л, буде утворюватися темно-бурий осад MnO_2. Якщо воду з таким вмістом марганцю, озонувати з метою знезаражування, то за рахунок утворення солей Mn^{7+} (перманганатів) може з'явитися помітне неозброєним оком забарвлення в рожевий колір. Однак, у концентраціях, які негативно впливають на органолептичні властивості води, фізіологічних і токсичних змін в організмі людини марганець не викликає. Добова потреба організму людину в цьому елементі становить 2-5 мг. Марганець бере активну участь в утворенні еритроцитів, функції гіпофіза, щитовидної залози, окисно-відновних процесах.

Залізо. Концентрація заліза в природних водах коливається від 0,01 до 26,0 мг/л. У поверхневих водах залізо міститься у вигляді стійкого гуміново-кислого заліза (III), у підземних водах-гідрокарбонату двовалентного Fe (II). Заліза гідроксид (III) погано розчиняється і утворює у воді коричневі пластівці, що обумовлює її кольоровість і мутність. При значному вмісті заліза у воді в результаті зазначених перетворень вона здобуває жовто-коричневий колір, стає мутною, з в'язким присмаком металу, що погіршує органолептичні властивості води. При вмісті заліза у воді, що перевищує 0,2 мг/л, споживачі будуть сприймати її як мутну і забарвлену в жовто-коричневий колір, при кольоровості води, що перевищує 20, а мутності — 1,5 мг/л. Якщо ж концентрація заліза у воді перевищить 1 мг/л, то вона придбає в'язкий присмак. Крім того, високий вміст заліза

у воді погіршує смак чаю, при пранні білизни надає йому жовтуватий відтінок, залишає іржаві плями, приводить до посиленого розмноження залізистих мікроорганізмів у водопровідних трубах.

У той же час слід зазначити, що в концентраціях, які вже впливають на органолептичні властивості води, залізо не має ні фізіологічного, ні, тим більше, токсикологічного значення. Відомо, що добова потреба в залізі чоловіків становить 15-17 мг, жінок — 18-21 мг. З водою при добовому вживанні води із вмістом заліза 0,2 мг/л, людина може одержати не більш 1 мг заліза. Тому гігієнічна регламентація заліза в питній воді ґрунтується на його здатності погіршувати її органолептичні властивості — надавати воді мутність і забарвленість при вмісті заліза, що перевищує 0,2 мг/л. Саме ця гранична величина й зазначена в ДСанПіН2.2.4-171–10. В окремих випадках, за узгодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території норматив вмісту заліза в питній воді може бути збільшено до 1,0 мг/л.

Питна вода не повинна містити інших хімічних речовин, здатних змінювати її органолептичні властивості. Це цинк, феноли, поверхнево-активні речовини, нафтопродукти в концентраціях, які перевищують їх ГДК для води.

Нешкідливість хімічного складу питної води визначається показниками, які з досить високим ступенем вірогідності характеризують відсутність у ній небезпечних для здоров'я людини хімічних речовин (компонентів), які зустрічаються в природних водах, з'являються у воді внаслідок антропогенного забруднення вододжерел або в процесі водопідготовки на водопровідних станціях, гранично допустимі величини яких встановлені для води за результатами санітарно-токсикологічних досліджень.

2.1.3 Санітарно-токсикологічні показники

До санітарно-токсикологічних показників відносять:

- неорганічні компоненти: алюміній, амоній, діоксид хлору, кадмій, кремній, миш'як, молібден, натрій, нітрати, нітрити, озон залишковий, ртуть, свинець, срібло, фториди, хлорити тощо;
- органічні компоненти: поліакриламід, формальдегід, хлороформ тощо;
- інтегральні показники: перманганатна окиснюваність і загальний органічний вуглець.

2.1.4 Показники радіаційної безпеки

Радіаційна безпека питної води визначається за гранично допустимими рівнями сумарної об'ємної активності альфа- (0,1) і бета- (1,0) Бк/л випромінювань *(Додаток 1, табл. 5)*.

У випадку перевищення цих рівнів слід провести вивчення радіонуклідного складу досліджуваних проб води щодо її відповідності нормам радіаційної безпеки *(Додаток 1, табл. 6)*.

2.1.5 Показники фізіологічної повноцінності

Показники фізіологічної повноцінності якості питної води визначають адекватність її мінерального складу біологічним потребам організму. Вони ґрунтуються на доцільності для ряду біогенних елементів визначення не тільки максимально допустимих, але й мінімально необхідних рівнів їх вмісту у воді. Такими є загальна жорсткість, загальна лужність, концентрація йоду, калію, кальцію, магнію, натрію, сухий залишок, фториди *(Додаток 1, табл. 7)*.

2.2 Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних та мінеральних вод на здоров'я населення

Аналіз даних літератури показує, що гігієнічне та медико-біологічне дослідження питних та близьких до них за хімічним складом підземних мінеральних природних столових вод має вестися не узагальнено, а відповідно до конкретних регіонів з урахуванням їх природного формування та своєрідності мінеральних композицій. При цьому слід мати на увазі можливу залежність біологічних ефектів хімічних сполук від їх адитивного синергічного або антагоністичного впливу, що могло б допомогти у поясненні суперечності результатів, одержаних різними дослідниками. Тому перспективним є науковий напрямок, що ґрунтується на урахуванні балансу мінеральних компонентів питних вод, їх кількісного співвідношення.

Проведення досліджень регіональних особливостей питного водопостачання та з'ясування ролі водного фактора у формуванні неінфекційної захворюваності є досить актуальним. Зокрема, необхідно встановити вплив різних комбінацій компонентів сольового складу на здоров'я різних вікових групп споживачі впитної води. Потребує подальшої конкретизації роль водного фактора у постачанні організму ессенціальними мінеральними речовинами. Нарешті, є доцільним визначення ступеню адаптації населення до різних концентрацій у питній воді мінеральних сполук, які нормуються за макрокомпонентним складом, і з визначенням прийнятних діапазонів для створення регіональних стандартів якості питної води.

Існують різні точки зору про вплив мінералізації води на здоров'я людини. Так, знесолена (наприклад, дистильована) вода негативно впливає на життєдіяльність організмів різних трофічних рівнів (рослин, безхребетних і хребетних тварин), а також функціонування їх клітин.

Разом з тим, не можна не враховувати той факт, що сьогодні населення значного числа великих міст, зокрема Санкт-Петербургу, Нью-Йорку, Сіетлу, Бостону, Балтімору, Денверу, Сан-Франциско, більшості міст Сибіру вживають для пиття воду низького або дуже низького солевмісту (30 — 90 мг/л). Це підтверджується тим, що при самому ретельному медичному контролі не виявлено будь-якого несприятливого впливу води навіть із дуже низьким солевмістом на організм людини.

Результати експериментальних досліджень по нормуванню сольового вмісту питних вод показали, що до оптимального варіанта можна віднести води з мінералізацією 100 мг/л.

Слід зазначити, що думки щодо мінімального рівня мінералізації питної води досить суперечливі. Наприклад, тривале споживання розведеної морської води із солевмістом 105 мг/л і додатковим насиченням бікарбонатними солями кальцію, а також фторуванням не викликало помітних змін стану фосфоліпідного обміну кроликів, тоді як існують дані про те, що вода, яка містить низькі концентрації іонів кальцію (близько 40 мг/л) виявляє більш виражений несприятливий вплив, ніж дистильована вода.

Згідно даних літератури, макроелементи питної води при тривалому вживанні впливають на здоров'я населення.

Так, при незначній жорсткості (0,8-2,0 ммоль/л), малому вмісті кальцію (2-15 мг/л), магнію (2-10 мг/л), дефіциті фтору (0,2-0,3 мг/л) більш поширені сечокам’яна хвороба, хронічний пієлонефріт, хронічний холецистит, хронічний гастрит, хронічний коліт, хронічна ішемічна хвороба серця, гіпертонічна хвороба.

Показано, що найбільш залежні від гідрохімічного складу питної води ендемічні хвороби, патологія серцево-судинної системи та шлунково–кишкового тракту. Для вод гідрокарбонатного класу оптимальною слід вважати мінералізацію 400 мг/л, концентрацію кальцію – 60 мг/л, магнію — 26 мг/л.

Вивчення впливу макроелементного складу та жорсткості питної води на захворюваність населення злоякісними новоутвореннями показало, що загальна жорсткість питної води при вмісті кальцію 46,3-144,4 мг/ л і магнію 43,1-131,1 мг/л впливає на поширення злоякісних новоутворень – встановлено зворотну кореляційну залежність між частотою виникнення злоякісних новоутворень і вживанням питної води певної жорсткості з вірогідністю 99 % ($p<0,01$).

Подібні дані отримано при проведенні досліджень якості води джерел господарсько-побутового водопостачання Одеської області і її ролі у формуванні онкозахворюваності населення. Встановлено, зокрема, залежність динаміки онкозахворюваності від річної забезпеченості вологою: у роки з підвищеними (у порівнянні з нормою) сумами атмосферних опадів захворюваність вище, ніж у посушливі роки.

Аналіз гідрохімічних детермінант цереброваскулярної патології в Донецькій області за даними досліджень, виконаних у 1980-2000 рр., дозволив визначити підвищені концентрації важких металів, високі рівні мінералізації та загальної жорсткості питної води щодо гігієнічних нормативів.

Згідно вищенаведених даних літератури, слід зазначити, що при оцінці впливу мінерального складу питних вод на стан здоров'я необхідно мати на увазі, що цей вплив є фактором малої інтенсивності, який реалізується тільки за умови тривалості і ніколи не буває ізольованим. Тому необхідно виключати вплив забруднень атмосферного повітря, кліматогеографічних, професійних і інших факторів. При цьому, дослідження повинні бути комплексними та поетапними.

Досліджено вплив сольового складу питних вод на здоров’я дорослого та дитячого населення. За допомогою сучасних методів аналізу і вивчення об'єктивного стану

здоров'я осіб, що тривалий час споживають питну воду певного сольового складу, встановлено закономірності впливу сольових компонент на стан функціональних резервів організму дорослих, динаміку фізичного розвитку дітей та діапазони адаптації до мінеральних вод певного сольового складу. Встановлено наступне:

1. Регіональними особливостями у сольовому складі питних вод Одеської області є високе розмаїття комбінацій мінеральних компонентів та часте перевищення нормативного вмісту компонентів сухого залишку, у тому числі катіонів натрію у 1,4-2,2 рази, фтору – у 1,8-2,1 разів, загальної жорсткості – у 1,3-2,0 разів, загальної мінералізації – у 1,1-1,6 разів при низькому вмісті мікроелементів (хрому, нікелю, кобальту, міді, цинку, свинцю). До зони ризику за сольовим складом питних вод віднесено Болградський, Арцизький, Татарбунарський, Тарутинський, Саратський, Білгород-Дністровський, Ренійський, Ізмаїльський, Кілійський, Любашівський, Миколаївський, Комінтернівський, Красноокнянський і Савранський райони.

2. Квоти водного фактору у постачанні організму життєво важливих макро- і мікроелементів складають для населення Одеської області відповідно від 3,7 до 26 % за магнієм, від 1,1 до 21 % за кальцієм, за натрієм – від 0,04 до 10,0 %; від 0,18 до 0,56 % за калієм, від 92,7 до 99,9 % –за фтором.

3. Роль впливу окремих компонентів сольового складу питних вод на здоров’я дитячого та дорослого населення є різною, зокрема на здоров’я дітей у більшій мірі впливає вміст катіонів кальцію та магнію (сила фактору відповідно +0,7 и –0,82), а також вміст нітратів (+0,73) і фтору (-0,71); тоді як для дорослих більш важливим є вміст натрію (+0,69), значення жорсткості (-0,69) та вмісту стронцію (+0,7), які суттєво впливають на ризик виникнення кардіоваскулярної патології, збільшуючи його вдвічі.

4. Споживання питної води фізіологічно неадекватного сольового складу негативно впливає на здоров’я дитячого населення. Знайдено достовірний негативний кореляційний зв’язок середньої сили ($R=(-0,35; -0,44)$, $p<0,05$) між окремими показниками якості питної води (загальна жорсткість, вміст фторидів, вміст нітратів) та динамікою антропометричних показників.

5. Доросле населення, яке споживає питну воду з високим вмістом окремих нетоксичних мінеральних сполук, добре адаптується до сольового складу питних вод із загальною мінералізацією – до 1500 мг/л, загальною жорсткістю – до 12 мг-екв/л, вмістом натрію – 250 мг/л, кальцій-магнієвим співвідношення – до 1,0; стронцій-кальцієвим співвідношенням – до 0,01. Для районів із несприятливими за сольовим складом питними водами є доцільною розробка регіональних стандартів якості питної води, які мають відповідати цим діапазонам адаптації.

Вплив мінерального складу питної води на стан здоров’я населення полягає у наступному:

1. Аналіз даних наукової літератури свідчить, що питна вода в разі невідповідності показників її мінерального складу гігієнічним нормативам при довготривалому споживанні може приводити до порушень функціонального стану організму та виникненню неінфекційних захворювань населення. Експериментальними дослідженнями на тваринах та епідеміологічними спостереженнями на людях показано, що ефект дії сольового складу питних вод на організм залежить від ступеню мінералізації, поєднання солей, часу вживання, а також від стану організму в цілому.

2. Найбільшу кількість публікацій присвячено з’ясуванню ролі питних вод різної загальної мінералізації та жорсткості у розвитку патології і значно меншу – дії комбінацій макро- та мікроелементів на організм. Чисельність

останніх робіт не відповідає величезному розмаїттю варіантів мінерального складу питної води, що зустрічаються в природних умовах і впливають на стан здоров'я населення.

3. В Україні дослідження впливу некондиційних за мінеральним складом питних вод на стан здоров'я населення різних вікових груп практично не проводились, незважаючи на актуальність цього питання, що пов’язано з використанням населенням в багатьох регіонах країни питної води з відхиленнями за окремими показниками від гігієнічних нормативів. Гігієнічні та медико-біологічні дослідження впливу мінерального складу питних вод, що формуються в конкретних регіонах і мають притаманні їм комбінації мінеральних речовин, дозволять обґрунтувати прогноз реальних наслідків некондиційної питної води на стан здоров'я населення.

На основі проведених еколого-гігієнічних, медико-біологічних та медико-соціальних досліджень отримано нові наукові дані щодо впливу постійного вживання мінеральних вод (МВ) різних типів у якості питної на стан здоров’я населення Закарпаття в ареалах найбільшого зосередження однотипних МВ – кремнієвих слабкомінералізованих (Ужгородський район), вуглекислих борних середньомінералізованих (Свалявський район), вуглекислих залізистих мало- та середньомінералізованих (Міжгірський район), вуглекислих мало мінералізованих залізисто-миш’яковистих (Рахівський район), що дозволило визначити можливі ризики від такого водопостачання для здоров’я та запропонувати заходи профілактики.

Отримано неоднозначні результати щодо показників захворюваності. Це може свідчити, з одного боку, про адаптацію та пристосування місцевого населення до споживання МВ, що виключає або зменшує їх вплив на організм, а з другого – має стати науковою основою для впровадження

постійної системи регіонального соціально-гігієнічного моніторингу для об’єктивної оцінки впливу МВ різних типів на показники популяційного здоров’я.

Найбільш численною групою щорічно реєстрованих в Закарпатті хвороб є хвороби ендокринної системи, зокрема різні форми зобу. Хоча у дослідних районах захворюваність на зоб була вищою у 1,2- 1,5 рази, ніж в контрольному районі, але в усіх районах спостереження вона щорічно зростала і була в межах показників в середньому по області, які є вищими за дані по Україні. Отримані результати свідчать, що нестача у питній воді окремих мікроелементів, зокрема йоду, більше позначається на стані здоров’я населення, ніж їх надлишок у воді.

Така картина захворюваності на зоб є наслідком загального дефіциту йоду в ґрунті, воді, харчових продуктах Закарпаття, що потребує інтенсифікації впровадження в регіоні йодозабезпечуючих заходів, зокрема впровадження йодування продуктів харчування, води тощо.

Обґрунтовано доцільність виділення кремнієвого, борного та інших біогеохімічних субрегіонів в регіональній БГП з нестачею йоду та фтору, а також проведення комплексного еколого-біогеохімічного районування, яке дозволить виділити зону еколого-біогеохімічного оптимуму для кожного району, що характеризується як правильним співвідношенням МЕ у добових водно-харчових раціонах, так і оптимальним їх співвідношенням у біологічних середовищах людини, розробку диференційованих підходів до профілактичних заходів на рівні кожного району і навіть окремого населеного пункту Закарпаття.

Впродовж 2004-2014 рр. в Українському державному центрі стандартизації і контролю якості природних і преформованих засобів ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України» проведено гі-

гієнічну оцінку мінеральних природних столових вод різних регіонів України. Це «Абсолют», «Регіна», «Барчанка» (Вінницька обл.); «Христинівська», «Тальнівська», «Гуляй поле», «Рейкарц» (Черкаська обл.); «Софія Київська», «Березанська», «Оболонська», «Біола» (Київська обл.); «Роксолана» (Івано-Франківська обл.); «Бакси» (АР Крим); «Романівська» (Донецька обл.); «Іволжанська» (Сумська обл.), «Трускавецька», «Підкамінська» (Львівська обл.), «Едель» (Закарпатська обл.), «Кривоозерська» (Миколаївська обл.), «Молочанська» (Запорізька обл), «Іверська монастирська», «Балайчук» «Кардамичовська», «Іванівська джерельна», «Болеро» (Одеська обл.).

Результати 5-річного (2000-2004 рр.) моніторингу відповідності фізико-хімічних показників якості 11–и мінеральних природних столових вод нормативним вимогам для мінеральних вод дозволяють дійти висновку, що вивчені мінеральні природні столові води є досить стабільними за хімічним складом: як мінералізація, так і основні показники макроскладу коливалися в межах, регламентованих ДСТУ 878-93 «Води мінеральні фасовані. Технічні вимоги».

З гігієнічної точки зору слід зазначити, що дані мінеральні природні столові води в цілому відповідали тоді діючому нормативу за основними показниками: мінералізації (до 1,0 мг/л), загальної твердості (до 7,0 мг-экв/л) (за винятком вод "Абсолют" і "Бакси", де цей усереднений показник становив відповідно 10,03 і 8,52 мг-экв/л), концентрації хлоридів і сульфатів.

Що стосується кремнію, то тільки в одній з вивчених вод ("Софія Київська") вміст цього елемента відповідав нормативним вимогам для питних вод (коливання в межах 6,95-9,75 мг/л). В іншій воді Київської області ("Березанська") констатовано вміст кремнію в діапазоні 24,37-30,65 мг/л. За умови, що ця вода низької твердості (1,45 мг-экв/л) і, відповідно, містить низькі концентрації кальцію (0,95 мг-экв/л) слід ураховувати дані про мінімальний рівень кальцію (2,5 мг-экв/л), який гальмує дію кремнію. Це ж деякою мірою, стосується води «Романівська», у якій вміст кремнію перевищує гігієнічний норматив (11,49-16,72 мг/л) при мінімальній концентрації кальцію (0,4 мг-экв/л).

Слід також зазначити, що коливання концентрації фтору (1,03-2,30 мг/л) у воді "Березанська" розглядалися як критичні щодо відповідності вмісту цього елемента гігієнічним нормативам. На той час на підприємстві використовувалося устаткування з вилучення фтору із води, режим експлуатації якого не змінює основний хімічний склад.

Вміст фтору у вивчених водах у переважній більшості випадків був нижче нормативних для нижньої межі фізіологічної норми (0,7 мг/л), за винятком води «Христинівська», де концентрація цього елемента коливалася на нижній межі (0,62-0,73 мг/л), води «Роксолана» (усереднений показник 0,63 мг/л) і «Бакси» (0,64-1,36 мг/л).

Протягом 2 років (2004-2005 рр.) проведено моніторинг відповідності фізико-хімічних показників якості 5–и мінеральних природних столових вод Одеської області вимогам ДСТУ 878-93. Це «Іверська монастирська», «Балайчук» «Кардамичовська», «Іванівська джерельна», «Болеро». Визначали pH, макросклад (Na^++K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-} HCO_3^-), загальну мінералізацію, F і Si. Встановлено, що за даний період часу основні показники вивчених вод перебували в межах коливань, регламентованих ДСТУ 878-93.

Вивчені води в цілому відповідали нормативним вимогам до питної води за макроелементним складом. Разом з тим, враховуючи перевищення вмісту кремнію (11,14 — 28,56 мг/л), тобто > 10 мг/л, і низький вміст фтору (< 0,7 мг/л), питний режим даних вод може бути необмеженим тільки в тих ситуаціях, коли питна водопровідна вода не

відповідає нормативним вимогам за критеріями епідеміологічної небезпеки й/або хімічної нешкідливості.

Слід зазначити, що якість мінеральної води, відповідність мікробіологічних показників і умов зберігання нормативним вимогам і, як наслідок, здоров'я споживачів тісно взаємозалежні із проведенням ретельного стандартизованого контролю виробництва як гарантії якості готової продукції. В основі є система ХАССП (аналіз ризиків і критичних контрольних точок), яка передбачає постійний контроль процесу виробництва. Тобто, забезпечується профілактичний підхід до безпеки води для споживача.

Узагальнені результати досліджень фізико-хімічних показників якості мінеральних вод Полтавської області наступні. Перш за все слід зазначити, що переважна більшість цих мінеральних вод є лікувально-столовими, склад яких відповідає ДСТУ 878-93, медико-біологічна оцінка їх якості та цінності здійснюється за певним порядком, а обробка, розлив та фасування чітко регламентуються відповідними документами.

Як відомо, такі води застосовують як лікувальні за призначенням лікаря і як столові напої у разі несистематичного вживання впродовж не більше 30 днів з інтервалом 3-6 міс., що надано у зміні№29 до ДСТУ 878-93. Це передбачає регламентацію етикетування з обов'язковим визначенням вживання та відповідних показань (протипоказань).

Винятком є наступні мінеральні природні столові води:

1. Води водоносного горизонту Харківської світи (свр. №№ 604/1; 604/2).
2. Води Власівського родовища (свр. № 1004г).
3. Води Гетьманівського родовища (свр. № 1088г).

Їх певною мірою можна розглядати як питні, тим більше що води 1 використовуються як джерело господарсько-питного водопостачання м.Миргорода, а води 2 служать

джерелом водопостачання санаторію «Сосновий бір». Разом з тим, води 1 фасуються у вигляді мінеральної природної столової води «Миргородська лагідна».

Складність гігієнічної оцінки мінеральних природних столових вод полягає у суттєвих відмінностях національних методологічних підходів до нормування мінерального складу таких вод у порівнянні з питними. Щодо останніх теж є певні розбіжності між трактовкою нормування у національних та міжнародних документах.

За визначенням експертів ВООЗ (Guidelines for drinking-water quality: four the edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization; 2017. 631 p. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Режим доступа: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf), «Безопасная питьевая вода … не представляет никакого значительного риска для здоровья в результате ее потребления в течение всей жизни, включая различную уязвимость, которая может возникать на разных этапах жизни».

У Директиві (ЄС) 2020/2184 Європейського Парламенту і Ради від 16 грудня 2020 года «Про якість води, призначеної для споживання людиною» зазначено наступне:

(a) уся вода, як в початковому стані, так і після очищення, призначена для пиття, приготування їжі або інших побутових цілей як в громадських, так і в приватних приміщеннях, незалежно від її походження і від того, чи подається вона з розподільної мережі, чи подається з автоцистерни або поміщається в пляшки або контейнери, включаючи джерельні води;

(b) вся вода, яку використовують у будь-якому харчовому бізнесі для виробництва, переробки, консервації або збуту продуктів або речовин, призначених для споживання людиною.

Згідно ДСанПіН2.2.4-171–10 «Вода питна призначена для споживання людиною (питна вода) – вода, склад якої за

органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними та радіаційними показниками відповідає вимогам санітарного законодавства (з водопроводу — водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел) і призначена для забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб населення, а також для виробництва продукції, що потребує використання питної води». При цьому чітко диференціюються вимоги до води а) водопровідної, з пунктів розливу та бюветів, б) з колодязів та каптажів джерел, в) фасованої. Слід зазначити, для останньої ці вимоги дещо, а деякою мірою значно, жорсткіші у порівнянні з пунктами (а) та (б). За цим документом макроелементний склад питної води за пунктом (в) нормується за сухим залишком (≤ 1000 мг/л); загальною жорсткістю (≤ 7 ммоль/л); загальною лужністю (≤ 6,5 ммоль/л); вмістом кальцію (≤ 130 мг/л), магнію (≤80 мг/л), натрію (≤200 мг/л), хлоридів (≤250 мг/л), сульфатів (≤250 мг/л).

Нарешті, природна мінеральна вода, у тому числі мінеральна природна столова, за відповідним міжнародним документом (Стандарт Кодекса на природне минеральные воды CODEX STAN 108-1981 с изм. 1997, 2001, 2008 гг.) «безусловно отличается от обычной питьевой воды, поскольку она характеризуется содержанием определенных минеральных солей в определенных относительных пропорциях и присутствием следов элементов или других составляющих», «ее не подвергают никакой дополнительной обработке, за исключением предусмотренной данным стандартом». Тут регламентуються тільки хімічні та мікробіологічні параметри безпечності без певних вимог до макрокомпонентного складу та мінералізації.

Що стосується компонентів та сполук, які нормуються, на думку експертів ВООЗ, не всі ці хімічні речовини присутні у всіх водах або фактично у всіх країнах. Якщо навіть вони існують, то, як правило, не виявляються на рівнях, що викликають стурбованість. Навпаки, деякі хімічні речовини, для яких не встановлено ГДК, за певних обставин можуть викликати законну стурбованість на місцевому рівні.

У стратегіях з управління ризиками (відображених у національних стандартах та діяльності з моніторингу) і при виділенні ресурсів пріоритет слід встановлювати відносно тих хімічних речовин, які є загрозою для здоров'я людей або мають істотний вплив на прийнятність води.

Виявилося, що лише невелика кількість хімічних речовин, коли вони присутні в надмірній кількості, викликає серйозні наслідки для здоров'я людей у результаті їх впливу через питну воду. Це фтор, миш'як та нітрати. В деяких областях також було виявлено вплив на здоров'я людини свинцю (від домашньої водопровідної системи), і існує стурбованість щодо потенційних масштабів впливу селену і урану при їх присутності в воді у концентраціях, небезпечних для здоров'я людини. Залізо та марганець мають широко поширене значення через їх вплив на прийнятність. Ці елементи слід враховувати в якості частини будь-якого процесу щодо встановлення пріоритетів. У деяких випадках оцінка буде показувати відсутність ризику значного впливу на національному, регіональному або системному рівнях.

Стосовно впливу на здоров’я відомо, наприклад, що миш'як має канцерогенну і ембріотоксичну дію; вплив на процеси клітинного розподілу, нефротоксичність; свинець впливає на кровотворення; селен –на активність ферментів у контексті третинної структури білків; фтор викликає захворювання зубів.

З огляду на вищезазначене, можна зробити висновок щодо неможливості ототожнювати гігієнічні вимоги до вод питних фасованих та вод природних мінеральних перш за все

внаслідок принципової різниці у нормуванні їх фізико – хімічного складу. Це пояснюється суттєвими відмінностями до трактовки питних режимів: якщо для води питної фасованої, з пунктів розливу та бюветів мається на увазі певне тривале пиття такої води, то для води фасованої мінеральної природної столової це споживання спорадичне, час від часу і не обов'язково однієї і тієї ж води.

Однак, слід брати до уваги поодинокі випадки, коли такі вимоги майже співпадають. Прикладом може слугувати мінеральна природна столова вода «Миргородська лагідна», яка відповідає нормативам як для мінеральних (повністю), так і для питних (частково) вод. Води водоносного горизонту харківської світи, що використовуються як джерело господарсько-питного водопостачання м. Миргорода, майже повністю відповідають нормативу для питних вод. Вміст фтору (0,62 – 0,84 мг/л) у мінеральній природній столовій воді «Миргородська лагідна» та воді свр №№ 604/1, 604/2 відповідає обом нормативам для води питної: фасованої (≤ 1,5) та питної води з пунктів розливу та бюветів (для III /≤ 1,2 мг/л/ та IV /≤ 0,7 мг/л/ кліматичних зон) за ДСанПіН; води питної за Директивою (1,5 мг/л). Для мінеральної природної столової води вміст фтору теж оптимальний, оскільки за п. 6.3.2. вищезазначеного документу, етикетування щодо вмісту фтору передбачається за умови перевищення 1 мг/л; якщо більше 2 мг/л обов'язковою є позначка «Продукт не допускається для немовлят і дітей до семи років».

Деяке перевищення вмісту кремнію (13,46 – 16,56 мг/л) у цих водах компенсується жорсткістю на рівнях (4,62-5,05 ммоль/л) за рахунок гальмування іонами кальцію біологічної дії кремнію.

Води Власівського та Гетьманівського родовищ відповідають діючим нормативам, але на даний час не використовуються як фасовані мінеральні природні столо-

ві. Можливість споживання таких вод як питних, зважаючи на невідповідність за деякими показниками (значна лужність (pH 9,0), перевищення вмісту натрію (250-270 мг/л) для Власівського, жорсткість (15,5 ммоль/л)для Гетьманівського родовища) повинна вирішуватися місцевою санітарно-епідеміологічною службою в кожному окремому випадку.

Компоненти та сполуки, які нормуються, (стронцій, хром, цинк, свинець, мідь, ванадій, кадмій, миш'як) у вищезазначених мінеральних водах містяться у концентраціях, нижчих за гранично допустимі. Нітрити, нітрати, селен, ртуть, уран, радій, феноли або не виявлено, або їх вміст нижчий за чутливість методик визначення.

Для профілактики і відновлювального лікування населення ефективне використання мінеральних природних вод, які, завдяки наявності різноманітних макро– і мікрокомпонентних складових, здатні втягувати в дію різні центральні та місцеві рецепторні системи, впливати на структуру і проникність гістогематичних бар'єрів, підвищувати адаптаційні можливості організму. Встановлено, що кремнійвмісні мінеральні води мають радіозахисну дію, сприяють виживанню тварин, зниженню хромосомних аберацій, виявляють цитопротекторну дію на клітини печінки, тонкого кишечнику, червоного кісткового мозку.

Відповідно до класифікації В.В. Іванова та Г.О. Невраєва та основних критеріїв оцінки хімічного складу мінеральних вод кремнієвими є мінеральні води із вмістом метакремнієвої кислоти не менш 50 мг/ л.

Норматив вмісту кремнію в питній воді становить 10 мг/л. Разом з тим, існує думка, що при використанні води із жорсткістю понад 2,5 мг–екв/лвміст кремнію може бути збільшений до 25 мг/л. Це обумовлене тим, що солі кальцію гальмують біологічну дію кремнію.

Аналіз показав: з метою гармонізації вітчизняної нормативної бази із закордонною необхідно анулювати в ДСанПіН 2.2.4-171–10 норматив кремнію у питній воді як недоцільний.

Окремого обговорення заслуговує проблема вмісту в питних і мінеральних природних столових водах фтору. Як відомо, в питних водах фтор підлягає досить жорсткому нормуванню за нижньою (0,7 мг/л) та верхньою (1,5 мг/л) межею вмісту, тоді як в мінеральних природних столових водах нормується тільки верхня ідентична межа –1,5 мг/л. Тривале вживання питної води з низькими або високими рівнями фтору в біогеохімічних провінціях викликає карієс або флюороз відповідно. Це, у свою чергу, вимагає впровадження відповідних технологій фторування або дефторування в кожному конкретному випадку.

Таким чином, аналіз даних літератури та результати гігієнічної оцінки слабко- та маломінералізованих мінеральних вод Полтавської області дозволяє зробити висновок щодо їх відповідності діючому нормативу як мінеральних лікувально-столових вод та гігієнічним вимогам як природних столових вод. З точки зору необмеженості питних режимів найбільш придатними до споживання населення є води водоносного горизонту харківської світи. Разом із цим, співвідношення вітчизняних та міжнародних методологічних підходів до нормування хімічного складу питних та природних мінеральних вод свідчить, що при гігієнічній оцінці мінеральних природних столових вод, як питних, доцільно враховувати ступінь адаптації населення до різних концентрацій компонентів, які визначають мінеральний склад.

Узагальнення результатів досліджень фізико-хімічних показників якості мінеральних природних столових вод показало їх певні відмінності від питних щодо елементів, які нормуються, а саме фтору та кремнію, але це стосуються

лише вище зробленого висновку щодо неможливості ототожнювати гігієнічні вимоги до вод питних фасованих та вод мінеральних природних столових, перш за все, внаслідок принципової різниці у нормуванні їх фізико-хімічного складу.

Незначне перевищення вмісту кремнію стосовно нормативу для питних вод у окремих водах («Молочанська», «Кривоозерська», «Рейкарц», «Біола») компенсується кальцієм за рахунок гальмування його іонами біологічної дії кремнію.

Компоненти та сполуки, які нормуються (стронцій, хром, цинк, свинець, мідь, ванадій, кадмій, миш'як), у вищезазначених мінеральних природних столових водах містяться у концентраціях, нижчих за гранично допустимі для мінеральних вод. Нітрити, нітрати, селен, ртуть, уран, радій, феноли або не виявлено, або їх вміст нижчий за чутливість методик визначення.

Стосовно біологічної ролі, як основи гігієнічної оцінки, бору та миш’яку слід зауважити наступне.

Бор є біологічно активним елементом і відповідно до прийнятої класифікації його можна віднести до досить токсичних речовин. Так, тривале споживання питної води з підвищеним вмістом бору викликає підвищений вміст загального цукру в крові, посилення гальмових процесів у корі головного мозку, зниження кислотності шлункового соку, порушення мінерального обміну в організмі тощо. На початку 1990-х років на підставі експериментальних даних і результатів натурних спостережень прийнято вважати гігієнічним нормативом по бору в питній воді концентрацію < 0,5 мг/л за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості другого класу небезпеки. Це відповідає чинному державному нормативу на бор у питній воді. Враховуючи токсичність сполук бору, у країнах Європейського співтовариства прийнята гранично допустима концентрація (ГДК) бору в питній воді до 0,3 мг/л. У ряді

регіонів Російської Федерації (Південний Урал, Західний Сибір, Центральний район і ін.) підземні води містять бор у концентраціях, що перевищують гранично допустиму у 60 разів. У результаті проведених досліджень з'ясувалося, що людина може переносити добові дози бору до 88 мкг/кг маси тіла або 6,16 мг на прийом при масі тіла 70 кг. Токсичною дозою для людини вважається 4 г бору.

Що стосується миш'яку, як біологічно активного елементу, доцільно зазначити наступне. За умови обмеженого надходження в організм (до 0,05 мг/кг маси тіла або 3,5 мг на прийом при масі тіла 70 кг), а саме так надходить цей елемент з миш'яковистими мінеральними водами, миш'як покращує кровотворення, підвищує засвоєння азоту та фосфору, органічний розпад білків та ослаблює окисні процеси. Внаслідок високої біологічної активності As бере участь в реакціях тканинного дихання, знижуючи їх інтенсивність та зменшуючи рівень вільнорадикального окиснення. В результаті збільшується енергетичний потенціал клітин та тканин з наступним підвищенням резистентності організму та активації адаптаційно-трофічних систем.

Бор та миш'як виявлено у мінеральних природних столових водах «Оболонська», «Біола», «Рейкарц» та «Кривоозерська». Однак, більш-менш значиме перевищення по бору для питних вод визначено тільки у воді «Оболонській» (2,02 мг/л), тоді як для миш'яку вміст у мінеральних водах співпадає з нормативним для питних вод.

Таким чином, аналіз даних літератури та результати гігієнічної оцінки деяких мінеральних вод дозволяють зробити висновок щодо їх відповідності діючим нормативним вимогам саме для мінеральних вод. З точки зору необмеженості питних режимів слід враховувати ступінь адаптації населення до різних концентрацій компонентів, які визначають мінеральний склад, а також дискретність та випадковість питних

режимів для мінеральних вод. Однак, це разом із тим передбачає необхідність дотримання діючих нормативних вимог до питних вод, що унеможливлює вживання мінеральних вод із відхиленнями від нормативів у якості питних, тобто щоденного пиття впродовж всього життя однієї води.

2.3 Гігієнічні вимоги до якості води при децентралізованому господарсько-питному водопостачанні

Сьогодні забезпечення жителів питною водою в більшості сільських населених пунктів в Україні здійснюється за рахунок децентралізованого водопостачання. При децентралізованому водопостачанні безпека водокористування забезпечується в Україні на підставі Державних санітарних норм і правил «Гігієнічні вимоги до води питний, призначеної для вживання людиною» (Додаток 1, табл. 1-7). Найпоширенішими водозабірними спорудами є шахтні й трубчасті колодязі, а також каптажі джерел.

Колодязі і каптажі джерел обладнують вище за течією ґрунтових вод на відстані не менш 50 м від потенційних джерел забруднення (вигрібні ями, місця поховання людей і тварин, каналізаційні споруди тощо). Водозабірні споруди розташовують у центрі ділянки, що обслуговується, на височині, на сухій незабрудненій ділянці, яка не зазнає затоплення паводковими водами, перебуває не ближче 30 м від транспортних магістралей і промислових підприємств і не більше 100 м від споживача.

Існують певні вимоги до устаткування водозабірних споруд, спрямовані на запобігання можливого забруднення води у вододжерелі.

Шахтні колодязі, як правило, призначені для забору ґрунтових вод з першого водоносного горизонту. Колодязь — це вертикальна шахта квадратного або круглого перетину, яка

доходить до водоносного шару. Дно її залишають відкритим, а бічні стінки закріплюють водонепроникним матеріалом (бетон, залізобетон, цегла, дерево й ін.). На дно колодязя насипають шар гравію товщиною 30 см. Стіни колодязя повинні підніматися над поверхнею землі не менш ніж на 0,8-1 м.

Навколо колодязя обладнують глиняний замок і бетонне вимощення для попередження просочування уздовж стінок колодязя (ззовні) забруднень, які вимиваються з поверхневих шарів ґрунту. Для будівництва глиняного замка навколо колодязя викопують яму глибиною 2 м, шириною 1 м і заповнюють її глиною. Для вимощення навколо наземної частини колодязя поверх глиняного замка в радіусі 2-2,5 м роблять підсипання піском і заливають цементом або бетоном з нахилом для відведення убік від колодязя атмосферних опадів і води, що виливається або розливається при користуванні колодязем. Для відведення зливових вод улаштовують канаву. У радіусі 3-5 м навколо суспільних колодязів повинно бути огородження для обмеження під'їзду транспорту.

Підйом води з колодязя бажано здійснювати за допомогою насоса. Якщо це неможливо, обладнують ворот або «журавель» із закріпленим на ньому суспільним цебром. Користуватися власним цебром неприпустимо, тому що із цим зв'язана більша небезпека забруднення води в колодязі. Зруб колодязя щільно закривають кришкою й над ним і коміром обладнають навіс.

Каптажі джерел призначені для забору підземних вод, що виступають на поверхню землі. Це камери різної конструкції. Камера накопичення води (каптаж) повинна мати водонепроникні стінки й дно, закрита щільною кришкою, а також обладнана спеціальними наземними спорудами у вигляді будки або павільйону. Камера обладнується дверима й люками для ревізії й чищення, вентиляційними каналами, відстійниками, водозабірною й переливною трубами. Водозабірна труба об-

ладнується краном з гаком для підвішування цебер і виводиться на відстань 1-2 м від каптажу. На землі в кінці труби влаштовується замощений лоток для відводу надлишків води.

Каптажні камери повинні бути захищені від поверхневих забруднень, для чого слід передбачити обладнання навколо споруд водовідвідних канав і вимощення з бетону або асфальту з ухилом від центру. Горловини каптажної камери з люком і кришкою повинні підніматися над поверхнею землі не менше,чим на 0,8 м; простір навколо каптажу в радіусі 2 м повинен бути обгородженим. Поруч із каптажем влаштовується лава для цебер. Уся споруда міститься в павільйоні. У радіусі 20 м від колодязя або каптажу джерела забороняється мити машини, прати білизну, напувати водою тварин. Забороняється здійснювати водозабір особистими цебрами. Із профілактичною метою (не рідше 1 рази в рік) або за епідемічними показаннями необхідно проводити дезінфекцію споруд і води за спеціально розробленою методикою.

Розділ 3

ГІГІЄНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НОРМ ВОДОСПОЖИВАННЯ У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

Гігієнічні вимоги стосуються не тільки якості води, що подається населенню, але і її кількості. Тільки за умови достатньої кількості доброякісна питна вода здатна задовольнити фізіологічні потреби, перешкоджати поширенню інфекційних і неінфекційних хвороб, забезпечувати високий рівень особистої гігієни, санітарно-побутових умов і загального санітарного благоустрою населеного пункту.

Воду витрачають у населених пунктах для різних цілей, однак насамперед для пиття й господарсько-побутових цілей у житлових і суспільних будинках (школах, дитячих дошкільних закладах, лікувально-профілактичних установах, культурно-масових і спортивно-масових закладах, підприємствах громадського харчування тощо), а також для санітарно-побутових потреб працівників промислових і сільськогосподарських об'єктів. Крім того, на багатьох промислових підприємствах для виробничих цілей також потрібна питна вода. Це, зокрема, підприємства харчової промисловості — молокозаводи, м'ясокомбінати, кондитерські фабрики, заводи безалкогольних напоїв тощо. Для деяких виробництв (фармацевтичного, текстильного, мікробіологічного синтезу та ін.) потрібна вода спеціальної якості, наприклад стерильна, апірогенна, пом'якшена, деіонізована, дистильована. Її одержують із питної водопровідної води шляхом додаткової обробки. Певні технологічні потреби у воді існують і на самих водопроводах (наприклад, для промивання швидких фільтрів, готування розчинів коагулянтів і дезінфектантів і т.п.). У кожному

населеному пункті обов'язковий запас води для гасіння пожеж. Велика кількість водопровідної води витрачається для миття вулиць і поливу зелених насаджень у теплу пору року, для роботи фонтанів і зрошення теплиць. Незважаючи на виняткове значення води в підтримці життя, фізіологічна потреба в ній невелика. Значно більше води використовують на потреби загальної гігієни.

У СНіП 2.04.02-84 «Водопостачання, зовнішні мережі і споруди» (скасований в 2014 році) наведено розрахунки О.М. Марзєєва й В.М. Жаботинського, виконані ще в 50-х роках XX ст.: у середньому для вмивання тричі в день необхідно 5 л, для щоденного гігієнічного душу — 25 л, для прийняття ванни 1 раз у тиждень — 250 л, на готування їжі витрачають 5 л, на миття підлог — 1 л на 1 $м^3$ (у середньому 10 л/добу), для промивання ватер-клозету тричі в добу — 18 л. Підрахувавши середню повторюваність зазначених операцій протягом доби й тижня, дійшли висновку, що мінімальна норма водопостачання тільки для задоволення питних і санітарно-побутових потреб людину повинна бути не менше 150 л/добу. Якщо врахувати всі інші потреби й взяти до уваги сучасний значно більш високий рівень санітарного благоустрою, було визнано обґрунтованою питому норму водоспоживання в містах — 600 л/добу, у сільській місцевості — 150 л/добу на 1 мешканця.

Зазначена орієнтовна норма водоспоживання передбачала витрати води на господарсько-питні потреби в житлових і суспільних спорудах, потребі місцевої промисловості, вбирання вулиць і полив зелених насаджень. Ця норма може змінюватися на 10-20% залежно від кліматичних і інших місцевих умов, а також від ступеню благоустрою. Якщо в населеному пункті є великі промислові підприємства, яким необхідна для виробничих потреб питна вода, норму збільшують на 25%. З урахуванням промислового

водокористування вона становить у великих містах 750 л/добу на 1 мешканця.

Згідно з новим документом (ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування) у житловій забудові, обладнаній внутрішнім водопроводом і каналізацією, питома середньодобова (за рік) норма використання питної води становить: без ванн — 100-135 л, з ваннами й місцевими водонагрівачами — 150-230 л, з централізованим гарячим водопостачанням — 230-285 л (Додаток 2).

Добові витрати води, які залежать від багатьох факторів, насамперед обумовлені видом водопостачання. Розрізняють два види водопостачання: централізоване (водопровідне) і децентралізоване (місцеве). В умовах централізованого водопостачання воду подають споживачам через водопровід. Це комплекс інженерних споруд, призначений для забору води із джерела водопостачання (поверхневого або підземного), обробки для доведення її якості до вимог діючого стандарту на питну воду, подачі питної води до місць використання й розподілу її між водокористувачами мережею трубопроводів. При цьому конкретні споживачі мають можливість брати воду або з вуличних водорозбірних обладнань (колонок), або з водопровідних кранів, якщо будинок підключений до водогінної мережі, тобто при наявності внутрішнього водопроводу. У випадку місцевого водопостачання споживач бере воду безпосередньо із джерел за допомогою водозабірної споруди, наприклад, ґрунтову воду — із шахтних колодязів, джерельну — з каптажів. Такий спосіб водопостачання широко розповсюджений у сільській місцевості.

Залежність водоспоживання від виду водопостачання демонструють наступні дані. В Україні в умовах централізованого господарсько-питного водопостачання, яким на початку XXI ст. було забезпечено більш 80%

населення, питоме водоспоживання досягло в середньому 370 л/добу на 1 людину. Середньодобове споживання води у розрахунку на 1 мешканця Києва становило 410-450 л/добу. У той же час сільські жителі при місцевому водопостачанні споживали лише 30-40 л/добу кожний.

Загальне добове водоспоживання (Q) у населеному пункті розраховують за формулою:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

де Q_1 — добові витрати води на господарсько-питні і побутові потреби в житлових і суспільних будинках. Вони залежать від ступеню благоустрою з урахуванням коефіцієнта добової нерівномірності;

Q_2 — витрати води на перспективу розвитку населеного пункту (15% від Q_1 і Q_3);

Q_3 — витрати води на виробничі потреби промислових і сільськогосподарських підприємств. Визначають на підставі технологічних даних. При їхній відсутності складають 25% від витрат, розрахованих, виходячи з питомого водоспоживання.

Q_4 — витрати води для будинків відпочинку, санаторно-туристичних комплексів, дитячих таборів, не врахованих в Q_1;

Q_5 — витрати води для поливу зелених насаджень і миття вулиць;

Q_6 — витрати води на гасіння пожеж;

Q_7 — додаткові витрати води з урахуванням місцевих особливостей, зокрема кліматичних умов. Складають 10—20% від Q_1. При наявності в населеному пункті централізованої системи гарячого водопостачання до 40% води від загальних витрат надходить споживачам через окрему мережу.

При розрахунках водоспоживання слід враховувати, що воду використовують нерівномірно як в окремий час доби, так і сезони року. Для цього середню норму водоспоживання ухвалюють із так званими коефіцієнтами нерівномірності:

добовим (відношення максимальних або мінімальних добових витрат води до середньодобових) і погодинним (відношення максимальних або мінімальних витрат води в годину до середньо-годинних). Коефіцієнти добової нерівномірності становлять $К_{max}$ = 1,1—1,3; $К_{min}$ = 0,7—0,9. Облік коефіцієнтів нерівномірності під час проектування водопроводу дає можливість забезпечити безперервну подачу води в години пік, у теплий період року, коли водоспоживання збільшується.

Окремо враховують витрати води на господарсько-побутові потреби на промислових підприємствах: 45 л за зміну на 1 працівника в гарячих цехах з тепловиділенням понад 83,68 кДж (20 ккал) на 1 м^2 повітря в 1 год і 25 л за зміну — в інших. Крім загальних норм питомого господарсько-питного водоспоживання в населених пунктах, наведених у Додатку 2, розроблені диференційовані норми витрат води окремими споживачами. У житлових будинках квартирного типу, гуртожитках, готелях ці норми встановлені з розрахунку на 1 жителя, у лікарнях — на 1 ліжко, у дитячих дошкільних установах — на 1 дитину, у навчальних закладах — на 1 учня й 1 викладача й ін. Ці норми зазначені в новому документі (ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво), який прийнятий на заміну СНіП 2.04.01-85 «Внутрішній водопровід і каналізація будинків».

Таким чином, сумарна потужність міського господарсько-питного водопроводу повинна забезпечувати всі потреби населеного пункту в доброякісній питній воді. Як свідчать спостереження, не тільки тривалі, але й короткочасні перерви в подачі води різко погіршують санітарно-побутові умови в житлових будинках, лікувально-профілактичних установах, дитячих дошкільних закладах, підприємствах громадського харчування, установах комунально-побутового

обслуговування населення тощо. Недостатня кількість води в години максимального водоспоживання приводить до зниження тиску у водогінній мережі, що при порушенні герметичності труб створює реальну загрозу забруднення води під час переміщення її від водопровідної станції до споживачів. Це приводить до погіршення якості води і стає причиною епідемічних спалахів кишкових інфекцій. Саме тому перевірка розрахунків водоспоживання в населеному пункті при експертизі проектів водопостачання займає важливе місце.

Розділ 4

ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1 Загальний стан проблеми

Джерелами води для централізованої системи господарсько-питного водопостачання можуть служити як прісні поверхневі водойми (ріки, озера, водоймища, канали тощо), так і підземні води (міжпластові — напірні й не напірні). В умовах децентралізованого (місцевого) водопостачання частіше використовують підземні (ґрунтові) води, а також джерела. В аридній (засушливій) зоні при відсутності інших джерел водопостачання широко використовують атмосферні (дощові) води. Крім того, у світовій практиці розглядають можливості водопостачання населених місць (і морських транспортних засобів) за рахунок айсбергів Гренландії й Антарктиди, а також опрісненої морської води (Каспійське море, Мексиканська затока). Питома вага використання тих або інших вододжерел у різних країнах суттєво відрізняється.

Водні ресурси планети Земля становлять майже $1,39 \cdot 10^9$ км^3. Однак 96,5% усієї води на Землі зосереджені у Світовому океані. Запаси прісної води досить обмежені і становлять у цілому тільки 2,53%, з яких 1,74% (тобто більш половини) сконцентровані в льодовиках. Вода становить біосферу, а також утримується в інших оболонках землі: в атмосфері у вигляді пари ($12,9 \cdot 10^3$ км^3), у літосфері ($2,34 \cdot 107$ км^3) і в живих організмах ($1,1 \cdot 10^3$ км^3). Пари води, утворені внаслідок випаровування з поверхонь океанів, морів, озер, водоймищ, рік, ґрунту і транспірації рослинами, піднімаються в атмосферу. Звідси вода випадає у вигляді дощу, снігу; попо-

внює водойми, моря і океани. Частина атмосферних вод просочується в ґрунт, тече під землею й вливається в ріки і моря, вертаючись надалі в океан. Такий рух води в природі називається великим круговоротом. У ньому можна розглядати два малі круговороти. Вони зв'язані: один — з океанічною, а другий — внутрішній — з континентальною вологою.

Головним джерелом водопостачання в Україні є річковий стік. Він складається з місцевого стоку (52,4 км^3), який формується на території України, і транзитного, що надходить із територій інших держав. Головними вододжерелами для України є ріки Дніпро, Дунай, Дністер, Десна, Південний Буг, Прут і ін. Найбільш потужною водоносною артерією є Дніпро, який забезпечує водою майже 32 млн чоловік і 2/3 господарського потенціалу країни. Стан води і повноводдя водних артерій залежать головним чином від стану їх припливів — малих рік, яких на території України близько 60 тис. 90% населених пунктів розміщені саме в долинах малих рік. На території України сім великих водоймищ: Київське, Канівське, Кременчуцьке, Дніпропетровське, Дніпродзержинське, Запорізьке і Каховське. Повний обсяг акумульованої в них води становить 43,8 км^3.

У той же час Україна є однієї з найменш забезпечених водними ресурсами країн Європи. Її водопостачання становить 1700 м^3/рік на 1 людину, з яких за рахунок стоку місцевого формування — тільки 1000 м^3/рік.

Водопостачання з розрахунку на 1 людину в рік у Франції, найбільш зручної для порівняння європейській країни, близької Україні за площею й чисельністю населення, становить 4570 м^3. В Австрії цей показник досягає 7700, у Швейцарії — 7280, в Італії — 3380, Великобританії — 2730. Стає очевидним, що водні ресурси України використовують, а отже, і забруднюють, у кілька раз інтенсивніше, чим в інших країнах.

Підземні води України мають не менше значення. Прогнозовані ресурси підземних вод становлять 22,5 км^3/рік, з яких 30,2% — експлуатаційні запаси. Реально використовують до 32% експлуатаційних запасів підземних вод. Майже 70% сіл і селищ міського типу задовольняють потреби в питній воді за рахунок ґрунтових вод, або більш глибоких міжпластових водоносних горизонтів.

Населення і промисловість України щорічно використовують майже 30 км^3, сільське господарство — 10,9 км^3 води. Загальне використання підземних вод становить 4,57 км^3/рік.

4.2 Гігієнічна оцінка атмосферних вод

На якість і властивості атмосферних вод впливають процеси їх формування і умови збору та зберігання. Атмосферні води утворюються в результаті конденсації водяної пари. Вони містять невелику кількість солей Са і Mg і тому є дуже м'якими. У той же час на крапельках дощової води і кристалах снігу сорбуються речовини, які утримуються в атмосферному повітрі населених пунктів: зважені частинки (пил), діоксид сірки, оксиди азоту, вуглеводні (у тому числі бенз(а) пирен), сірковуглець, різні аерозолі (у тому числі важких металів) тощо. Особливо високі рівні забруднення виявляють у перших порціях атмосферних опадів, які фактично промивають повітря, очищаючи його. Крім того, на вміст зважених речовин і рівень контамінації мікроорганізмами помітно впливають спосіб і умови збору й зберігання атмосферних вод.

У сільській місцевості, де немає підземних і поверхневих джерел прісної води, дощову воду найчастіше збирають із дахів будинків. Найкращими є дахи з оцинкованого заліза. Перші порції дощової води обмивають дах і жолоба від пилу,

листя й інших забруднень, внаслідок чого в них відзначають незадовільні органолептичні властивості і вони є епідемічно небезпечними. Тому їх треба зливати. Дощову воду збирають у спеціальні бочки ємністю до 200 л. Її кількість залежить від середньої кількості опадів для певної місцевості. Якщо кількість опадів значна і становить 1000 мм/рік, то з 1 м^2 можна зібрати приблизно 0,8 м^3 води. Така вода є епідемічно небезпечної, тому для використання в питних цілях її необхідно знезаражувати кип'ятінням.

Для збору більших кількостей атмосферної води використовують спеціальні інженерно-технічні споруди-водозбірні майданчики.

4.3 Порівняльна гігієнічна характеристика підземних вододжерел

Залежно від умов формування виділяють три типи підземних вод: *верховодку, ґрунтові і міжпластові* (напірні і не напірні).

Підземні води, що мають господарське значення, утворюються головним чином за рахунок фільтрації атмосферних опадів через ґрунт. Невелика кількість їх утворюється в результаті фільтрації води поверхневих водойм (рік, озер, ставків, боліт, водоймищ і ін.) через русла.

Накопичення і рух підземних вод залежать від будови порід, які діляться на водонепроникні й водопроникні. Водонепроникними є глина, вапняки, граніт. Водопроникними є пісок, супісок, гравій, галечники, тріщинуваті породи. Вода заповнює пори між часточками порід або тріщини і просувається під дією сил ваги і капілярності, поступово заповнюючи водоносний горизонт. Глибина залягання підземних вод коливається від 1-2 до декількох десятків і тисяч метрів.

Верховодка — це підземні води, що залягають поблизу поверхні. Вони накопичуються на перших від поверхні землі невеликих по площі, переривчастих (лінзоподібних) і водонепроникних включеннях. Утворюються за рахунок фільтрації атмосферних опадів. Режим поповнення верховодки водою непостійний, тому що залежить від кількості опадів на обмеженій території. Неглибоке залягання і особливості режиму поповнення обумовлюють дуже малі запаси цієї води, які до того ж значно коливаються протягом року. Крім того, верховодка легко забруднюється, якість води в ній значно змінюється в часі і заслуговує низької гігієнічної оцінки. Тому верховодку використовують як джерело господарсько-питного водопостачання у виняткових випадках при відсутності інших джерел водопостачання. Крім того, внаслідок поверхневого залягання вона є перешкодою для експлуатації підземних споруд.

Ґрунтові води збираються над першим від поверхні землі шаром водонепроникних порід (глина, граніт, вапняк), де утворюють перший постійно існуючий водоносний горизонт, який називається горизонтом ґрунтових вод. Залежно від місцевих умов глибина залягання ґрунтових вод коливається від 1-2 до декількох десятків метрів. У Туркменії, наприклад, є колодязі глибиною до 150 м. Ґрунтові води рухаються в напрямку ухилу водонепроникного шару. Швидкість їх руху звичайно невелика — від декількох сантиметрів до 1-3 м/добу залежно від водовмісної породи.

Ґрунтові води є не напірними, їх статичний рівень у колодязі відповідає глибині залягання. Вони характеризуються непостійним режимом, який залежить від гідрометеорологічних факторів: частоти випадання і кількості опадів, наявності відкритих водойм. У результаті цього реєструються сезонні коливання рівня стояння, дебіту, хімічного і бактеріального складу ґрунтових вод. З гігієнічної точки зору

визначальним для якості ґрунтових вод є санітарний стан ґрунту, що залягає вище, ступінь впливу якого залежить від глибини залягання ґрунтових вод. У випадку неглибокого їхнього розміщення ймовірність надходження забруднення підвищується.

Ґрунтові води мають більш-менш постійний фізико-хімічний склад і кращу якість, чим поверхневі. Фільтруючись через шар ґрунту, вони переважно стають прозорими, безбарвними, не містять патогенних мікроорганізмів. Якщо ґрунт за механічним складом дрібнозернистий, то при заляганні на глибині 5-6 м і більше ґрунтові води взагалі не містять бактерій. Залежно від хімічного складу ґрунту ґрунтові води можуть бути слабко-, середньо- або сильно-мінералізованими. Кількість розчинених солей у ґрунтовій воді збільшується залежно від глибини залягання, однак у більшості випадків підвищення мінералізації незначне.

Ґрунтові води широко використовують у сільській місцевості для місцевого (децентралізованого) водопостачання. Воду забирають за допомогою колодязів різної конструкції (шахтних, трубчастих і ін.). Іноді ґрунтові води використовують для невеликих локальних водопроводів, які забезпечують водою окремі об'єкти, розміщені, наприклад, за межами населених пунктів, у приміській зоні зелених насаджень або в селищах з місцевим водопостачанням. При децентралізованому водопостачанні в населеному пункті такі локальні водопроводи обов'язково повинні бути в лікарні, на підприємствах місцевої харчової промисловості (молокозавод, хлібозавод тощо). Але найчастіше запасів ґрунтових вод недостатньо для створення навіть локального водопроводу. Із шахтного колодязя, що забирає ґрунтову воду, можна одержати від 1 до 10 $м^3$/добу. До того ж поповнення ґрунтового шару водою мінливе й залежить від кількості опадів. Тому іноді при створенні водопроводу з

використанням ґрунтових вод як джерела водопостачання передбачають їхнє штучне поповнення за допомогою спеціальних інженерно-технічних споруд.

При забрудненні ґрунтів нечистотами існує небезпека зараження ґрунтових вод патогенними мікроорганізмами. Небезпека тим більша, чим інтенсивніше забруднення й чим глибше воно занесене в ґрунт, чим вище зернистість породи й чим вище залягають ґрунтові води. У місцях, де залягають тріщинуваті породи або вапняки з карстовими ходами, бактерії можуть поширюватися на сотні метрів. У запобіганні забруднення ґрунтових вод більшу роль відіграє санітарна охорона ґрунтів.

Ґрунтові води на територіях, розташованих поблизу поверхневих водойм, можуть мати з ними гідравлічний зв'язок. У таких випадках річкова вода фільтрується через породи, що формують русло, поповнюючи запаси ґрунтової води. Такі ґрунтові води називають підрусловими. Підруслові води іноді використовують для водопостачання за допомогою устаткування інфільтраційних колодязів, але через зв'язок з відкритою водоймою склад води в них непостійний і в гігієнічному відношенні менш надійний.

Міжпластові підземні води залягають між двома водотривкими шарами, з яких один — нижній — є водонепроникним ложем, а інший — верхній — водонепроникною покрівлею. Глибина залягання міжпластових вод коливається від десятків і сотень до тисячі метрів і більше. Наявність водонепроникної покрівлі перешкоджає надходженню води в міжпластові шари з розташованих вище горизонтів. Поповнення міжпластових вод може відбуватися лише в місцях виклинцьовування водоносного горизонту на поверхню. Звичайно зони поповнення залягають на значній (сотні кілометрів) відстані від місця водозабору. Чим більше ця відстань, тем надійніше захист міжпластових вод від надходження забруднень із поверхні. Видобуток міжпластових вод проводиться через свердловини.

Залежно від умов залягання міжпластові води можуть бути напірними або не напірними. Найчастіше міжпластова вода заповнює всю товщу водомісткої породи (піщаної, гравійної або тріщинуватої) між водотривкими шарами. При цьому тиск, під яким перебуває вода у водоносному шарі, стає вище атмосферного. Якщо прорізати водонепроникну покрівлю свердловиною, то завдяки надмірному тиску вода в ній піднімається, а іноді навіть виливається на поверхню у вигляді фонтана. Така міжпластова вода називається напірної, або артезіанської, а рівень, на який вона піднімається в свердловині самопливом, називається статичним. Не напірні міжпластові води не здатні підніматися самостійно, їхній статичний рівень у свердловині відповідає глибині залягання.

Умови формування і залягання (наявність водотривкого перекриття, велика відстань від місць виклинцьовування, значна глибина залягання) визначають головну особливість міжпластових вод — сталість кількісних і якісних характеристик. Саме сталість фізичних властивостей і хімічного складу є найважливішими показниками санітарної надійності міжпластового водоносного шару. Будь-які зміни хоча б одного з показників якості міжпластової води є сигналом про надходження у її шар води з розміщених вище горизонтів, тобто сигналом про можливе забруднення.

Надійно перекриті міжпластові води відрізняються від ґрунтових невисокою температурою (5—12 °С), постійним фізико-хімічним складом, постійним рівнем і значним дебітом. Вони прозорі, без кольору, часто — без запаху і якого-небудь присмаку. Концентрація мінеральних солей у них вище, чим у ґрунтових водах, і залежить від хімічного складу породи, у якій вони накопичуються й пересуваються.

Міжпластові води — прісні, але можуть мати різний ступінь мінералізації, аж до високо-мінералізованих. Ступінь мінералізації визначає інші показники якості міжпластової води (зокрема, смак і присмак) і корелює і з вмістом хлоридів, сульфатів, солей жорсткості (кальцію і магнію) і ін. Міжпластові води переважно лужні (pH> 7) завдяки наявності гідрокарбонатів лужних і лужно-земельних металів. Іноді можуть містити багато заліза (II) у вигляді гідрокарбонатів, марганцю (II) у вигляді сульфатів, сірководню. Останній утворюється в міжпластових водах у результаті хімічних перетворень деяких мінеральних солей: відновлення сульфатів, розкладання сульфідів металів (по реакції $FeS_2 + 2CO_2 + 2H_2O = H_2S + SO^{4-} + Fe(HCO_3)_2$), при взаємодії сірчанокислих солей, розчинених у воді, з бітумінозними глинами, торфом, нафтою й ін. Іноді в міжпластових водах виявляють амонійні солі та сірководень, які мають винятково мінеральне походження. При відсутності вільного розчиненого кисню в глибоких міжпластових водах створюються умови для відновлення нітратів у нітрити і амонійні солі. Тому, відносно високий вміст у міжпластових водах сірководню і аміаку іноді буває природнім і не свідчить про їхнє забруднення. У природних біогеохімічних провінціях, пов'язаних з покладами поліметалевих руд, міжпластові води можуть містити значну кількість тих або інших мікроелементів, зокрема миш'яку, свинцю, кадмію, ртуті, хрому і ін. Міжпластові води Бучакського водоносного шару (Полтавська область України) відрізняються високим вмістом фтору. Зрозуміло, що такі води неможливо використовувати для господарсько-питного водопостачання без спеціальної обробки.

Безумовною перевагою міжпластових вод є майже повна відсутність мікробної контамінації. Завдяки тривалій фільтрації і наявності водотривкої покрівлі, що захищає міжпластові води від забруднення, вони майже не містять мікроорганізмів, тим більше патогенних. Такі міжпластові води епідемічно безпечні і не мають потреби в знезаражуванні.

Міжпластові води, у зв'язку з умовами їх формування і залягання, надійністю перекриття водотривкими шарами, сталістю складу й достатньо великим дебітом, мають явні переваги перед іншими джерелами водопостачання і з гігієнічної точки зору заслуговують високої оцінки. У більшості випадків вони мають високу якість — їм властиві позитивні органолептичні властивості, фізіологічно сприятливий мінеральний, у тому числі мікроелементний, склад, відсутність або дуже низький вміст шкідливих (токсичних) хімічних речовин, епідемічна безпека. Тому їх використовують без попередньої обробки.

На жаль, поряд із природними, на формування складу підземних вод можуть впливати і техногенні фактори. Такий вплив звичайно буває негативним і приводить до погіршення якості міжпластової води. Забруднення може виникнути у випадку надходження води з розташованих вище горизонтів при ушкодженні водотривкого перекриття, при порушеннях під час буравлення свердловин, при їхньому неправильному обладнанні і експлуатації, відсутності тампонування в процесі виведення з експлуатації і ін. У таких умовах найбільш імовірним є забруднення ненапірних міжпластових вод, тоді як артезіанські води завдяки надлишковому тиску в міжпластовому шарі краще захищені і тому з гігієнічної точки зору більш надійні.

4.4 Джерельна вода

Підземні води, що самостійно виходять на поверхню, називають джерелами. Виходити на поверхню можуть як ґрунтові, так і міжпластові води, якщо відповідний водоносний горизонт розріджується при падінні рельєфу, наприклад на

схилі гори, у глибокому яру. Джерела діляться на спадні і висхідні. Висхідні джерела утворюються при виході на поверхню міжпластових напірних вод, спадні — ґрунтових вод. Забирають джерельну воду для господарських потреб за допомогою водозабірних споруд — каптажів.

4.5 Гігієнічна характеристика поверхневих водойм

Поверхневими водоймами є ріки, проточні і непроточні озера, водоймища, струмки. Поверхневі водойми отримують воду за рахунок як атмосферних опадів, так і підземних вод. Оскільки водойми поповнюються переважно атмосферними опадами, хімічний склад води в них в основному залежить від гідрометеорологічних умов і помітно коливається протягом року. У той же час на хімічний склад води суттєво впливає характер ґрунтів на території водозбору — площі, з якої поверхневий стік в остаточному підсумку попадає в конкретну водойму. Під час формування поверхневих водойм вода контактує переважно з породами і ґрунтами на поверхні землі, тому вона звичайно містить мало солей і є прісною.

У порівнянні з підземними водами для поверхневих водойм характерні велика кількість зважених речовин, низька прозорість, підвищена кольоровість за рахунок гумінових речовин, що вимиваються із ґрунту, більш високий вміст органічних сполук, наявність автохтонної мікрофлори та розчиненого кисню. Поверхневі води, як правило, слабко або мало мінералізовані, м'які або помірно жорсткі. У той же час у непроточних озерах і водоймах концентрація солей у воді може бути підвищеної внаслідок випаровування. Крім того, висока мінералізація іжорсткість характерні для водойм, що формуються в солончакових ґрунтах. Хімічний склад води поверхневих водойм різноманітний. Сухий залишок головним чином представлений іонами: Cl^-, HCO_3-, SO_4-, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+. Співвідношення цих іонів у воді різних водойм значно варіює. Поверхневі водойми в більшості випадків мають дуже низький вміст мікроелементів, хоча в природних біогеохімічних провінціях можлива висока їхня концентрація.

Для відкритих водойм характерна мінливість якості води, яка може змінюватися залежно від сезону року і навіть погоди. Так, під час зливи або танення снігу у водойму змиваються зважені і гумінові речовини, залишки хімікатів із сільськогосподарських полів, тверді побутові і промислові відходи і ін. З атмосферними опадами, таненням снігу зв'язані значні коливання кількості води в поверхневих водоймах. У проточних водоймах витрата води навесні під час повені значно збільшується, у той час як улітку, особливо в жару і посуху, — зменшується.

Під витратою води мають на увазі її обсяг, що проходить за одиницю часу через площу поперечного перерізу ріки. Найчастіше вимірюють у кубічних метрах за секунду.

Відкриті водойми легко забруднюються ззовні. У природних умовах спостерігається певне забруднення зваженими і гуміновими речовинами, залишками рослин, які вимиваються поверхневим стоком із ґрунту, продуктами життєдіяльності тварин і птахів, риб і водоростей. Тому, з епідеміологічної точки зору відкриті водойми потенційно небезпечні.

Основним джерелом забруднення є стічні води, які утворюються внаслідок використання води в побуті, на промислових підприємствах, тваринницьких і птахівницьких комплексах і ін. Особливо небезпечний спуск у водойми неочищених або недостатньо очищених стічних вод. Часткове забруднення водойм відбувається поверхневим стоком: дощовими, зливовими водами, водами, що утворювалися під час танення снігів. І стічні води, і поверхневий стік додають у водойми значну кількість зважених речовин і органічних спо-

лук, внаслідок чого підвищується кольоровість, знижується прозорість, збільшується окисність і БПК води, зменшується кількість розчиненого кисню, підвищуються концентрації азот-вмісних речовин і хлоридів, підсилюється бактеріальне забруднення. Із промисловими стічними водами й стоком із сільськогосподарських полів у водойми надходять токсичні хімічні речовини.

Крім того, вода відкритих водойм може забруднюватися внаслідок використання водойми для транспортних (пасажирське і вантажне пароплавство, лісосплав) цілей, під час роботи в руслах рік (наприклад, видобутку річкового піску), водопою тварин, проведення спортивних змагань, відпочинку населення.

Однак яким би значним не був рівень природного забруднення, водойми мають властивість, яка називається самоочищенням.

Самоочищення відкритих водойм відбувається під впливом різних факторів, які діють одночасно в різних комбінаціях. Такими факторами є:

а) гідравлічні (змішування і розведення забруднень водою водойми);

б) механічні (осадження зважених часток);

в) фізичні (вплив сонячної радіації і температури);

г) біологічні (складні процеси взаємодії водяних рослин з мікроорганізмами стоків, які потрапили у водойму);

д) хімічні (руйнування забруднюючих речовин шляхом гідролізу);

е) біохімічні (перетворення одних речовин в інші за рахунок мікробіологічної деструкції, мінералізація органічних речовин у результаті біохімічного окиснення водної автохтонної мікрофлорою).

Самоочищення від патогенних мікроорганізмів відбувається за рахунок їх загибелі внаслідок антагоністичного

впливу водних організмів, дії антибіотичних речовин, бактеріофагів і ін.

При забрудненні водойм побутовими і промисловими стічними водами процеси самоочищення можуть бути загальмовані або пригнічені. Вплив стічних вод на водойми залежить від їхнього характеру. Побутові стічні води, що утворювалися в результаті господарсько-побутової діяльності людину, небезпечні в епідеміологічному відношенні. Неочищені промислові стічні води забруднюють водойми значною кількістю різних хімічних речовин. Одні з них впливають на органолептичні властивості води, надаючи їй неприємний присмак, запах, вид (хлорбензол, дихлоретан, стирол, нафта та ін.), інші виявляють токсичну дію на організм людини і тварин (миш'як, кадмій, ціаніди та ін.). Інші порушують біологічні і хімічні процеси у водоймі, сповільнюючи або зовсім припиняючи самоочищення (ацетон, метанол, етиленгліколь тощо). Іноді та сама речовина виявляє токсичну дію на організм людини і одночасно негативно впливає на самоочищення водойм або погіршує органолептичні властивості води (сполуки свинцю, міді, цинку, ртуті тощо).

4.6 Гігієнічні вимоги до якості води джерел централізованого господарсько-питного водопостачання

З гігієнічної точки зору оптимальної є ситуація, коли вода в джерелах водопостачання повністю відповідає сучасним вимогам до доброякісної питної води. Така вода не має потреби в обробці, і важливо лише не погіршити її якість на етапах забору із джерела і подачі споживачам. Виходячи з наведеної вище гігієнічної характеристики, такими джерелами можуть бути підземні міжпластові води, найчастіше — артезіанські (напірні). В інших випадках вода джерел, особливо поверхневих, потребує поліпшення якості: зменшенні мут-

ності (освітлення) і кольоровості (знебарвлення), видаленні патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів (знезаражування), іноді — поліпшенні хімічного складу (опріснення, пом'якшення, дефторування, фторування, знезалізнення тощо). Незважаючи на постійне вдосконалення методів водопідготовки, їхні можливості мають певні технологічно і економічно обґрунтовані обмеження.

Вода джерел централізованого господарсько-питного водопостачання повинна бути такою, щоб сучасні методи водопідготовки дозволили одержати доброякісну питну воду, яка за всіма показниками відповідала б нормативним вимогам.

Особливої уваги заслуговують ті показники якості води, які мало змінюються в процесі звичайної обробки, що передбачає освітлення, знебарвлення і знезаражування. Така обробка неефективна по відношенню до розчинених у воді хімічних речовин. Навіть спеціальні методи водопідготовки дають можливість зменшити вміст лише деяких з них: заліза — шляхом знезалізнення, фтору — завдяки дефторуванню, сірководню — за рахунок аерації. Методи опріснення (зниження загальної мінералізації) і пом'якшення (зниження загальної жорсткості) вимагають значних додаткових витрат електроенергії, через що вартість водопровідної води значно підвищується. Тому під час організації водопостачання населених пунктів бажано їх уникати, хоча відсутність прісноводних джерел іноді змушує опрісняти солону морську воду.

Викладене вище обумовлює суттєве обмеження у воді всіх джерел централізованого господарсько-питного водопостачання вмісту сухого залишку, хлоридів, сульфатів, розчинених хімічних (особливо токсичних) речовин, загальної жорсткості. Склад води прісноводних підземних і поверхневих джерел за цими показниками повинен відповідати вимогам до доброякісної питної води: сухий залишок — до 1000

мг/л (за узгодженням з органами СЕС допускається до 1500 мг/л), концентрація хлоридів і сульфатів — до 350 мг/л і 500 мг/л відповідно, загальна жорсткість — до 7 ммоль/л (за узгодженням із СЕС до 10 ммоль/л). Рівень хімічних речовин не повинен перевищувати ГДК для води водойм господарсько-побутового водокористування, а також норм радіаційної безпеки, які затверджені Міністерством охорони здоров'я України. За умови одночасної наявності у воді токсичних хімічних речовин, здатних при комбінованій дії підсумувати негативні ефекти, слід дотримуватися правил сумаційної токсичності.

Оскільки підземні і поверхневі вододжерела мають природні особливості, а також різний ступінь захисту від несприятливого впливу антропогенних факторів, гігієнічні вимоги до якості води в них по всіх інших показниках трохи відрізняються.

Вимоги до поверхневих та підземних джерел докладно наведені у ДСТУ 4808-2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» (Чинний від 01.01.2009), який прийнято на заміну ГОСТ 2761-84 «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

Вибір джерела централізованого господарсько-питного водопостачання є принципово важливим завданням гігієни води і водопостачання населених місць. Гігієнічно обґрунтований вибір джерела є передумовою забезпечення населення доброякісною питною водою в достатній кількості. Це одне з відповідальних завдань, від розв'язання якого залежить здоров'я споживачів, санітарно-побутові умови проживання і благоустрій населеного пункту.

Вибір джерела водопостачання заснований на декількох принципах.

Перший принцип заснований на необхідності забезпечення споживача доброякісною питною водою. Без сумнівів, під час вибору джерела перевагу віддають тому, у якому якість води вище. У цьому сенсі оптимальними є підземні води, а серед них — джерела I класу, вода яких взагалі не вимагає обробки.

Другий принцип — це принцип санітарної надійності. Тобто в основу вибору джерела покладені оцінка й прогноз імовірності його забруднення. Через умови формування, залягання іпоповнення підземні води значно краще захищені від надходження забруднень, і тому в санітарному відношенні надійніше у порівнянні з поверхневими. Найбільш надійними з гігієнічної точки зору є міжпластові напірні (артезіанські) води. Другу позицію займають міжпластові ненапірні, третю — ґрунтові за умови штучного поповнення. Поверхневі вододжерела займають останнє місце. До того ж проточні водойми (ріки), процеси самоочищення в яких протікають інтенсивніше, завжди мають перевагу над непротічними (озерами, водоймищами).

Під час вибору джерела централізованого господарсько-питного водопостачання, крім якості води і санітарної надійності, враховують достатність запасів води для задоволення потреб населеного пункту, визначають місця водозабору й оцінюють можливість організації зон санітарної охорони.

Методика вибору джерел централізованого господарсько-питного водопостачання полягає в наступному. Насамперед слід виявити місцеві водні ресурси, зібрати інформацію про підземні і поверхневі водойми, санітарні, гідрологічні, гідрогеологічні і топографічні умови їх формування, залягання іпоповнення, санітарний стан прилягаючої території.

Збираючи відомості про поверхневі водойми, необхідно звернути увагу на: 1) санітарний стан водозбірних площ, їх заселеність, розвиток промисловості і сільського господар-

ства; 2) наявність випусків стічних вод; 3) характер використання ріки вище передбачуваного місця забору; 4) середня витрата води в ріці, її коливання протягом року і особливо мінімальна витрата в самому маловодному місяці.

Інформація про підземні води включає: 1) глибину залягання водоносних горизонтів; 2) надійність їх захисту водотривкими шарами; 3) характер водоносної породи (тріщинувата або піщана); 4) розміщення зон поповнення і їх санітарну характеристику; 5) потужність водоносного горизонту; 6) санітарну характеристику місцевості в районі водозабору; 7) наявність джерел забруднення ґрунту і водоносних шарів та ін. На підставі зазначених відомостей і даних санітарного обстеження дають гігієнічну оцінку умовам формування і поповнення джерел і роблять прогноз їх санітарного стану.

Потім необхідно з'ясувати, чи відповідає якість води в джерелах гігієнічним вимогам, у якому джерелі вода краще і взагалі не вимагає обробки або ж необхідно значно менше зусиль для одержання доброякісної питної води. Для цього відбирають проби води і проводять їхній лабораторний аналіз. Результати лабораторних досліджень повинні відбивати особливості режиму джерела, а не випадкові зміни, що виникли під впливом змінних факторів. Особливо це стосується поверхневих водойм, склад води яких змінюється відповідно до пори року. Тому, в такому випадку необхідний щомісячний аналіз проб води протягом останніх 3 років. На підставі даних санітарного обстеження і результатів лабораторного дослідження визначається, чи відповідає вода в джерелі гігієнічним вимогам, викладеним у ДСТУ 4808-2007, установлюється клас підземних або поверхневих водойм і визначаються методи обробки води для доведення її до доброякісної питної.

Далі слід визначити, містить чи один або кілька джерел необхідну кількість води, відповідно до гігієнічних норм во-

доспоживання населеного пункту в цілому. При цьому слід враховувати перспективи росту міста або села і його інфраструктури. Питання про кількість води вже само по собі може радикально вплинути на вибір. У той же час санітарна надійність і якість води в джерелі є першорядними критеріями. Тому, можливість використання підземних міжпластових вод розглядається навіть при нестачі їх запасів. Той дефіцит води, який утворюється при виборі більш надійного, але недостатньо потужного підземного джерела, може компенсуватися за рахунок менш надійних у гігієнічному відношенні поверхневих джерел.

У процесі вибору джерела водопостачання і визначення місць водозабору обов'язково враховують можливість створення зон санітарної охорони і дотримання відповідного режиму в межах їх поясів. Джерело водопостачання при наявності декількох водойм і однакової можливості забезпечення якості і кількості води вибирають шляхом техніко-економічного порівняння варіантів схем обробки води з урахуванням санітарної надійності джерел.

На заключному етапі на підставі гігієнічної оцінки умов формування і залягання підземних вод, санітарної оцінки поверхневого джерела і прилеглої до нього території, оцінки якості і кількості води джерела, санітарної оцінки місця водозабору, можливості створення зон санітарної охорони (ЗСО) і прогнозу санітарного стану джерела робиться гігієнічний висновок про придатність конкретного підземної або поверхневої водойми як джерела централізованого господарсько-питного водопостачання. Висновок повинен містити інформацію про: 1) об'єкт водопостачання; 2) гігієнічну характеристику джерела водопостачання; 3) якість води в ньому; 4) прогноз санітарного стану джерела; 5) заходи щодо організації ЗСО; 6) належну обробку води з метою доведення її якості до вимог стандарту на питну воду.

4.7 Гігієнічні вимоги до організації і експлуатації ЗСО джерел централізованого водопостачання

Для забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності джерел централізованого господарсько-питного водопостачання і водопровідних очисних споруд установлюють ЗСО. Їх організують на всіх водопроводах — річкових і артезіанських, на діючих, тих що споруджуються або проектуються. Основним завданням ЗСО є охорона від забруднення джерел централізованого водопостачання, місць водозабору, а також водопровідних спорудах і прилягаючих територіях. Проектування і експлуатація ЗСО джерел централізованого водопостачання і водопроводів, що подають воду господарсько-питного призначення, здійснюється відповідно до «Положення про порядок проектування й експлуатації зон санітарної охорони джерел водопостачання й водопроводів господарсько-питного призначення» (N 2640-82 від 18.12.82).

Організацію ЗСО починають із розробки проекту. Визначають границі ЗСО і її поясів і формують план заходів щодо поліпшення санітарного стану ЗСО шляхом усунення існуючого і попередження можливого забруднення джерела централізованого водопостачання та погіршення якості води на етапах забору, водопідготовки і подачі її населенню.

ЗСО включають три пояси особливого режиму. Перший — пояс суворого режиму — охоплює територію і акваторію розміщення водозаборів, майданчиків головних споруд водопроводу і водо-підвідного каналу. Другий і третій — пояс обмежень і пояс спостережень — охоплюють територію, призначену для охорони від забруднення джерела водопостачання. Санітарну охорону водоводів забезпечують санітарно-захисною смугою.

Перший пояс ЗСО (суворого режиму) установлюють із метою виключення випадкового або навмисного забруднення води в місці розташування водозабору і на етапах водопідготовки на головних очисних спорудах водопроводу. Другий і третій пояси ЗСО (обмежень і спостережень) призначені для попередження несприятливого впливу на якість і кількість води, яку використовують або планують до використання підземних і поверхневих джерел централізованого господарсько-питного водопостачання.

Границі поясів ЗСО.

Для водозаборів з підземних джерел перший пояс ЗСО встановлюють при використанні надійно захищених міжпластових вод — у радіусі не менш 30 м навколо свердловини; недостатньо захищених міжпластових вод — не менше 50 м. При використанні групи підземних водозаборів границя першого поясу повинна перебувати на відстані не менш 30 і 50 м відповідно від крайніх свердловин (або шахтних колодязів).

Границю другого і третього поясів ЗСО встановлюють на підставі гідродинамічних розрахунків. Границю другого поясу встановлюють так, щоб при надходженні мікробного (нестабільного) забруднення у водоносний горизонт за межами другого поясу воно не досягало водозабору. Для ефективного захисту підземного джерела водопостачання від мікробного забруднення необхідно, щоб розрахунковий час просування забруднення з підземними водами від границі другого поясу до водозабору був достатнім для втрати життєздатності й вірулентності патогенних мікроорганізмів, тобто для ефективного самоочищення води. У кліматичних умовах України цей розрахунковий період становить для ґрунтових вод 200 або 400 діб залежно від відсутності або наявності гідравлічному зв'язку з відкритими

водоймами, для міжпластових — 100 або 200 діб відповідно. Гідрогеологічними і гідродинамічними показниками, що визначають швидкість руху підземних вод, є: дебіт водозабору; потужність водоносного шару; величина ухилу природнього потоку підземних вод; коефіцієнт фільтрації; активна пористість ґрунту. Існує кілька методик для розрахунків границь другого поясу ЗСО.

Визначаючи границю третього поясу ЗСО, виходять із того, що якщо за його межами у водоносний горизонт потраплять хімічні речовини (стабільне забруднення), то вони або не досягнуть водозабору, або будуть переміщатися з підземними водами поза ділянкою поповнення, або ж досягнуть його, але не раніше розрахункового часу (T_x). Цей показник повинен перевищувати тривалість технічної експлуатації водозабору і становити не менше 25 років.

Для водозаборів з поверхневих вододжерел границю першого поясу ЗСО водопроводу, у тому числі з водо-підвідним каналом і водозабором для штучного поповнення запасів підземних вод, установлюють на наступних відстанях: 1) для проточних водотоків — нагору за течією не менш 200 м від водозабору; 2) униз за течією не менш 100 м від водозабору; 3) по прилягаючому до водозабору берегу — не менш чим за 100 м від лінії урізу води при найвищому її рівні; 4) у напрямку від прилягаючого до водозабору берега убік водойми при ширині ріки або каналу менш 100 м — уся акваторія і протилежний берег шириною 50 м від лінії урізу води при найвищому її рівні, при ширині ріки або каналу більш 100 м — смуга акваторії шириною не менш 100 м.

Для непротічних водойм (водоймищ, озер) границю першого поясу встановлюють залежно від санітарних і гідрологічних умов: по акваторії у всіх напрямках — не менш чим 100 м від водозабору, 100 м від лінії урізу води при літньо-осінній межені.

На водозаборах ковшового типу в перший пояс ЗСО слід включати всю акваторію ковша.

Границя другого поясу для водозаборів повинна бути настільки вилучена нагору за течією, щоб час пробігу води по основному водотоку і його припливам (з метою мікробного її самоочищення) від границі ЗСО до водозабору при 95% забезпеченості стоку становив не менш 5 діб — для I і II кліматичних районів і не менш 3 діб — для III і IV кліматичних районів. Розраховують верхню границю другого поясу по формулі:

$$L = V \cdot t,$$

де L — відстань від водозабору до верхньої границі зони (м); V — швидкість потоку води у водоймі (м/добу); t — час потоку води по основному водотоку і його припливам (3 або 5 діб).

На великих і середніх ріках зона обмеження поширюється нагору за течією на 30—60 км. На малих ріках з витратою води до 10 $м^3$/сек у другий пояс включають територію басейну ріки.

Бічні границі другого поясу ЗСО визначаються береговою смугою, ширина якої від лінії урізу води при найвищому її рівні повинна бути: 1) при рівнинному рельєфі місцевості — не менше 500 м; 2) при гористому рельєфі місцевості — до вершини першого схилу, зверненого убік джерела водопостачання, при пологому схилі в межах 750 м і не менш 1000 м — при крутому. На судноплавних ріках до границі другого поясусліддодати акваторію, що прилягає до водозабору, шириною до лінії фарватеру.

Щоб не допустити впливу вітрових зворотних плинів на якість води в районі водозабору, установлюють нижню границю другого поясу ЗСО на відстані не менш 250 м від водозабору. Якщо встановити нижню границю другого поясу ЗСО неможливо, погоджують із санітарно-епідеміологічною

службою підвищені вимоги до технології обробки води для того, щоб якість питної води відповідала нормативним вимогам і в умовах вітрових зворотних плинів.

На непротічних водоймах (водоймищах і озерах) границя другого поясу ЗСО повинна бути вилучена в обидва боки від водозабору, виходячи із часу надходження води до останнього протягом 5 діб — для I і II кліматичних районів і не менше 3 діб — для III і IV кліматичних районів. У другий пояс ЗСО слід включати прибережні ділянки по обидві сторони водозабору: з боку переважних вітрових плинів — 3-5 км (при їхній повторюваності відповідно менше і більше 10%), із протилежної сторони 1 км. На цьому протязі в ЗСО включається пояс шириною від урізу води в глиб берега на 3-5 км, у глиб водоймища ширина акваторії — 0,5-1 км.

Границі третього поясу ЗСО поверхневих джерел нагору й униз за течією збігаються із границями другого поясу. Бічні границі повинні проходити по лінії вододілів на відстані 3-5 км, включаючи припливи.

Для санітарної охорони водопровідних споруд установлюють ЗСО на відстані 30 м від запасних і регулювальних ємностей, фільтрів, контактних освітлювачів і насосних станцій. На відстані 15 м — від відстійників, приміщень реагентного господарства, складу хлору тощо. На відстані 10 м — від водонапірних башт. Уздовж водоводів обов'язково встановлюють санітарно-захисну смугу. На трасах з низьким заляганням ґрунтових вод її ширина по обидві сторони від крайніх ліній водоводів повинна бути на менше 10 м, якщо діаметр водовода становить 1000 мм, і 20 м — при діаметрі водовода понад 1000 мм. У місцевостях з високим рівнем залягання ґрунтових вод санітарно-захисну смугу встановлюють шириною 50 м по обидві сторони незалежно від діаметра водоводів.

4.8 Режим експлуатації ЗСО

Перший пояс ЗСО — зону суворого режиму — обов'язково обгороджують забором на суші або буями та іншими попереджувальними знаками по акваторії, постійно контролюють або обладнують охоронною сигналізацією. У межах першого поясу ЗСО проводять озеленення, нічне висвітлення, планування території для відведення поверхневого стоку за її границі. Стічні води, що утворювалися на водопровідній станції, відводять у найближчу систему побутової каналізації або на місцеві очисні споруди за межі першого поясу ЗСО. У зоні суворого режиму заборонено перебувати стороннім особам, розміщати житлові у суспільні будови, прокладати трубопроводи у проводити будівельно-монтажні роботи, не пов'язані безпосередньо з будівництвом, реконструкцією у експлуатацією водопровідних споруд і мереж. Також заборонено пасти худобу, застосовувати пестициди, органічні у мінеральні добрива. При водозаборі з поверхневої водойми в зоні строгого режиму заборонено скидати будь-які стічні води, облаштовувати причали, проводити роботи з поглиблення дна, добувати гравій або пісок.

У межах другого поясу ЗСО — зони обмежень — проводять заходи щодо санітарного благоустрію території населених пунктів, промислових і сільськогосподарських об'єктів і окремих будов (їх централізоване водопостачання, каналізацію, устаткування водонепроникних вигребів та ін.). Обмежують відведення територій під нову забудову, лікувально-профілактичні і оздоровчі установи, промислові і сільськогосподарські об'єкти. Купання, заняття туризмом, водним спортом і риболовлю дозволяють лише в певних місцях, відведених органами державної санітарно-епідеміологічної служби. Вимагають обладнання суден, дебаркадеріві бранд-

вахт пристосуваннями для збору стічних вод і твердих відходів. Виконують протиерозійні заходи для охорони земель. Виявляють, тампонують (або оновлюють) старі, недіючі, дефектні або шахтні колодязі та свердловини, які неправильно експлуатувалися і регулюють будівництво нових свердловин. Заборонено розміщати склади паливно-мастильних матеріалів, пестицидів і мінеральних добрив, накопичувачі промислових стічних вод, шламонакопичувачі, нафтопроводи і продуктопроводи, цвинтарі, скотомогильники, поля асенізації і фільтрації, споруди підземної фільтрації, полігони твердих (у тому числі промислових) відходів, гноєсховища, силосні траншеї, тваринницькі й птахівницькі підприємства і ін. Використовувати хімічні речовини можна лише з дозволу державної санітарно-епідеміологічної служби, а застосовувати пестициди й мінеральні добрива заборонене взагалі. Не можна рубати ліс. Уздовж берегів поверхневих водойм заборонено зорювати землі, випасати худобу ближче чим за 300 м від берега, а також садівництво і городництво. Не можна брати з водного об'єкта пісок і проводити інші днопоглиблюючі роботи, не пов'язані з будівництвом і експлуатацією водопровідних споруд. Заборонено накачувати відпрацьовані (оборотні) води в підземні горизонти, складувати під землею тверді відходи і розробляти надра землі.

У межах третього поясу ЗСО заборонено випускати у водойми стічні води, що не відповідають вимогам і нормам Водного кодексу України. Обов'язковим є виявлення, тампонування (або відновлення) старих, недіючих свердловин і неправильно експлуатованих свердловин. Буріння нових свердловин можливе лише за узгодженням з органами державної санітарно-епідеміологічної служби. Не можна накачувати відпрацьовані (оборотні) води в підземні горизонти, складувати під землею тверді відходи і розробляти надра землі.

У межах санітарно-захисної смуги водоводів не повинно бути джерел забруднення ґрунту і ґрунтових вод. Категорично заборонено прокладати водоводи на територіях смітників, полів асенізації, фільтрації і зрошення, цвинтарів, скотомогильників, а також промислових, агропромислових і сільськогосподарських підприємств.

4.9 Проблеми водокористування в містах і промислово-міських агломераціях

За прогнозними оцінками, до 2030 р. в міських районах проживатиме понад 60 % населення світу (майже 5 млрд осіб), що визначає важливість стратегічного управління водними ресурсами міст і промислово-міських агломерацій.

Сучасний стан розвитку міст України (концентрування населення і обсягу економічної діяльності) зумовлює численні екологічні проблеми, що виявляються насамперед у деградації водних ресурсів, зумовлюють специфічний характер проблеми управління ними. Зокрема якість води поверхневих джерел водопостачання основної частини міст України є незадовільною і часто перевищує критичну позначку, за якої існуючі технології очищення води не є дійовими. До того ж існує висока ймовірність забруднення підземних водоносних горизонтів унаслідок інфільтрації води з поверхонь вулиць і дворів, просочення крізь нещільності конструкцій дренажних канав і каналізаційних систем, проходження атмосферних опадів крізь звалища твердого сміття.

Важливою екологічною проблемою міст України є стан каналізаційного господарства та очищення стічних вод — майже усюди каналізаційні системи потребують заміни або капітального ремонту; прориви каналізаційних колекторів є постійними джерелами небезпечного забруднення міського середовища, можуть спричинювати спалахи інфекційних за-

хворювань. У переважній більшості міст України споруди з очищення загальноміських стічних вод перевантажені (за винятком Києва і Харкова), а існуюча потужність очисних споруд у рази нижча за потрібну.

Для міст, як технопрородних систем, зазвичай характерна зміна водного балансу між поверхневими, ґрунтовими і глибокими підземними водами. Найпоширенішим наслідком зміни водного балансу на міських територіях є підвищення рівнів ґрунтових вод через забудовування й асфальтування природного ґрунтового покриву, що мінімізує випаровування вологи, а також у результаті втрат з водопровідних і каналізаційних мереж, що слугують джерелом додаткового живлення грунтових вод. У поєднанні з плануванням території, повною або частковою ліквідацією природних дрен це призводить до підтоплення основ і фундаментів будівель, споруд, зниження несівної здатності ґрунтів основ і, як наслідок, до деформацій, а в критичних ситуаціях — до руйнування будівель і споруд.

Підтоплення територій характерне для багатьох міст нашої держави — Дніпродзержинська, Дніпропетровська, Харкова, Києва, Одеси та ін. У Києві підтоплені численні ділянки вздовж р. Либідь, район Глибочицької балки, район Дарницького вагоноремонтного заводу (ДВРЗ), низинні ділянки Подолу і т. д.

Незадовільним є стан малих водойм міст, що переважно засмічені, прибережні смуги захаращені несанкціонованими звалищами побутових і будівельних відходів. Водночас якість води в міських водоймах і водотоках в основному залежить від якісного складу поверхневого стоку і може спричинювати непередбачувані санітарно-епідемічні ситуації.

На тлі існуючих проблем у використанні для водопостачання міст більш захищених підземних вод Україна значно відстає від більшості розвинених країн. Виключно підзем-

ними водами постачаються такі міста, як Луганськ, Львів, Полтава, Рівне, Суми, Тернопіль, Херсон, Хмельницький, Чернігів.

У разі промислової експлуатації на територіях міст глибоких водоносних горизонтів утворюються депресійні лійки. Якщо ґрунтовий водоносний горизонт постійно поповнюється втратами з водогосподарських мереж, посилюється інфільтрація ґрунтових вод у глибокі горизонти. Активізація вертикального руху підземних вод може зумовлювати розвиток процесів суфозії, карстоутворення з відповідними наслідками.

Стратегія використання водних ресурсів у містах має враховувати наступні складові:

питання раціонального використання водних ресурсів міського середовища;

сучасні підходи до вирішення проблем водоочищення та водопідготовки;

питання розвитку інфраструктури з урахуванням забезпечення охорони водних об'єктів;

заходи щодо забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів, розміщених поблизу промислових підприємств;

питання використання водних ресурсів для розвитку рекреаційного потенціалу, механізми залучення інвестицій в інфраструктурні міські проекти.

Основою підвищення комфорту проживання і здоров'я мешканців міст мають бути екологічно безпечне водне середовище, доступність послуг, надійність централізованого водопостачання та водовідведення, ефективність і збалансований розвиток водного сектора (джерела водопостачання, системи підготовки питної води, її транспортування, системи технічного водопостачання, відведення міських стічних вод, їх очищення, скидання очищених стічних вод у водні об'єкти).

Головною метою водозабезпечення міст має бути гарантоване забезпечення мешканців чистою питною водою за доступною ціною, створення екологічно безпечного водного середовища, поліпшення на цій основі стану здоров'я та подовження тривалості життя.

Великі міста нашої країни постачаються поверхневими водами (Вінниця, Дніпропетровськ, Житомир, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Одеса, Сімферополь), підземними водами (Луганськ, Львів, Полтава, Рівне, Суми, Тернопіль, Херсон, Хмельницький, Чернігів), поверхневими (переважно) та підземними водами (Донецьк, Київ, Кіровоград, Миколаїв, Харків, Черкаси, Чернівці), підземними (переважно) і поверхневими водами (Луцьк, Ужгород).

Підземні води для водопостачання міст подаються за трьома варіантами організації системи водозаборів:

1) облаштування водозаборів у межах міст та їх передмість за регіонального поширення водоносних горизонтів;

2) облаштування локальних (як правило, інфільтраційних) водозаборів;

3) облаштування централізованих водозаборів на віддаленні від споживачів із подачею води магістральними трубопроводами.

Загальними особливостями оцінювання і використання експлуатаційних запасів підземних вод для водопостачання міст за сучасних умов є:

- невідповідність сьогоднішньої потреби міст потребам, що прийняті під час оцінювання запасів родовищ (останні, як правило, істотно завищені);
- невідповідність розрахункових схем експлуатації схемам, що реалізовані в межах міст (передбачалось, що поодинокі водозабори будуть замінені на централізовані, розміщені на екологічно чистих ділянках, що наразі фактично не виконано);

• відсутність стратегії водозабезпечення міст підземними (найбільш захищеними) водами на випадок непередбачуваних ситуацій;

• формування регіональних депресійних лійок, ускладнених локальними лійками, та значне техногенне навантаження на підземну гідросферу в межах міст і промислово-міських агломерацій; значне техногенне навантаження також дуже ускладнює організацію зон санітарної охорони, потребує обмеження водовідбору;

• експлуатація підземних вод відбувається як на ділянках надр із затвердженими запасами, так і на ділянках, де запаси не пройшли державної експертизи;

• зокрема, несанкціоновано розбурюються глибокі водоносні горизонти, підземні води споживають приватні господарства, що призводить до інтенсифікації процесів техногенного забруднення цільових водоносних горизонтів.

Для вирішення зазначених проблем найближчим часом потрібно переоцінити запаси питних підземних вод, розвіданих та оцінених для водозабезпечення міст і промислово-міських агломерацій понад 25 років тому, насамперед для Києва і обласних центрів.

Деякі із загальних водогосподарських проблем водозабезпечення і водокористування міст і промислово-міських агломерацій охарактеризовані нижче.

Віддаленість міст від джерел водозабезпечення.

Заснуванню та історичному розвитку міст значною мірою сприяло їх розташування поблизу водних артерій та інших водних об'єктів, що містять прісні води. Тому водозабезпечення таких міст України, як Київ, Дніпропетровськ, Черкаси, Запоріжжя, Миколаїв, Вінниця поверхневими водами зумовлене історично.

З кінця XIX ст. розпочалось промислове освоєння Східного регіону України, що пов'язано з виявленням там

корисних копалин і розвитком значних виробничих потужностей. Тому формування і зростання таких міст, як Донецьк, Луганськ та інших міст і промислово-міських агломерацій регіону, насамперед прив'язується до розвитку промисловості і відбувається відповідно без урахування кількісних аспектів наявності водних ресурсів.

Отже, різні передумови формування міст і промислово-міських агломерацій зумовлюють віддаленість міст від джерел водозабезпечення.

Значна відстань до джерел водозабезпечення, що становить, наприклад, для Харкова — 140 км, Львова — 105, Миколаєва — 73 км, спричинює потребу у великій кількості технологічного обладнання (насосних станцій) для перекачування води, значні перевитрати електричної енергії, що позначається на кінцевій вартості спожитих водних ресурсів. Тому, вкрай необхідною є модернізація галузі водопостачання та водовідведення з метою заміни зношеного обладнання, водопровідних і каналізаційних мереж (мінімізація втрат, забруднення питної води), впровадження ресурсо-енергоощадних технологій (мінімізація кінцевої вартості води), пошук і в міру можливості перехід на нові джерела водопостачання, що знаходяться поблизу та в межах міст, впровадження водоощадних технологій серед промислових підприємств, проведення політики заощадження водних ресурсів серед населення.

Відсутність альтернативних джерел водозабезпечення.

Для 75 % мешканців України (35 млн осіб) головним джерелом водозабезпечення є р. Дніпро з численними притоками. Воду р. Дніпро використовують десятки промислових центрів; на річці побудований каскад водосховищ (докорінно змінена екологічна рівновага, умови водообміну та взаємодії з підземною гідросферою), 6 гідроелектростанцій та 3 атомні електростанції. Через значний техногенний тиск на поверх-

неві води річки останні за рівнями хімічного і бактеріального забруднення характеризуються як забруднені і дуже забруднені. Крім того, збільшується теплове забруднення басейну (теплові скиди АЕС, промислово-міських агломерацій тощо). Основними хімічними забруднювальними речовинами є нітрити, азот амонійний, біогенні та органічні речовини, важкі метали, нафтопродукти, феноли. Притоки Дніпра залежно від специфіки техногенної діяльності районів також значно забруднені. Тому в стратегічному відношенні на випадок надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру слід передбачити резервні (альтернативні) джерела водопостачання міст, насамперед спроектувати водозабори підземних вод (де це можливо), залучити кондиційні шахтні води, підготувати місцеві джерела водопостачання.

Проблема якості питної води.

Питання водокористування та водозабезпечення стосується багатьох проблем, найголовнішою з яких є проблема забезпечення населення якісною питною водою. Якість питної води — вирішальний чинник санітарного та епідемічного благополуччя населення.

Близько 4,6 мільйона громадян, які проживають у 161 місті і 100 селищах міського типу 25 регіонів держави, отримують з місцевих джерел питну воду з відхиленнями від нормативних вимог за тимчасовими дозволами. В такій воді підвищені показники загальної жорсткості, вміст хлоридів, сухих залишків, сульфатів, фтору, заліза, нітратів, аміаку, мангану. Через відсутність в окремих населених пунктах місцевих джерел водозабезпечення значна кількість населення частково чи повністю споживає привізну питну воду.

Для поліпшення якісної складової господарського-питного водозабезпечення міст особливу увагу слід приділити розширенню використання підземних вод, врахувавши, що в окремих регіонах питна вода в природному стані за

фізико-хімічними показниками (загальна мінералізація, жорсткість, вміст заліза, фтору тощо) не відповідає нормативам, що потребує вжиття спеціальних заходів з водопідготовки.

Позитивним моментом є наявність у ДСанПІН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» вимоги поетапного збільшення кількості показників безпеки та якості, які контролюють у питній воді до 52 показників.

Для поліпшення якості питних вод необхідно замінити застарілі технології її очищення хлоруванням на сприятливіші щодо впливу на організм людини, наприклад (застосування діоксиду хлору).

Вторинне забруднення питних вод.

Якість питної води, яку отримує населення із централізованих мереж водопостачання, залежить від таких чинників, як наявність водних ресурсів у регіонах, їх санітарний стан, ефективність водоохоронних заходів, технічний рівень та відповідність систем очищення й розподілу води, стан водогонів тощо. Водночас на тлі погіршення якості води поверхневих джерел водопостачання, дефіциту водних ресурсів, недостатнього використання ресурсів підземних вод на якість питної води систем централізованого водопостачання негативно впливають незадовільний технічний стан водопровідних споруд і мереж та значна їх зношеність, несвоєчасне проведення капітальних і поточних планово-профілактичних ремонтів та ліквідації наслідків аварій, постійне відключення водопроводів від електропостачання, подача води за графіками, що призводить до її вторинного бактеріального забруднення, створює небезпечну епідемічну ситуацію в різних регіонах країни.

В останні роки погіршення якості питних вод у мережах водопостачання і водовідведення значною мірою обумовлене зростаючим впливом процесів корозії та підтоплення, що за

умов погодинної водоподачі призводить до гідравлічних перетоків забруднень у трубопровідні системи та формування санітарно-гігієнічного ризику для населення (міста Донбасу, АР Крим, Причорномор'я та ін.).

За даними, наведеними на офіційних сайтах міських та обласних водогосподарств обласних центрів України, іншими матеріалами щодо стану водозабезпечення і водопостачання проаналізовано структуру водозабезпечення 24 обласних центрів України та м. Київ. Слід зазначити, що окреслені проблеми водокористування стосуються не лише 15 млн осіб, які проживають у цих містах України, а й притаманні іншим містам і селищам міського типу нашої держави.

Вінниця.

Основним джерелом централізованого водопостачання м. Вінниця є поверхневі води р. Південний Буг.

Потужність централізованого водопроводу — 200 тис. м^3/доба. Довжина водопровідної мережі у місті понад 210 км.

Поверхнева вода, що подається для водопостачання, проходить два ступені очищення — відстоювання та фільтрацію.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- зношеність водопровідних мереж (вичерпався строк експлуатації труб), що впливає на кінцеву якість питної води;
- наявність в окремих районах міста децентралізованих джерел водопостачання з низькою якістю води (забруднення органічними речовинами);
- значні втрати води у водопровідних мережах.

Дніпропетровськ.

Дніпропетровський міськводоканал існує з 1869 р. і за об'ємами води, що подається, посідає третє місце в Україні. Централізоване водопостачання м. Дніпропетровськ здійснюється з поверхневих вод р. Дніпро. Для цього використовують два поверхневі водозабори: Кайдакський (проектна потужність250 тис. м^3/добу) і Ломівський (проектна потужність 100 тис. м^3/добу). Близько 250 тис. м^3/добу місто споживає (купує) з Аульського водозабору (джерело водопостачання міст Дніпродзержинськ, Новомосковськ, Верхньодніпровськ та ін.).

На балансі водоканалу знаходиться близько 3000 км водопровідних мереж, більша частина перебуває в аварійному стані.

Якість води, що відбирається поверхневими водозаборами, не задовольняє вимог екологічної безпеки, тому для потреб міста планувалось як резервне джерело використовувати Орельський водозабір підземних вод (було пробурено 80 експлуатаційних свердловин). Проте через високу концентрацію заліза і марганцю в підземній воді від цих планів відмовились.

Основними проблемами, що зумовлюють негативний стан водозабезпечення міста питною водою, є такі:

- значне забруднення води р. Дніпро, спричинене техногенним навантаженням підприємств регіону (стічні води), наявністю гідротехнічних споруд, які сповільнюють течію і погіршують водообмін;
- зношеність водопровідних систем, що досягає 75 %, зумовлює величезні втрати води (35 %), підвищує ймовірність вторинного забруднення водопровідної води;
- недостатній обсяг фінансування ремонтних робіт;
- застарілі технології очищення води;
- значний ступінь зношеності (понад 60 %) очисного устаткування Кайдакської і Ломівської очисних споруд, через що забруднювальні речовини потрапляють у воду;
- необхідність модернізації систем очищення (фільтрів);

• розташування Кайдакського водозабору нижче за течією від місця скиду стічних вод м. Дніпродзержинськ — крупного промислового міста, супутника м. Дніпропетровська.

Донецьк.

Централізоване господарсько-питне водопостачання Донецької області (близько 80 %) здійснюється з гідрологічного комплексу (р. Сіверський Донець — канал Сіверський Донець — Донбас — резервні водойми), а також Вільхівського, Волинцівського, Грабівського і Старокримського водосховищ. Близько 20 % води, що споживається, забезпечуються підземними водами, джерела яких розподілені вкрай нерівномірно. Основні запаси підземних вод знаходяться в північній частині області і є складовою частиною водних ресурсів басейну р. Сіверський Донець.

Основним джерелом водопостачання м. Донецьк є канал Сіверський Донець-Донбас, що знаходиться на території Краснолиманського району, та Другий Донецький водозабір, який експлуатує верхньокрейдяний та алювіальний водоносні горизонти.

У південній частині, де розміщені основні підприємства вуглевидобутку, необхідність шахтного водовідливу призвела до практично повного знищення запасів підземних вод, придатних для застосування в системі централізованого водопостачання, а неконтрольоване скидання мінералізованих шахтних вод у природні водойми — до підвищення рівня мінералізації джерел поверхневих вод. Вода, що використовується, має показники, які характеризують її як низькоякісну (надмірні твердість і мінералізація, значна концентрація нітратів, вміст сполук амонію).

Основними проблемами водозабезпечення і водопостачання міста є такі:

• високі енергозатрати на транспортування води;

• необхідність модернізації та оновлення водоочисної станції;

• катастрофічний стан каналу Сіверський Донець-Донбас;

• складна гідрогеологічна ситуація в регіоні;

• незадовільна якість поверхневих і підземних вод через техногенне забруднення;

• зношеність водопровідних і каналізаційних мереж, через що втрачається до 60 % води;

• значна водоємність промислових підприємств;

• дефіцит водних ресурсів та нестача їх джерел;

• необхідність вивчення можливості використання альтернативних джерел водопостачання (наприклад очищених шахтних вод).

Житомир.

Питне водопостачання м. Житомир (близько 100 тис. $м^3$/доба) організоване з поверхневих вод і здійснюється водозабором з водосховища «Відсічне», що на р. Тетерів. Водосховище побудоване у 1976 р. в районі с. Тетерівка, вище за течією від Житомира. Об'єм води в ньому близько 17 млн $м^3$; за час існування воно замулилось і наразі потребує очищення та реконструкції.

Основними проблемами водозабезпечення і водопостачання міста є такі:

• недостатня водність р. Тетерів у засушливі роки;

• невідповідність якості води в р. Тетерів санітарним нормам (за вмістом мангану, заліза, кольоровістю);

• значні втрати води через зношеність (до 70 %) водопровідних мереж міста;

• використання на водоочисній станції м. Житомир, що запроектована в 1980-ті роки, одноступеневої системи очищення, якої недостатньо, враховуючи сучасні екологічні і водогосподарські умови;

• технологічна недосконаліть водоочисної станції, яка технологічно не спроможна забезпечити ефективне очищення всієї кількості води, необхідної місту.

Запоріжжя.

Джерелом водопостачання м. Запоріжжя є р. Дніпро вище греблі. Дві водозабірні та очисні споруди розміщені на обох берегах Дніпра. Загальна потужність водозаборів — 510 тис. м^3/доба.

Для отримання води питної якості в місті застосовують традиційні методи очищення: хлорування, коагуляцію, відстоювання, фільтрування.

Довжина водопровідних мереж міста становить близько 2520 км, з них 640 — в аварійному стані і потребують негайної заміни. Із 920 км каналізаційних мереж 220 також потребують заміни.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

• забруднення води р. Дніпро промисловими і побутовими відходами;

• вторинне забруднення питної води внаслідок зношеності водопровідної мережі;

• необхідність капітального ремонту водопровідних мереж та суміжного обладнання.

Івано-Франківськ.

Централізована система водопостачання та водовідведення м. Івано-Франківськ формується понад 100 років. Наразі основними джерелами водопостачання м. Івано-Франківськ є поверхневі води річок Бистриця Надвірнянська і Бистриця Солотвинська.

Проектна потужність водозабору на р. Бистриця Надвірнянська (Надвірнянський водозабір збудований 1977 р.) становить близько 50 тис. м^3/доба, водозабору на р. Бистриця Солотвинська (Солотвинський водозабір збудований 1985 р.) — 40 тис. м^3/доба. Обидва водозабори знахо-

дяться на значних відстанях від міста — відповідно 8 та 20 км.

Питна вода очищається на Черніївському комплексі водоочисних споруд у с. Черніїв.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

• погіршення якості води у природних джерелах та її повторне забруднення в системах водопостачання;

• значні втрати води (перебої у водопостачанні), збільшення її собівартості через інтенсивне старіння і зношення систем подачі й розподілу води;

• зниження продуктивності, надійності та економічності централізованих систем водопостачання;

• забруднення стічними водами навколишнього середовища, що трапляється у процесі експлуатації водопроводів та каналізаційних мереж.

Київ.

Водопостачання м. Київ та приміської зони здійснюється з трьох джерел: двох поверхневих — річок Дніпро, Десна і підземного — водоносних горизонтів (переважно сеноманського та юрського). Крім того, в місті є понад 200 джерел децентралізованого водопостачання (бювети, колодязі).

Забір, підготовку і подачу води в мережу міського водопроводу здійснюють водопровідні станції загальною встановленою виробничою потужністю 2 млн 120 тис. м^3, у тому числі Дніпровська водопровідна станція (знаходиться на правому березі, на 3,5 км нижче від греблі Київської ГЕС) — 600 тис. м^3/доба, Деснянська — 1 млн 80 тис. м^3/доба (найбільша в Україні), споруди артезіанського водопроводу — 440 тис. м^3/доба.

Найбільше практичне та еколого-захисне значення для централізованого господарсько-питного водопостачання Києва мають сеноман-келовейський та байоський (середня юра) водоносні комплекси, що експлуатуються з кінця XIX

ст. За час експлуатації максимальний водозабір із цих водоносних горизонтів зафіксовано у 1981 р. — 515 тис. м^3/доба. Наразі сумарний водовідбір підземних вод досягає 300 тис. м^3/доба.

За екологічної ситуації, що склалася внаслідок антропогенного забруднення навколишнього середовища, особливо після Чорнобильської катастрофи, постала проблема розширення підземного водопостачання населення Києва з найбільш захищених водоносних горизонтів (сеноманський, юрський).

Основними проблемами водопостачання та водозабезпечення міста є такі:

- складність екологічної ситуації в акваторіях поверхневих джерел централізованого водопостачання — річок Дніпро, Десна;
- наявність радіоактивного мулу на дні Київського водосховища, що створює потенційну небезпеку для Дніпровського водозабору під час підвищених повеней або аварійних скидів води;
- зростаюча кількість стічних вод міст, що розташовані вище за течією р. Десна (Новгород-Сіверський, Шостка, Чернігів);
- нераціональні витрати питної води;
- недостатність і застарілість водоощадних та водоочисних технологій;
- зношеність водопровідних мереж, що зумовлює вторинне забруднення питної води;
- зношеність міського колектора та водозабірних станцій;
- катастрофічний стан каналізаційних очисних споруд (Бортницька станція аерації), застарілість технологій очищення стоків;
- катастрофічна кількість відходів на мулових полях Бортницької станції аерації;

- обмежене використання підземних вод для централізованого водопостачання міста;
- необхідність застосування сучасного обладнання й матеріалів у водопровідному господарстві;
- нераціональне перспективне планування водогосподарства міста.

Кіровоград.

Водопостачання м. Кіровоград організоване з поверхневої дніпровської води, що за 116 км подається водогоном Дніпро-Кіровоград (щодоби постачає 45-50 тис. м^3 води), та підземних вод (щодоби видобувається близько 10 тис. м^3 води), джерелом яких є бучацькі відклади, вода готується водозаборами Лелеківським (37 свердловин) і «Холодні ключі» (17 свердловин з яких 6 — робочі). Використання для централізованого водопостачання міста підземних вод іншими водозаборами з 1976 р. припинене через незадовільну якість води (наднормативний вміст заліза, мангану).

Основними проблемами водопостачання та водозабезпечення міста є такі:

- підвищений вміст заліза у питній воді Лелеківського водозабору та підвищений показник твердості води водозабору «Холодні ключі», що потребує водопідготовки;
- відсутність каналізації в частині районів міста (Лелеківка, Ст. Балашівка, Масляниківка, Анурово, Завадівка, Балка, Кущівка);
- застарілі технології водоочищення (хлорування);
- велика заборгованість підприємства.

Луганськ.

Водопостачання м. Луганськ здійснюється з підземних джерел трьома міськими і трьома позаміськими водозаборами (Кондрашівським, Айдарським, Петрівським), що знаходяться на значній відстані від міста, за р. Сіверський Донець. Водопостачання організоване на умовах концесії

ТОВ «Луганськвода», що входить до складу російської групи компаній «Росводоканал».

Хімічний склад підземних вод, що видобуваються в межах м. Луганськ, характеризується мінералізацією, що перевищує нормативну — 1000 мг/л, наднормативним показником твердості — 12 одиниць, високим вмістом карбонатів. Окрім того, підземна вода в Луганську не відповідає нормативним вимогам за вмістом загального заліза, сульфатів, органолептичними показниками.

В Луганську впроваджено такі методи підвищення якості та очищення води, як використання піщано-гравійних фільтрів, відстійників, хлорування. Крім того, змішуванням підземної води, видобутої у межах міста, з підземною водою заміських водозаборів водопостачальна організація намагається поліпшити якість води.

Показники якості питної води в м. Луганськ тісно пов'язані з регіональною специфікою, а саме, наявністю близько 1500 екологічно небезпечних підприємств і організацій вугільної, металургійної, машинобудівної, хімічної і нафтохімічної промисловості, енергетики.

Через закриття вугільних підприємств у багатьох шахтах відновлюються рівні шахтних вод, що призводить до підтоплення територій, електро-хімічного кородування водопровідних і каналізаційних мереж, довгострокового збільшення водних втрат із них.

Лише 8 % стічних вод м. Луганськ можна вважати очищеними, великої шкоди місцевим ресурсам питних вод щодо вмісту шкідливих речовин завдає еколого-технологічна недосконаліть комунального господарства.

Якщо вода після очищення комунальними службами і відповідає встановленим нормативам, то після проходження водопровідною мережею міста вона отримує вторинне забруднення і надходить у квартири мешканців міста непридатною для споживання.

Зношеність водопровідних мереж у місті наближається до 90 %: водопровідні мережі потребують капітального ремонту й заміни. Через зношеність водопроводів, що зумовлює погіршення якості питної води, втрачається значна кількість води, а до водопровідних мереж надходять забруднені каналізаційні та шахтні води. На вологих поверхнях труб через постійні аварійні відключення розвиваються синьозелені водорості і мікроорганізми, здатні викликати кишкові інфекції. Від кишкових захворювань мешканців Луганська рятує високий вміст хлору у водопровідній воді (гіперхлорування), що, у свою чергу, є також шкідливим і небезпечним для організму людини. Для мінімізації ризику захворювання рекомендуються обов'язкове кип'ятіння води перед споживанням та використання її локального очищення.

Основними проблемами централізованого водопостачання міста є такі:

- інтенсивне забруднення водозаборів підземних вод через високу концентрацію промислових об'єктів і значне антропогенне навантаження, що зумовлює погіршення показників якості води, підвищення показників загальної мінералізації і твердості;
- фізичне і моральне старіння водогінних мереж, що призводить до значної кількості проривів на водогінних мережах, довгострокового збільшення втрат води з водопровідних мереж (близько 60 %);
- енергоємне транспортування води через велику віддаленість джерел водопостачання (до 250 км) і значний перепад висот (50-300 м);
- наявність територій з відсутністю цілодобового водопостачання.

Шляхами розв'язання проблем питної води в Луганську можуть бути поступовий капітальний ремонт водоводів; використання привізної води; застосування побутових систем очищення води.

Луцьк.

Водозабезпечення потреб м. Луцьк здійснюється з підземних вод, що видобуваються двома підземними водозаборами Луцького родовища (Дубнівським і Омелянівським), на які в структурі водозабезпечення припадає 99 %, та з поверхневих вод р. Стир (1 %). Дубнівський водозабір є груповим, у його межах виділяються ділянки Дубнівська, Новодубнівська, Східна, Південно- Східна, Вербаїво-Лучицька. Крім цих джерел водопостачання в 1996 р. завершена підготовка до експлуатації Гнідавського водозабору, що не експлуатується в зв'язку з повним забезпеченням потреб міста Дубнівським і Омелянівським водозаборами. Вербаїво-Лучицька ділянка не експлуатується через незадовільний хімічний склад води (вміст аміаку близько 6 мг/л за ГДК 2 мг/л).

Основним цільовим водоносним горизонтом є горизонт у мергельно-крейдяних відкладах верхньокрейдяного віку, що характеризуються високими фільтраційними параметрами. Дебіт свердловин становить 15-35 л/с за зниження рівня на 3-10 м. Якість підземних вод загалом добра, проте в них дещо підвищений вміст заліза і замало йоду, тому серед заходів з водопідготовки необхідні додаткові витрати на йодування і знезалізнення. Підземні води відносно добре захищені.

Після введення в дію Дубнівського й Омелянівського водозаборів частка підземних вод у структурі водопостачання м. Луцьк стабільно зростала, а поверхневих — постійно знижувалась. Так, якщо до 1960 р. на річковий водозабір припадало до 85 % обсягу водопостачання, то в 1970 р. — 30, в 1980 — 8, в 1996 — 3, в 2000 — 0,86 %. Наразі річковий водозабір використовують як джерело технічних вод для забезпечення потреб підприємства «Луцькводоканал».

Серед галузей водоспоживачів основними є промисловість (транспортна і енергетична галузі), сільське господарство (у тому числі зрошуване землеробство) за межами міс-

та, комунальне господарство. Багато приміських сіл забезпечуються водою з міського водопроводу (Крупа, Підгайці, Рованці, Струмівка, Великий та Малий Омеляник, Маяки, Милуші). Останнім часом водопровідну воду використовують для поливу дачних ділянок у межах міста та околиць (у тому числі несанкціоновано освоєних). Крім промисловості і комунального господарства вагомий внесок у зниження якості водних ресурсів роблять такі об'єкти, як військовий аеродром і авіаремонтний завод.

Стоки на міські каналізаційні очисні споруди подають 11 каналізаційних насосних станцій, мережа станцій та каналізаційних колекторів охоплює все місто, потребує переоснащення та капітального ремонту.

Стічні води з каналізаційного колектора подаються на міські каналізаційні очисні споруди, що експлуатуються з 1970 р. і знаходяться на відстані 2 км на північний захід від міста, на території с. Ліпляни. Очищені стічні води скидаються в р. Стир.

Для водозабезпечення м. Луцьк характерні ті ж проблеми, що й для інших міст України: виснаження водних джерел, зниження якості води у них, об'єктивна необхідність підвищення екологічної безпеки водокористування.

Спільними проблемами водокористування м. Луцьк та інших міст є: зменшення обсягів водозабору і водовідведення, починаючи з 1992 р., фізична зношеність та аварійність водогосподарських споруд, хронічний дефіцит коштів для підтримання в належному стані комплексу інженерних комунікацій, будівництва нових об'єктів, стабільне відставання від передового інженерно- технологічного досвіду тощо.

Специфічною проблемою водокористування є існування в межах окремих частин міста роздільної системи каналізування комунальних стічних вод і стоків з міської тери-

торії (дощових, талих, поливо-мийних). В одних районах міста ці стоки відводяться окремо (в річки Сапалаївка, Стир, Жидувка), в інших — спільно, в деяких — каналізація дощового стоку взагалі відсутня

Львів.

Система водопостачання м. Львів розвивається з 1901 р. Географічне розташування міста (на хребті Європейського вододілу) обумовлює його водопостачання виключно підземними водами, які видобувають 17 водозаборів сумарною проектною потужністю близько 450 тис. м^3/доба, що розміщені на відстані від 20-110 км від міста. Загальна кількість свердловин становить понад 180 шт., глибина окремих свердловин досягає 250 м. Видобута на водозаборах вода подається в місто по магістральних водогонах завдовжки 655 км, діаметром до 1400 мм.

Значний перепад абсолютних позначок у м. Львів (амплітудою до 120 м) визначає необхідність роботи 27 насосних станцій 2-, 3-, 4-го підйомів, термін експлуатації яких становить від 20 до 100 років, а також 23 локальних насосних станцій підкачування. Загальна місткість резервуарів чистої води — понад 200 тис. м^3. Протяжність міської розподільної мережі Львова для вуличних водопровідних мереж — 850 км, для внутрішньоквартальних і внутрішньо-дворових мереж — 245 км.

Станом на 01.01.2009 р. 3% львів'ян цілодобово користувались послугами водопостачання (мешканці першого-другого поверхів будинків усього міста), 50% отримували воду за розширеним графіком — 18 годин на добу (Галицький, Залізничний, Франківський, Сихівський і частково Шевченківський райони), 11% — за графіком 8-12 год на добу (Личаківський і, частково, Шевченківський райони).

Водопостачання міста характеризується такими особливостями:

- відсутність джерел водопостачання в межах міста або поблизу міста;
- висока енергозатратність виробничих процесів;
- складний рельєф міста, що ускладнює експлуатацію систем водопостачання і каналізації;
- незадовільний стан міських мереж, більшість яких перебуває в аварійному стані (76% міських мереж знаходяться в незадовільному технічному стані; щорічно на водопровідних мережах міста ліквідовується понад 5 тисяч випадків витоку води);
- подача води у багатьох районах міста здійснюється за графіком;
- наявність заборгованості населення за спожиті послуги, що впливає на техніко-економічні показники роботи міського водоканалу.

Питання цілодобового забезпечення міста питною водою можна вирішити зонуванням міської водопровідної мережі за тиском, що дасть змогу зменшити водні витрати і оптимізувати постачання води в різні мікрорайони міста.

Якісний склад підземних вод для водопостачання характеризується підвищеною жорсткістю, обумовленою наявністю солей кальцію та магнію, які не шкодять здоров'ю людини, однак створюють певні побутові незручності, оскільки на стінках труб, посуду утворюється значна кількості осаду.

Методами водопідготовки питної води є знезараження та очищення, а саме хлорування і знезалізнення. Способи очищення стоків — традиційні: механічний, бактеріологічний, хімічний.

Миколаїв.

Основним джерелом водопостачання м. Миколаїв є поверхневі води р. Дніпро, вода з якої подається водоводом Дніпро-Миколаїв (продуктивність 280 тис. м^3/доба) та з Жовтневого водосховища (30 тис. м^3/доба).

Водогін Дніпро-Миколаїв завдовжки близько 73 км проходить територією Херсонської області. Жовтневе водосховище заповнюється водами річок Інгулець і Дніпро по магістральному каналу Інгулецької зрошувальної системи, тому на якість питної води значно впливають шахтні та стічні води Кривбасу.

На території м. Миколаїв експлуатується також 71 артезіанська свердловина, воду яких використовують для побутово-питних цілей понад 15 тис. мешканців. Підземна вода за сухим залишком, твердістю, вмістом сульфатів, хлоридів у 2-3 рази перевищує вимоги нормативу до якості питної води.

Загальна протяжність водопровідних мереж міста — близько 1050 км, з них застарілими та в аварійному стані є близько 10%, каналізаційних мереж — 640 км, з них в аварійному стані — близько 20%. Система водопровідно-каналізаційних трубопроводів за рівнем зношеності і водних втрат потребує капітального ремонту, оскільки термін експлуатації деяких мереж перевищує 50 років.

Технологічна схема очищення води складається з таких стадій очищення та обробки: фільтрування, коагулювання, знезараження, відстоювання. Очищена на швидких фільтрах вода надходить у резервуари чистої води. За загальним станом очисних споруд водоканалу їх виробничий ресурс повністю вичерпаний — загальна зношеність становить близько 50 %.

Середньодобове споживання води містом — близько 170 тис. м^3/доба, з яких 80% споживає населення (централізованим водопостачанням користується близько 83 % населення м. Миколаїв).

Основними проблемами централізованого водопостачання населення міста є такі:

- моральна і фізична зношеність очисних споруд — з часу введення в експлуатацію (1979) вони не реконструювались і не модернізувались;

- зростання кількості локальних руйнувань водопровідних і каналізаційних мереж через їх зношеність, що призводить до збільшення кількості аварійних ситуацій, погіршення якості послуг, що надаються;
- втрати очищеної питної води в мережах досягають 35% загального водоспоживання, внаслідок чого активізувались процеси корозії та підтоплення прилеглих територій;
- незадовільний стан (замулення) Жовтневого водосховища, що зумовлює погіршення якості води й необхідність її додаткового очищення.

Одеса.

Централізоване водопостачання м. Одеса здійснюється розгалуженою водопровідною мережею і організоване Дністровським водоводом. Щодоби в систему водопостачання подається близько 850 тис. м^3 води, з яких населення споживає близько 70 %. При цьому зберігається дефіцит води, що особливо відчутно в літній період.

Водозабірна станція «Дністер», на якій проводять водоочищення і водопідготовку, знаходиться на відстані близько 40 км від м. Одеса.

Крім поверхневих вод у місті також експлуатується верхньо-сарматський водоносний горизонт, що містить слабосолонуваті води з мінералізацією 3,0-3,5 г/л. Після водопідготовки їх використовують для децентралізованого водопостачання у міських бюветах.

Встановлено, що поверхневі і підземні води в м. Одеса за вмістом фтору (> 0,2 мг/л) не відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 (0,7-1,2 мг/л). Дефіцит фтору потребує обґрунтування еколого-економічної та соціальної значущості фторування питних вод як засобу профілактики карієсу зубів серед населення.

Основними проблемами водопостачання і водозабезпечення міста є такі:

• підвищений і зростаючий у часі рівень забруднення вод р. Дністер, а також транскордонний характер його стоку (Республіка Молдова), що погіршує еколого-техногенну безпеку питно-господарського водопостачання;

• дефіцит водних ресурсів у регіоні;

• застарілі технології водоочищення (хлорування), необхідність оптимізації хімічного складу питних вод;

• необхідність модернізації методів знезараження води;

• вторинне забруднення водопровідної води каналізаційними стоками, що надходять у результаті витоків із водопровідних мереж;

• дослідження цього питання і впровадження систем водозабезпечення підземними водами.

Полтава.

Полтава — одне з небагатьох міст України, де централізоване водозабезпечення на 100 % здійснюється підземними водами. Цільовим водоносним комплексом є альб-сеноманський, що експлуатується свердловинами глибиною 600-800 м.

Видобуток підземних вод становить близько 250 л на одного мешканця за добу, з яких раціонально використовується лише 150 л/доба (60 %).

Підземна вода, що видобувається для водозабезпечення міста, має добру якість — водоносний комплекс надійно захищений від зовнішніх забруднень.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

• висока зношеність водопроводів і водопостачального обладнання;

• підвищені наднормативні показники сухого залишку, вмісту фтору, хлоридів, заліза, що потребує контролю та вжиття відповідних заходів із водопідготовки.

Рівне.

Водозабезпечення м. Рівне організоване підземними водами з верхньокрейдяного, валдайського та горбашівського

водоносних горизонтів. Кількість свердловин, що використовуються для водопостачання — 107.

Загалом для водопостачання міста експлуатується 5 водозаборів потужністю від 10 до 50 тис. $м^3$/доба. Основним водозабором, що забезпечує місто питною водою, є Горбаківський, який знаходиться у Гощанському районі Рівненської області в заплаві р. Горинь (дає ~ 80 % обсягу питної води міста) на відстані близько 30 км від міста. Його потужність — 50 тис. $м^3$/доба.

Загальна протяжність водогонів та водопроводів розподільної мережі міста, що транспортують воду до місць споживання — відповідно 210 і 390 км. Питна вода очищується на станціях знезалізнення.

Близько 70 % стічних вод м. Рівне перекачують на очисні споруди ВАТ «Рівнеазот».

Особливістю гідрохімічного стану питних вод міста є дефіцит фтору. За інформацією Державної санітарно-епідеміологічної служби Рівненської області, вміст фтору в воді (до 0,2 мг/л) не відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Основними проблемами і особливостями водопостачання та водовідведення міста є такі:

• недостатня потужність і аварійний стан каналізаційних очисних споруд;

• аварійний стан транзитних напірних колекторів загальною протяжністю 36 км, по яких дві третини стоків міста транспортується під високим тиском на очисні споруди ВАТ «Рівнеазот»;

• негативні зміни еколого-гідрогеологічних умов унаслідок надмірного водовідбору з горбашівського водоносного горизонту (зниження рівнів води у водоносних горизонтах, переосушення торфовищ у заплаві р. Горинь, зневоднення сільгоспугідь, поява просадних тріщин на поверхні ґрунту,

часткове осушення ґрунтового горизонту, зникнення питної води в колодязях);

- відсутність стаціонарних знезаражувальних та знезалізнювальних установок;
- незадовільна охорона санітарно-захисних зон суворого режиму;
- часті аварії водопровідної мережі в зв'язку з фізичним зношенням;
- необхідність фторування води.

Сімферополь.

Джерелами водопостачання різних районів м. Сімферополь є чотири наливні водосховища: Міжгірське, Аянське, Сімферопольське, Партизанське.

Вода в Аянське водосховище надходить з Аянського джерела, в Сімферопольське – з р. Салгір, в Партизанське – з р. Альма, в Міжгірське — з Північнокримського каналу.

Загальна протяжність водопровідних мереж у місті понад 700 км.

Основними еколого-ресурсними і техногенними проблемами водозабезпечення і водопостачання міста є такі:

- відсутність альтернативних джерел водопостачання (підземних вод);
- зношеність водопровідних мереж міста, що досягає 60 %;
- перебої у водопостачанні та забруднення води через зношеність водопроводів;
- забрудненість дніпровської води (вміст пестицидів, нафтопродуктів, поверхнево-активних речовин тощо), яка надходить з Північно-кримського каналу в Міжгірське водосховище, що є наслідком впливу господарської діяльності у басейні р. Дніпро;
- незадовільний еколого-технологічний стан Північнокримського каналу через нестабільний режим експлуатації

(погіршення гідравлічних параметрів, величезні втрати води при транспортуванні, підтоплення територій, засолення навколишніх ґрунтів);

- аварійний стан інженерно-гідрологічних споруд;
- побутові забруднення р. Салгір, ландшафтно-геохімічне забруднення водозахисної зони побутовим сміттям;
- погіршення органолептичних характеристик води в період паводків;
- недосконаліть систем очищення питної води (хлорування), що застосовуються для очищення від природних забруднень;
- погодинне водопостачання в окремі райони через дефіцит водних ресурсів, що погіршує гідравлічний режим мереж, пришвидшує їх корозійне зношення внаслідок внутрішнього надходження кисню.

Суми.

Водопостачання м. Суми здійснюється виключно підземними водами. Із 88 артезіанських свердловин загальною потужністю 96 тис. м^3/доба, що використовуються для водопостачання, у 37 свердловин (49 %) закінчився строк експлуатації. Із 51 свердловини, що залишились у стані експлуатації, 25 облаштовані на мергельно-крейдяний водоносний горизонт, 22 — на сеноман-нижньокрейдяний, 4 — на юрсько-тріасовий.

Постачається місто водою із 6 водозаборів. Лепехівський водозабір знаходиться на західній околиці м. Суми, у долині р. Сумка — правої притоки р. Псел. Його продуктивна потужність близько 20 тис. м^3/доба. Пришибський водозабір побудований на південно-східній околиці міста на лівобережжі р. Псел, на першій заплавній і другій надзаплавній терасах. Продуктивна потужність водозабору близько 25 тис. м^3/доба, проектна — 30 тис. м^3/доба. Лучанський водозабір

займає ділянку на північно-східній околиці міста на правому березі р. Псел, що обмежує його територію з трьох боків. Продуктивна потужність водозабору близько 22 тис. м^3/доба, проектна — 30 тис. м^3/доба. Новооболонський водозабір розташований на південно-західній околиці міста вздовж русла р. Стрілка — притоки р. Сумка. Потужність водозабору 20 тис. м^3/доба, проектна — 24 тис. м^3/доба. Тополянський водозабір наближений до північно-західної околиці міста у районі другої тераси правобережжя р. Псел. Продуктивна потужність водозабору близько 15 тис. м^3/доба, проектна 29,6 тис. м^3/доба. Токарівський водозабір знаходиться на східній околиці м. Суми між селами Василівка і Токарі, в районі другої надзаплавної тераси р. Псел. Продуктивна потужність водозабору на рівні проектної — 35 тис. м^3/доба.

Близькість Курської магнітної аномалії зумовлює понаднормативний вміст заліза в підземній воді, що призводить до погіршення її смакових якостей, проблем при використанні води в побуті тощо. Однак головна проблема — високий вміст заліза у воді посилюється через незадовільний стан міської водопровідної мережі. Для ефективного вирішення проблеми якості води необхідно впровадити технологію знезалізнення та контроль якості води на всіх етапах водопостачання.

Протяжність водопровідної мережі в місті становить близько 520 км (у тому числі застарілої й аварійної — 190 км, або 36 %), серед них 300 км експлуатуються понад 25 років, що впливає на якість питної води (підвищений вміст заліза, збільшена каламутність).

Основними проблемами централізованого водопостачання та водовідведення міста є такі:

- незадовільний екологічний стан джерел питного водопостачання;
- незадовільний технічний стан основних фондів підприємства водопостачання;

- недостатнє фінансування розвитку та реконструкції централізованих систем водопостачання та водовідведення;
- високі питомі витрати матеріальних та енергетичних ресурсів під час виробництва і надання послуг;
- недосконалі технології очищення питної та стічних вод;
- низька якість обслуговування населення;
- недосконале ціноутворення у галузі.

Тернопіль.

Централізоване водопостачання в м. Тернопіль почали впроваджувати з 1947 р. На сьогодні джерелом питного водопостачання міста є виключно підземні води, які видобувають із верхньокрейдяного водоносного горизонту. Для потреб промислових підприємств частково використовують також поверхневі води (р. Сірет).

Підземні води видобувають два водозабори: «Тернопільський» (потужністю 27 тис. м3/доба), що розташований у с. Біла на відстані близько 2,5 км від міста, та «Верхньоівачівський» (проектною потужністю 85 тис. м^3/доба) у с. Горішній Івачів, що знаходиться приблизно за 35 км від міста. Щодоби місто споживає 87 тис. м^3 води. Протяжність водопровідних мереж у межах міста становить ~ 340 км.

Особливістю гідрогеохімічних умов підземних вод верхньокрейдяного водоносного горизонту є підвищений вміст заліза. Для очищення питної води і приведення її до нормативних вимог застосовують систему фільтрів, хлораторні для знезараження води, насосні станції для подачі води в місто та станцію знезалізнення води на водозаборі «Тернопільський» (на Верхньоівачівському водозаборі установки знезалізнення відсутні).

Основними еколого-техногенними проблемами водопостачання міста є такі:

• системно-аварійний стан водопровідних мереж, необхідність їх заміни;

• підвищений вміст заліза у воді цільового водоносного горизонту, що зумовлює необхідність її знезалізнення;

• розміщення в зоні Верхньоівачівського водозабору (на відстані близько 1 км) звалища побутових відходів міста.

Ужгород.

Централізоване водопостачання м. Ужгород питною водою з підземних та поверхневих джерел забезпечують 2 водозабори. Загальна потужність системи водопроводу — 65 тис. м^3/доба.

Поверхневий водозабір деривaційного каналу р. Уж розташований у межах міста, подає питну воду в правобережну його частину. Складається з комплексу трьох насосно-фільтрувальних станцій сумарною потужністю 37 тис. м^3/доба.

Минайський водозабір підземних вод (потужністю 30 тис. м^3/доба) знаходиться в районі сіл Холмок, Розівка, Коритняни Ужгородського району, забезпечує водою лівобережну частину міста, складається з 22 артезіанських свердловин.

Підземна вода має високі жорсткість і мінералізацію.

Протяжність водопровідних мереж міста становить близько 285 км.

Основними еколого-ресурсними та технологічними проблемами міста щодо водозабезпечення та водопостачання є такі:

• забрудненість р. Уж як поверхневого джерела водопостачання;

• незадовільний стан розподільних мереж водопроводу, каналізаційних мереж, насосних станцій (основні фонди зношені більш як на 50 %);

• втрати питної води, вторинне забруднення питних вод;

• застарілість технологій водопідготовки як фізична, так і моральна (не розраховані на вилучення багатьох речовин техногенного походження);

• хлорування води, що не відповідає сучасним вимогам оскільки призводить до вторинного забруднення (утворення хлорофенольних та органохімічних сполук);

• необхідність реконструкції станцій очищення питної води;

• подача води в певні частини міста за погодинним графіком.

Харків.

Для водозабезпечення м. Харків та інших населених пунктів Харківської області використовують три незалежні джерела, два з яких знаходяться на значній відстані від міста:

• р. Сіверський Донець із Печенізьким водосховищем (383 млн м^3) — на відстані 40 км від міста — 74,1 % загальної подачі води;

• канал Дніпро-Донбас із Краснопавлівським водосховищем (близько 410 млн м^3) — на відстані 140 км від Харкова — 23,5 % загальної подачі води;

• підземні води з артезіанськими свердловинами глибиною 80-800 м, розташовані в м. Харків та Харківській області — 2,4 % загальної подачі води.

Режим подачі та розподілу води підтримують 97 насосних станцій, середньодобова подача води споживачам становить близько 650 тис. м^3/доба.

Технологічна схема подачі води організована так, що водопостачання мешканців області здійснюється як безпосередньо від магістральних водоводів у м. Харків, так і через систему подачі і розподілу.

На випадок надзвичайних ситуацій передбачено взаємне резервування водопостачання суміжних зон.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

- незадовільна якість води у поверхневих джерелах водопостачання (зокрема у р. Сіверський Донець перевищені ГДК за вмістом нафтопродуктів, важких металів, у воді наявні отрутохімікати, пестициди, якість води не відповідає нормативу за мікробіологічними показниками тощо);
- незадовільна якість води, що надходить із комунальних водопроводів (наявність збудників паразитних захворювань, вірусу гепатиту А тощо), що пояснюється їх зношеністю до 60 %;
- незадовільна якість води у колодязях;
- застарілі технології очищення води, яку знезаражують хлоруванням (Харківщина — одна з трьох областей України, де виявлено найвищі рівні хлороформу в питній воді).

В Харкові широко впроваджують у практику продаж фасованої питної води, видобутої з підземних водоносних горизонтів.

Херсон.

Постачають м. Херсон водою з підземних джерел, основним з яких є водоносний горизонт у відкладах верхнього сармату.

Загальна кількість водозабірних свердловин — 151 (завглибшки від 80 до 100 м), із них діючих — близько половини (реально працюють у кілька разів менше).

Загальна протяжність водопровідних мереж у місті становить близько 820 км, мереж каналізації — 284 км.

У місті комунальні служби та приватні компанії нерегульовано експлуатують водозабірні артезіанські свердловини: інтенсивний водовідбір зумовив перетікання некондиційних за мінералізацією вод із вищезалягаючого понтичного водоносного горизонту. В результаті погіршилась якість питної води експлуатаційного горизонту у відкладах сарматського ярусу неогену: в окремих свердловинах мінералізація досягає 4,2 г/л.

Слід зазначити, що понтичний водоносний горизонт до кінця 1960-х років використовувався для скидання побутових і господарсько-фекальних вод. Некондиційні води перетікають у водоносний горизонт верхнього сармату по позатрубному простору покинутих свердловин і свердловин, що вийшли з ладу. Внаслідок порушення гідродинамічних умов та зростання техногенної уразливості вод сарматського горизонту тип підземних вод змінився з гідрокарбонатно-хлоридного магнієво-натрієвого на хлоридно-сульфатний натрієво-магнієвий.

Характерною особливістю підземних вод, що використовуються для водопостачання м. Херсон, є підвищений вміст азотистих сполук — в окремих свердловинах вміст нітратів досягає 250 мг/л (за норми — 45 мг/л).

Значне забруднення підземних вод азотовмісними сполуками пов’язане з діяльністю Херсонського морського порту.

Фактичний річний обсяг водовідбору по місту становить близько 42 млн м^3 (115 тис. м^3/доба), з яких 38 млн м^3 (104 тис. м^3/доба) — з підземних джерел, 4 млн м^3 (11 тис. м^3/доба) — з поверхневих.

Еколого-ресурсний стан водних об’єктів і технологічна база комунальної служби міста неспроможні забезпечити населення Херсона якісною питною водою. За класом вода, що використовується для водопостачання міста, через високий вміст у ній солей, належить до технічної, тобто непридатної до вживання як питна.

Основними проблемами водопостачання та водовідведення міста, а також причинами, що зумовлюють постачання води низької якості, є такі:

- порушення технології водопостачання;
- необхідність тампонажу певних водозабірних свердловин через подачу некондиційних вод або незадовільний санітарно-технічний стан;

• необхідність еколого-технологічної реконструкції діючих водозаборів (зміна схеми розміщення, конструкцій свердловин та ін.) або введення в експлуатацію нових;

• відсутність умов для ефективної обробки питної води та доведення її якісних показників до вимог чинних нормативів;

• відсутність лабораторій для належного контролю якості води;

• дефіцит питної води, що становить для міста близько 140 тис. м^3/доба, у тому числі з урахуванням об'єму води, що не відповідає вимогам нормативів;

• порушення режиму господарювання в зонах санітарної охорони водозабірних свердловин, що знаходяться на ділянках слабкої захищеності підземних вод (вздовж русла р. Дніпро) у межах приватної забудови, з фільтрувальними вигребами, складуванням побутового сміття біля водозабірних споруд, що зумовлює амонійне і нітратне забруднення;

• через зношеність водопровідної мережі (досягає 70 %) формуються підвищені витоки, у воду надходять шкідливі мікроорганізми і речовини — солі кальцію і магнію, пестициди, важкі метали, нафтопродукти.

Хмельницький.

Централізоване водопостачання м. Хмельницький організоване в основному з підземних вод водоносного горизонту в протерозойських відкладах, що широко розвинені на Поділлі на глибині 60-100 м. Фактична продуктивність водозаборів становить близько 80 тис. м^3/доба. Воду видобувають із п'яти міських та окремого Чернелівського водозабору (за 34 км від міста). Всього експлуатують 80 артезіанських свердловин. Загальна протяжність міських мереж водопостачання — понад 516 км. Чернелівський водозабір забезпечує питною водою 80 % населення міста.

Забір підземних вод для потреб населення та підприємств міста становить близько 24,5 млн м^3 (68 тис. м^3/доба), з поверхневих водойм видобувається близько 0,5 млн м^3 (1,4 тис. м^3/доба). На господарсько-питні потреби використовується близько 22 млн м^3 (60 тис. м^3/доба) водних ресурсів, на виробничі — 2,5 (6,8 тис. м^3/доба), для риборозведення — 0,2 млн м^3 (0,55 тис. м^3/доба). У системах оборотного і повторного використання знаходиться близько 9 млн м^3 води, серед них у системах оборотного водопостачання — 8,5, повторного — 0,3 млн м^3, що не відповідає світовим гідроекологічним нормам.

Якість питної води в місті за основними показниками відповідає чинним в Україні з дозволеними Мінохорони здоров'я відхиленнями за вмістом заліза загального, аміаку та загальної твердості, водночас потужності установок знезалізнення недостатні для їх ефективного функціонування.

Основними проблемами водопостачання міста є такі:

• зношеність водогонів, розподільних мереж, насосного обладнання;

• необхідність дотримання режиму господарської діяльності в зоні санітарної охорони свердловин;

• нагальна потреба добудови другої черги Чернелівського водозабору, що гальмується відсутністю фінансування;

• необхідність удосконалення та впровадження технологій підготовки води на водонасосних станціях другого підйому (знезалізнення та зменшення твердості).

Черкаси.

Водопостачання м. Черкаси здійснюється поверхневими і підземними водами.

Дніпровська водопровідна станція, що забезпечує місто питною водою (близько 115 тис. м^3/доба) розташована на березі Дніпра неподалік села Сокирне на відстані близько 15 км вище за течією від м. Черкаси.

1986 р. з метою забезпечення міста водою на випадок надзвичайних ситуацій (аварія на ЧАЕС та ін.) було споруджено і введено в експлуатацію Вільшанський водозабір потужністю 86 тис. м^3/доба. Водозабезпечення міста підземними водами в об'ємі 21 тис. м^3/доба здійснюють 38 артезіанських свердловин.

Протяжність мережі водоводів у місті становить близько 460 км, каналізаційних мереж — понад 260 км.

Основними проблемами водопостачання та водовідведення міста є такі:

- високий рівень забруднення дніпровської води органічними сполуками як природного, так і антропогенного походження;
- велике енергоспоживання у водогосподарстві;
- зношеність водопровідних і каналізаційних мереж, що зумовлює значні витоки води, вторинне її забруднення в мережах і джерелах водопостачання;
- застарілі технології водоочищення (хлорування).

Чернівці.

Питання забезпечення м. Чернівці питною водою завжди було складним.

Для централізованого водозабезпечення міста питною водою використовують поверхневі води річок Дністер і Прут, підземні води водоносних горизонтів у тортонських і сарматських відкладах. Вода з р. Дністер подається водогоном Дністер-Чернівці протяжністю 45 км з комплексом очисних споруд потужністю 90 тис. м^3/доба.

Протяжність водопровідних мереж міста близько 400 км, каналізаційних — 255 км.

Щоденна потреба м. Чернівці у питній воді — близько 150 тис. м^3. Реальне споживання становить — 50-70 % цього об'єму, що обумовлено проблемами водопостачання, пов'язаними з електропостачанням, матеріальною частиною водогонів, якістю води.

Основними техніко-економічними та еколого-ресурсними проблемами водопостачання міста є такі:

- висока кінцева вартість води внаслідок значних енергетичних та експлуатаційно-технологічних витрат на транспортування водогоном Дністер-Чернівці на відстань 45 км;
- значне антропогенне забруднення поверхневих вод р. Дністер через скидання неочищених стічних вод; надходження забруднювальних речовин із численних промислових об'єктів, сільгоспугідь, населених пунктів у межах його басейну;
- вторинне забруднення очищеної питної води через незадовільний стан водопроводів (зношеність понад 60 %), наявність ділянок їх підтоплення, корозії, регулярні періоди осушення;
- значні втрати води з водогонів, що перевищують 40 %;
- застарілі технології водоочищення та водопідготовки (хлорування);
- необхідність будівництва водозабору, незалежного від р. Дністер (наприклад, на р. Черемош), розширення мережі існуючих водозаборів;
- необхідність нових резервних електрогенерувальних потужностей з використанням місцевих відновлюваних ресурсів.

Чернігів

Джерелом водопостачання м. Чернігів є підземні води. Для їх видобутку в місті функціонує 97 артезіанських свердловин завглибшки 680-760 м, загальною потужністю 130 тис. м^3/доба. Нині 34 свердловини видобувають воду з нижньокрейдяного горизонту (майже 70 % загального обсягу подачі води у місті); 63 свердловини виробили свій термін експлуатації.

Видобуток води в місті досягає 75 тис. м^3/доба.

У міську водопровідну мережу вода надходить з чотирьох насосних станцій другого підйому — Ялівщина (19 тис. м^3/доба), Подусівка (20 тис. м^3/доба), Бобровиця (26 тис. м^3/доба) та Полуботки (12 тис. м^3/доба).

Протяжність каналізаційних мереж в місті становить 300 км.

Якісний склад питної води характеризується низьким вмістом фтору (0,25-0,69 мг/л за норми 0,7-1,5 мг/л), що потребує спеціальних заходів водопідготовки.

Основними еколого-технологічними проблемами водозабезпечення міста є такі:

- необхідність фторування питної води;
- зменшення частки зношених каналізаційних мереж (115 км водопроводів експлуатуються понад 25 років);
- нагальна потреба реконструкції очисних споруд відповідно до сучасних екологічних вимог;
- вторинне забруднення через стан водогонів, що постійно підтоплюються і кородують.

Отже, водопостачання міст — головна складова охорони здоров'я населення, соціально-економічного розвитку та національної безпеки держави. Відставання України від розвинених держав за середньою тривалістю життя населення певною мірою пов'язане зі споживанням ним недоброякісної питної води.

Вибір джерела водопостачання багато в чому визначає характер самої системи, наявність у її складі тих чи інших споруд, і отже, вартість будівництва та експлуатаційні витрати. Розвиток систем водопостачання окремих великих міст України датується початком XX ст., максимальної активності він набув у 1960- 1970-ті роки, коли при виборі основного джерела водопостачання перевагу віддавали поверхневим водам.

Основними водогосподарськими проблемами є надмірне водоспоживання, значні втрати води у розподільних мережах, низька якість та ненадійне функціонування систем водопостачання і каналізації, незадовільні екологічні характеристики систем водозабезпечення і каналізації тощо.

4.10 Проблеми водокористування сільських населених пунктів

Ситуація в Україні з водопостачанням сільських населених пунктів є однією з найгірших у Європі — рівень водопостачання в цілому залишається низьким.

Із 15,7 млн мешканців сільських місцевостей лише 4,1 млн осіб (26 %) забезпечені системами централізованого водопостачання; серед них внутрішній водопровід з уведенням в будинок мають 7,4 %, водовідведення і каналізацію — 4,4, водяне опалення — 8,4, гаряче водопостачання — 0,3, розбірні вуличні колонки — 18,6%.

Серед загальної кількості сільських населених пунктів (28,4 тис.) лише 6,4 тис. (22,5 %) мають побудовані за проектами системи питного водопостачання, з яких майже 50 % через недосконалу експлуатацію та тривалий термін служби працює з перебоями і не може забезпечити постачання води належної питної якості.

У 800 селах, забезпечених централізованим водопостачанням, через порушення правил експлуатації незадовільно працюють каналізаційні мережі і споруди для очищення господарсько-побутових стічних вод. Водночас забезпеченість підприємств сільськогосподарського виробництва і тваринництва централізованим водопостачанням досягає майже 98 %.

Такий стан водозабезпечення сільських населених пунктів загрожує біологічно-генетичною деградацією населення

України, спричиненою погіршенням екологічного стану та якості поверхневих і підземних вод через забруднення їх відходами господарської діяльності, неочищеними промисловими, сільськогосподарськими та побутовими стічними водами, отрутохімікатами, мінеральними добривами, що містять небезпечні для здоров'я людини сполуки.

У 1228 сільських населених пунктах АР Крим, Дніпропетровської, Донецької, Закарпатської, Запорізької, Київської, Кіровоградської, Луганської, Миколаївської, Одеської, Полтавської, Рівненської, Харківської і Херсонської областей 814 тис. осіб частково або повністю використовують привізну воду та воду низької якості; серед них постійно — 383 тис. осіб 737 населених пунктів.

Для забезпечення населення сільських населених пунктів питною водою нормативної якості необхідно вжити таких заходів:

- очищення поверхневих стоків із селітебних територій, будівництво систем водо відведення в містах і сільських населених пунктах, поліпшення стану зон санітарної охорони джерел водопостачання;
- відновлення систем питного водопостачання, які знаходяться в неробочому стані або постачають воду, що не відповідає нормативам якості питної води;
- реконструкція та будівництво в сільській місцевості систем питного водопостачання, які потребують значних капітальних вкладень (міжрегіональні групові водопроводи, станції з очищення води);
- забезпечення питною водою нормативної якості населення, яке живе на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Стан водозабезпечення сільського населення найбільш «проблемних» областей України розглянуто нижче.

Автономна Республіка Крим.

Автономна Республіка Крим (АРК) за кількістю місцевих водних ресурсів (поверхневі та підземні води) належить до найменш забезпечених регіонів України (водозабезпеченість АРК в 4,24 раза менша за середню по Україні).

Централізоване господарсько-питне водопостачання АРК на 70 % здійснюється з поверхневих вод, що накопичуються у водосховищах, на 30 % — з підземних вод. При цьому лише деякі адміністративні райони (Бахчисарайський, Джанкойський) повною мірою використовують розвідані запаси підземних вод.

Особливістю водокористування АРК є значна залежність від зовнішнього джерела водопостачання — Північнокримського каналу (ПКК), по якому до Криму з 1963 р. надходить вода з Дніпра. У водогосподарському балансі АРК води ПКК становлять близько 84 %, поверхневі — 9,5, підземні — 6, морські — 0,5 %.

У територіальній структурі водогосподарського комплексу Криму питома вага сумарного водоспоживання в містах Сімферополь, Севастополь, Алушта, Джанкой, Євпаторія, Керч, Красноперекопськ, Саки, Феодосія, Ялта близько 23 %. Тут зосереджено 92 % господарсько-побутового та 85 % виробничого водокористування Криму. Втрати води при транспортуванні — близько 50 %, що призводить до заболочування, підтоплення та засолення земель, погіршує екологічний стан північних регіонів АРК.

Джерелом водопостачання м. Сімферополь є поверхневі води з Айянського (на р. Салгір), Сімферопольського, Партизанського (на р. Альма), Міжгірного (заповнюється водою з р. Дніпра) водосховищ.

Для водопостачання Севастополя збудоване також Чорноріченське водосховище на р. Чорна.

Для водопостачання Ялти беруть воду з комплексу водосховищ (Щасливе-1, Щасливе-2, Ключевське, Загорське), об'єднаних в єдиний комплекс з якого вода в місто надходить гідротунелем.

Джерелом водопостачання Алушти слугує вода з Ізобільненського (на р. Улу-Узень) та Кутузовського (на р. Демерджі) водосховищ.

Для водопостачання та зрошення в АРК використовуються 23 водосховища загальним об'ємом води 400 млн $м^3$ і 1595 річок об'ємом води близько 200 млн $м^3$. Із великих водосховищ 14 заповнюється стоком місцевих річок, 8 — водами ПКК і одне (Старокримське) — водою річок Дніпро та Чорох-Су. Об'єм водосховищ місцевого стоку в 1,7 раза більший за об'єм наливних водосховищ.

Після спорудження ПКК річки рівнинного Криму використовують як колекторно-дренажну мережу для відведення в море та озера дренажних вод зі зрошуваних земель і підтоплених територій населених пунктів.

Однією з проблем водопостачання сільських населених пунктів АРК є використання для питних потреб вод із підвищеною мінералізацією.

Для водозабезпечення найбільш маловодних районів АРК побудовані групові системи водопостачання — Ленінський, Сокольський, Станційний, Старокримський, Фронтовий, Роздольненський водопроводи, що постачають питну воду в 78 населених пунктів (серед яких у 43 використовували привізну воду через відсутність джерел якісної питної води). Стан магістральних водогонів і розподільних мереж групових водопроводів катастрофічний і потребує реконструкції.

Особливості стану водозабезпечення та водопостачання АРК охарактеризовано нижче.

• Недостатня кількість доступних джерел централізованого забезпечення питною водою.

• Більшість адміністративних районів (Чорноморський, Роздольненський, Ленінський), а також Південний берег Криму і міста Євпаторія, Саки, Судак потерпають від дефіциту води.

• У більшості міст воду подають за графіком, у багатьох селах, особливо в степових районах, вода виключно привозна.

Стан ПКК, що упродовж багатьох років був основою водопостачання районів, де катастрофічно не вистачає води, через нестабільний режим експлуатації є вкрай ненадійним. Технічний стан каналу також незадовільний (величезні втрати води при транспортуванні, підтоплення територій, засолення навколишніх ґрунтів).

Інженерні гідрологічні споруди (наприклад, водостік Загорського водосховища, ложе Межигірського водосховища, підводні канали Феодосійського і Фронтового водосховищ) перебувають в аварійному стані.

Якість підземних вод не відповідає вимогам стандартів (надмірна солоність, підвищений вміст нітритів), що особливо характерно для Первомайського, Сакського районів, Красноперекопська.

Водоносні горизонти виснажені через невиважене застосування зрошення в минулі роки.

Недостатність бюджетних коштів, що спрямовуються на буріння водозабірних свердловин для забезпечення чистою водою всіх міст і сільських населених пунктів півострова.

Для ефективного вирішення проблем питного водозабезпечення АРК необхідно розробити загальну систему водопостачання, особливо для сільських населених пунктів, для яких неможливо і нереально в найближчій перспективі забезпечити централізоване водопостачання. Проблеми водопостачання на місцях можна було б розв'язати за чіткої організації, системного підходу та реальної фінансової підтримки.

Заходами, необхідними для забезпечення водопостачання 161 населеного пункту АРК, є:

- завершення будівництва Роздольненського і Чорноморського групових водопроводів;
- спорудження Білогірського, Некрасовського, Керченського групових водопроводів;
- реконструкція водогонів Сокольського і Ленінського групових водопроводів.

Разом з тим, у 2005 р. розпорядженням Кабінету Міністрів України схвалено Концепцію Державної програми «Питна вода Криму на 2006-2020 роки», у якій зазначені нагальні проблеми водопостачання АРК та сформульовані завдання, що необхідно розв'язати для підвищення ефективності та надійності функціонування систем водопровідно-каналізаційного господарства, удосконалення механізму водокористування. Положення програми увійшли до Державної програми соціально-економічного розвитку Автономної Республіки Крим на період до 2017 року.

Дніпропетровська область.

Близько 130 тис. мешканців області (268 сільських населених пунктів) через відсутність джерел поверхневих і підземних вод належної якості повністю або частково користуються привізною водою. До цієї категорії потрапили села, водопостачання яких здійснювалося з групових або локальних водопроводів, що фізично зруйнувались через тривалий строк експлуатації.

Щоб забезпечити питною водою населені пункти 14 районів області (Апостолівський, Васильківський, Верхньодніпровський, Криворізький, Криничанський, Межівський, Нікопольський, Петропавлівський, Покров=ський, Синельниківський, Солонянський, Софіївський, Томаківський, Широківський), необхідно завершити будівництво Нікопольського, Синельниківського і Солоня-но-Томаківського групових водопроводів; спорудити Слов'янський, Великомихайлівський, Чаплинський, Юр'ївський, Петропавлівський і Широківський групові водопроводи.

Донецька область.

Майже 38 тис. осіб 84 сіл Амвросіївського, Артемівського, Великоновоселківського, Волноваського, Володарського, Добропільського, Красноармійського, Марийського, Новоазовського, Олександрівського, Першотравневого, Слов'янського, Старобешівського, Тельманівського, Ясинуватського районів області через дефіцит водних ресурсів користуються привізною водою.

Для водопостачання цих населених пунктів необхідно побудувати групові і локальні системи водопостачання: завершити будівництво Південного групового водопроводу; розпочати спорудження Старомлинівського, Добропільського, Марийського, Тельманівського, Серебрянського групових водопроводів.

Закарпатська область.

Понад 44 тис. мешканців Мукачівського та Ужгородського районів області (загалом 43 сільські населені пункти) споживають неякісну питну воду. На локальному рівні для вирішення питання водозабезпечення сіл Мукачівського району слід завершити будівництво Пістрялівського групового водопроводу.

Запорізька область.

Населення 219 сіл області (136 тис. осіб) через відсутність природних джерел питної води, виснаження запасів прісних підземних вод, техногенне навантаження на водні ресурси (низька якість) використовують привізну воду.

Для вирішення проблеми централізованого водопостачання в 10 районах області (Бердянський, Вільнянський, Гуляйпільський, Запорізький, Куйбишевський, Новомиколаївський, Оріхівський, Пологівський, Приморський, Приазовський) необхідно:

- реконструювати та спорудити значну кількість групових і локальних об'єктів водопостачання;
- завершити будівництво Західного, Новомлинівського і Щербаківського групових водопроводів;
- розпочати будівництво Вільнянського, Лозоватського, Осипенківського, Приморського, Пологівського, Центрального і Чернігівського групових водопроводів;
- реконструювати Запорізький груповий водопровід.

Київська область

Понад 24 тис. мешканців області через обмежену кількість джерел підземних вод, техногенне забруднення підземних водоносних горизонтів нафтопродуктами (район м. Узин Білоцерківського району) споживають воду низької якості.

Щоб вирішити ці проблеми для 21 села Білоцерківського, Кагарлицького і Рокитнянського районів області необхідно розпочати будівництво локальних систем питного водопостачання, завершити спорудження Білоцерківського групового водопроводу.

Кіровоградська область.

Понад 81 тис. мешканців 67 сіл 10 районів області (Устинівський, Новоукраїнський, Новоархангельський, Бобринецький, Долинський, Петрівський, Кіровоградський, Олександрівський, Добровеличківський, Вільшанський) використовують привізну воду.

Поверхневі водні джерела на території області забруднені органічними речовинами, пестицидами, фенолами, нафтопродуктами і не відповідають нормативним вимогам до якості питної води.

Для забезпечення мешканців цих населених пунктів питною водою необхідно побудувати групові й локальні системи водопостачання, завершити будівництво Петрівського та розпочати будівництво Долинського і Бобринецького групових водопроводів.

Луганська область.

Через наявність підземних вод із високими мінералізацією і жорсткістю (Марківський район) населення (4,2 тис. осіб, 14 сіл) змушене використовувати неякісну питну воду. У зв'язку з цим для водозабезпечення мешканців необхідно спорудити Марківський груповий водопровід.

Миколаївська область.

Джерела підземних вод на території області розподілені вкрай нерівномірно; вода в них не задовільняє вимог до якості питної зоди (висока мінералізація).

Майже 41 тис. мешканців 96 сіл 18 районів області (Арбузинський, Братський, Березнегуватський, Баштанський, Березанський, Веселинівський, Врадіївський, Вознесенський, Доманівський, Сланецький, Жовтневий, Миколаївський, Новобузький, Новоодеський, Очаківський, Снігурівський, Казанківський, Первомайський) не забезпечені питною водою доброї якості, тому змушені використовувати привізну воду.

Для водозабезпечення сільських населених пунктів області необхідно побудувати локальні об'єкти централізованого водопостачання, забезпечити впровадження технологій з демінералізації води. Крім того, конче потрібно реконструювати Єланецький груповий водопровід, завершити будівництво Арбузинського групового водопроводу, розпочати

будівництво Казанківського та Новоодеського групових водопроводів.

Одеська область.

Понад 178 тис. мешканців 124 сіл 17 районів області (Ананіївський, Арцизький, Балтський, Березівський, Болградський, Іванівський, Ізмаїльський, Колимський, Красноокнянський, Комінтернівський, Кілійський, Миколаївський, Овідіопольський, Ренійський, Савранський, Татарбунарський, Тарутинський) через дефіцит запасів прісних підземних вод та через незадовільну їх якість використовують привізну воду.

Для водозабезпечення цих населених пунктів області необхідно вжити відповідних заходів із будівництва групових і локальних систем водопостачання, завершити спорудження Кілійського, Дністровського, Суворовського і Татарбунарського групових водопроводів.

Полтавська область.

Населення 11 сіл Кременчуцького району (3 тис. осіб) використовують для водозабезпечення привізну воду через забрудненість ґрунтових і підземних вод нафтопродуктами — результатами діяльності Кременчуцького нафтопереробного заводу. Для вирішення проблеми водозабезпечення цих сіл необхідно спорудити Кременчуцький груповий водопровід.

Рівненська область.

Близько 66 тис. мешканців 59 сіл 5 районів області (Гощанський, Корецький, Млинівський, Рівненський, Рокитнівський) повністю або частково споживають питну воду низької якості. Для Гощанського району характерне зниження рівнів води у колодязях та неглибоких водозабірних

свердловинах через будівництво водозабору підземних вод для водопостачання м. Рівне. Для вирішення проблеми водозабезпечення населення цих районів необхідно побудувати локальні системи водопостачання підземними водами глибоких водоносних горизонтів.

Харківська область.

Населення 17 сільських населених пунктів Барвінківського, Великобурлуцького, Дворічанського, Дергачівського, Куп'янського, Сахновщинського, Чугуївського, Печенізького районів області (11 тис. мешканців) використовує для питних потреб привізну воду. Для вирішення питання водозабезпечення мешканців цих населених пунктів необхідно реконструювати локальні водопроводи, розпочати будівництво Дворічанського та Великобурлуцького водопроводів, завершити будівництво Лозівського групового водопроводу.

Херсонська область.

Близько 26 тис. мешканців з 44 сіл Великолександрівського, Високопільського, Великорогачицького, Генічеського, Іванівського, Нижньосірогозького районів області через високу мінералізацію підземних вод використовують привізну воду. Для вирішення питання їх водозабезпечення необхідно розпочати будівництво локальних водозаборів (де це можливо), завершити спорудження Іванівського, розпочати будівництво Нижньосірогозького групових водопроводів.

Загалом слід зазначити, що в районах із привізною водою ресурси підземних вод дуже обмежені, за якісним складом вони мають високі мінералізацію, вміст заліза та інших компонентів і непридатні для питного водопостачання. Крім того, водоочисні споруди здебільшого матеріалоємні і малоефективні, застосовувані технології очищення поверхневих

вод не відповідають сучасним вимогам забезпечення належної якості питної води.

З урахуванням катастрофічного стану водопостачання населення сільської місцевості, незадовільного стану якості питної води МОЗ України запропоновано законодавчо врегулювати облік питної води, що реалізується населенню централізовано і не відповідає вимогам санітарних норм, як «технічної води» (!) для господарських потреб з обов'язковим відповідним інформуванням громадян.

Рівень водопостачання сільських населених пунктів в Україні є одним із найнижчих в Європі. Значна частина населення (74 %) для питних потреб використовує привізну воду і місцеві джерела — шахтні і трубні колодязі, індивідуальні свердловини, саморобні каптажі, прируслові копанки. Експлуатація незахищених ґрунтових водоносних горизонтів та незадовільний технічний стан водозабірних і водоносних комунікацій створюють ризик епідемічної небезпеки людей.

За даними МОЗ близько 30 % проб питної води, відібраних із джерел нецентралізованого водопостачання в сільській місцевості, не відповідає нормативам за санітарно-хімічними показниками і 20 % — за мікробіологічними.

Ситуація з водопостачанням у сільській місцевості ускладнена наслідками Чорнобильської катастрофи. Санітарний та екологічний стан джерел водопостачання, особливо в промислово насичених районах і на територіях із розвиненим сільськогосподарським виробництвом, є критичним або наближається до критичного. На сільських водопроводах немає очисних споруд і знезаражувальних установок, не проводиться виробничий лабораторний контроль якості питної води.

У кількісному аспекті ситуація з водозабезпеченням є напруженою в АР Крим, Одеській, Миколаївській, Запорізькій, Херсонській, Луганській областях.

Необхідні докорінне поліпшення стану і забезпечення дотримання режимів зон санітарної охорони та водоохоронних зон джерел питного водопостачання.

Режим господарювання в зонах санітарної охорони джерел питного водопостачання сільських населених пунктів потребує посиленого контролю і поліпшення стану.

Таким чином, можна зробити наступні висновки.

• Підземні води, найціннішими з яких є прісні, — важливий резерв для водопостачання населення України. Резервом у забезпеченні водою можуть бути солонуваті й солоні підземні води за використання їх у суміші з прісними або після штучного їх опріснення. Оцінені у 1970-х роках прогнозні ресурси підземних вод в Україні становили близько 22,5 км^3/рік (61,7 тис. м^3/доба), з них із мінералізацією до 1,5 г/л — близько 21,0 км^3/рік (57,5 тис. м^3/доба). Розподіл ресурсів підземних вод по території України вкрай нерівномірний.

• За експлуатаційними запасами питних і підземних вод Україна є державою із високим рівнем вивченості родовищ підземних вод, однак ця вивченість нерівномірна. За абсолютними показниками найбільші об'єми розвіданих експлуатаційних запасів підземних вод зосереджені в Київській, Луганській, Львівській, Донецькій, Харківській областях та АР Крим — від 1 млн 47 тис. 87 до 1 млн 894 тис. 74 м^3/доба.

• Кожен мешканець України в середньому забезпечений прогнозними ресурсами підземних вод в об'ємі 1,27 м^3/доба, екслуатаційними запасами підземних вод — 0,33 м^3/доба. Це один з найнижчих показників серед країн СНД, за ним Україні поступається лише Туркменія.

• Загальний видобуток питних (і технічних) підземних вод із прогнозних ресурсів становить близько 8,9 % загальної їх кількості, з експлуатаційних запасів питних підземних вод — 14,4 % загальної кількості розвіданих їх запасів. Ці по-

казники свідчать про значний резерв захищених водоносних горизонтів підземних вод на противагу уразливим і забрудненим поверхневим водам.

• Прогнозні ресурси підземних вод, що є основою їх експлуатаційних запасів, оцінено у 1974-1980-ті роки за принципами і положеннями, що на сьогодні істотно змінились або втратили актуальність через неповне врахування (у зв'язку з недостатнім вивченням) джерел формування, експлуатаційних ресурсів підземних вод, різний рівень вірогідності показників гідрогеологічних параметрів, обґрунтування меж їх застосування, умовність прийнятих схем прогнозних водозаборів, недостатнє врахування екологічних питань, незадовільне вивчення якості підземних вод питного призначення та багато інших чинників. Тому питання переоцінювання прогнозних ресурсів підземних вод дуже гостре.

• Головна складова охорони здоров'я людини, соціально- економічного розвитку та національної безпеки держави — водопостачання міст. Середня тривалість життя мешканців України значно менша ніж громадян розвинених держав, що тісно пов'язано з цим показником, у тому числі із споживанням недоброякісної питної води.

• Характер системи водопостачання, наявність у її складі тих чи інших споруд, а отже, вартість будівництва та величину експлуатаційних витрат значною мірою визначає вибір джерела водопостачання. Системи водопостачання окремих великих міст України почали розвиватись на початкуXX ст., максимальної активності цей процес набув у 1960-1970-ті роки. У той час при виборі основного джерела водопостачання перевагу віддавали поверхневим водам.

• Головним джерелом водозабезпечення для 75 % мешканців України (близько 35 млн осіб) є р. Дніпро з численними притоками. Дніпровську воду використовують десятки промислових центрів, на річці споруджено каскад водосхо-

вищ (чим порушено екологічну рівновагу, докорінно змінено умови водообміну та взаємодії з підземною гідросферою), 6 гідроелектростанцій, 3 атомні електростанції. Через великий техногенний тиск на якісний стан річки та її басейну за рівнями хімічного й бактеріального забруднення поверхневі води характеризуються як забруднені й дуже забруднені. Поверхневі води, що знаходяться в умовах техногенного навантаження, стають непридатними для безпечного їх використання як джерела питного водопостачання.

• Практично на всій території України у межах крупних міст грунтові води до глибини 15-20 м та приповерхневі водоносні горизонти до 100 м переважно надмірно забруднені і непридатні для питних цілей. Зафіксовано зміни макрокомпонентного складу і рівня мінералізації підземних вод. Альтернативою може бути водопостачання крупних міст підземними водами надійно захищених глибоких водоносних горизонтів у межах Дніпровсько-Донецького, Волино-Подільського, Причорноморського артезіанських басейнів.

• Джерелом водопостачання значної частини середніх за розмірами та більшості малих міст переважно є підземні води.

• У багатьох регіонах України не витримується нормативна якість питної води, оскільки відсутні сучасні технології водоочищення та водопідготовки. Незадовільний технічний стан водогінних і каналізаційних мереж призводить до вторинного забруднення очищеної питної води, її втрат, що досягають 50 %, підтоплення міських територій.

• Для раціонального вирішення питань використання водних ресурсів для водопостачання міст і забезпечення потреб водоспоживачів їх потрібно розглядати як комплекс водогосподарських проблем (екологічних, комунальних, енергетичних тощо). Основними з них є проблеми надмірного водоспоживання та значних втрат води у розподільних ме-

режах, низької якості та ненадійного функціонування систем водопостачання і каналізації, незадовільні екологічні характеристики систем водозабезпечення і каналізації тощо.

• Водопостачання сільських населених пунктів в Україні є одним з найгірших у Європі. Переважна більшість населення (74 %) для питних потреб використовує привізну воду і воду з місцевих джерел — шахтних і трубних колодязів, індивідуальних свердловин, саморобних каптажів, прируслових копанок. Експлуатація незахищених водоносних горизонтів та незадовільний технічний стан водозабірних і водогінних комунікацій створюють ризик для здоров'я населення. Серед проб питної води, відібраних із джерел нецентралізованого водопостачання в сільській місцевості, близько 30 % не відповідали нормативам за санітарно-хімічними показниками і 20 % — за мікробіологічними.

• Санітарний та екологічний стан джерел водопостачання, особливо в промислово насичених районах і на територіях із розвиненим сільськогосподарським виробництвом, критичний або наближається до критичного. Сільські водопроводи не облаштовані очисними спорудами і знезаражувальними установками, не проводиться виробничий лабораторний контроль якості питної води через відсутність лабораторій.

• Ситуація з водозабезпеченням напружена в АР Крим, Одеській, Миколаївській, Запорізькій, Херсонській, Луганській областях.

• Режим господарювання в зонах санітарної охорони джерел питного водопостачання сільських населених пунктів потребує посиленого контролю і поліпшення стану.

Розділ 5

ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Централізоване господарсько-питне водопостачання — це сукупність заходів і споруд по забезпеченню населених пунктів доброякісною питною водою в достатній кількості, які передбачають механізований забір води із джерел, її очищення, знезаражування й за необхідності спеціальну обробку й доставку споживачам мережею водопровідних труб. Цей вид водопостачання, у порівнянні з місцевим (децентралізованим), є більш зручним і суттєво підвищує санітарний рівень і поліпшує епідемічне благополуччя населених пунктів. Його перевагами є:

1) можливість вибрати найкраще джерело води;

2) забезпечити санітарну охорону джерела;

3) передбачити при необхідності можливість поліпшення якості води;

4) забезпечити населення необхідною кількістю якісної питної води;

5) забезпечити належний технологічний і гігієнічний контроль над режимом підготовки і якістю питної води.

Комплекс інженерних споруд, призначених для централізованого водопостачання, за допомогою яких здійснюють водозабір із джерела, обробку води з метою доведення її якості до вимог діючого нормативного документу, подачу в населений пункт і розподіл між споживачами, називають господарсько-питним водопроводом.

Першим водопроводом, архітектурні споруд якого збереглися й донині, є акведук, побудований у Стародавньому

Римі. В XI-XII ст. існував водопровід у Новгороді. В 1631 р. побудували напірний водопровід з ріки Москви для забезпечення водою Кремля. Перший міський водопровід спорудили в 1787 г. у Царському селі (нині м. Пушкіно, Росія). Перший водопровід у Києві, який подавав воду в духовну академію, з'явився в 1668 г.

Показник охоплення населених пунктів централізованим водопостачанням в цілому по країні у 2018 році порівняно з попереднім роком залишився майже на тому ж самому рівні: з 354 міст (без врахування Донецької та Луганської областей, дані з яких стосовно кількості населених пунктів, є суперечливими) – 351 було забезпечено централізованим водопостачанням; у трьох містах (мм. Судова Вишня і Турка, Львівська область та м. Вашківці, Чернівецька область) централізоване водопостачання - відсутнє. У містах Турка та Вашківці відсутнє також і централізоване водовідведення.

У селищах міського типу (смт) централізованим водопостачанням було охоплено 525 з 587, а у селах – 7664 з 25454.

Основні складові водопроводу:

1) джерело водопостачання (підземний або поверхневий);

2) водозабірні споруди;

3) водопідйомні споруди (насосні станції);

4) очисні споруди;

5) споруди для накопичення запасів води;

6) споруди для доставки і розподілу води (водоводи, водогінна мережа, водорозбірні споруди на мережі).

Серед методів поліпшення якості води на очисних спорудах водопроводів розрізняють *основні й спеціальні.* Основні методи — освітлення, знебарвлення й знезаражування. Вони обов'язкові на всіх водопроводах, які використовують воду з поверхневих водойм. Звичайна схема очищення води в них передбачає видалення зважених речовин і колоїдних домішок для поліпшення таких органолептичних властивостей, як прозорість і кольоровість, і знезаражування для гарантування безпеки води в епідемічному відношенні. Якщо влітку цвітіння поверхневих водойм триває довше місяця, то для очищення води від фіто- і зоопланктону перед проведенням основних методів водопідготовки роблять мікрофільтрацію.

Освітлення і знебарвлення води досягається декількома способами:

1) природним відстоюванням і фільтрацією на повільних фільтрах;

2) коагуляцією, відстоюванням і фільтрацією на швидких фільтрах;

3) коагуляцією і фільтрацією на контактних освітлювачах.

Для освітлення і знебарвлення води в комплексі очисних споруд водопроводу повинні входити:

1) змішувачі, у яких вода перемішується з розчином коагулянту;

2) камери реакції, у яких відбувається реакція коагуляції у вільному обсязі;

3) відстійники (горизонтальні, вертикальні), у яких більші по розміру і масі зважені речовини під дією сили ваги осідають на дно;

4) відстійники-освітлювачі, у яких відбувається коагуляція й відстоювання;

5) повільні або швидкі фільтри, на яких затримуються дрібні часточки;

6) контактні освітлювачі, або контактні фільтри, у яких відбувається контактна коагуляція і затримка частинок.

Освітлену і знебарвлену воду знезаражують, після чого вона надходить у резервуари для чистої води. Там створюється запас доброякісної питної води для безперервної подачі населенню.

Іноді залежно від якості води для видалення надлишкової кількості або, навпаки, додаткового введення певних хімічних речовин, застосовують спеціальні методи обробки — опріснення, пом'якшення, знезалізнення, фторування, дефторування, дегазацію та ін. За необхідності ці методи можуть бути використані й на водопроводах з підземних джерел водопостачання, якщо вода в них не є доброякісною внаслідок природних особливостей хімічного складу: містить надлишок заліза, марганцю, фтору, сірководню й ін.

Схема водопроводу є індивідуальною й залежить насамперед від якості води в джерелі. Пропонують кілька варіантів таких схем.

5.1 Схеми водопроводів з підземних джерел водопостачання

У випадку використання артезіанських (міжпластових напірних), а також інших підземних джерел, вода яких є доброякісної, відповідає нормативним вимогам на питну воду й не вимагає обробки, схемою водопроводу передбачено: підземне джерело водопостачання (міжпластові напірні або не напірні води); артезіанська свердловина (водозабірнаспоруда); насос I підйому (водопідйомна споруда); резервуар чистої води; насосна станція II підйому (для подачі і створення тиску у водогінній мережі); водогінна мережа.

Якщо вода підземного джерела епідемічно безпечна, але має підвищений вміст заліза або сірководню, або фтору, вона вимагає спеціальних методів обробки: знезалізнення, дегазації, дефторування. При цьому, незважаючи на епідемічну безпеку води в джерелі, після використання спеціального методу її слід знезаражувати. У цих умовах схема водопроводу включає: підземне джерело водопостачання; артезіанську свердловину; насос I підйому; спеціальні методи обробки;

споруди для знезаражування; резервуар чистої води; насосну станцію II підйому; водогінну мережу.

Вода підземних джерел III класу іноді, зокрема у випадку гідравлічного зв'язку з поверхневими водоймами, може мати трохи підвищену мутність і кольоровість, а тому вимагає освітлення й знебарвлення. Крім того, вона може бути епідемічно небезпечною. Тому, необхідно передбачити її знезаражування. Якщо при цьому вона вимагає спеціальної обробки (наприклад, дефторування), то схема водопроводу повинна складатися з наступних елементів: підземного джерела водопостачання; артезіанської свердловини; насоса I підйому; споруди для освітлення й знебарвлення; для спеціальної обробки, для знезаражування; резервуара чистої води; насосної станції II підйому; водогінної мережі.

Схема локального водопроводу для водопостачання декількох окремо розташованих об'єктів або одного будинку включає: джерело водопостачання (між пластові або ґрунтові води, бажано I класу); водозабірні споруди (артезіанська свердловина або трубчастий, шахтний колодязь); водопідйомні споруди (насос); водонапірну башту або водонапірний бак, розміщений на останньому технічному поверсі будинку; розподільну водогінну мережу труб, якщо воду підводять до будинків або бюветів.

5.2 Схеми водопроводів з поверхневих джерел водопостачання

У випадку поверхневих джерел I класу з маломутною (мутність до 20 мг/л) і малозабарвленою (кольоровість до 35°) водою при незначному добовому водоспоживанні (до 1000 $м^3$/сут) освітлення і знебарвлення можна досягти природним відстоюванням у ковші (водозабірній споруді) з подальшою фільтрацією на повільних фільтрах. Схема водопроводу по-

винна включати: поверхневе джерело водопостачання; ківш (водозабірні споруди); береговий водоприймальний колодязь; насосну станцію I підйому; камеру гасіння напору; повільний фільтр; споруди для знезаражування; резервуар чистої води; насосну станцію II підйому; водогінну мережу.

Якщо кольоровість води не перевищує 20°, каламутність — 1500 мг/л, то її освітлення і знебарвлення можна досягти коагуляцією, відстоюванням і фільтрацією на швидких фільтрах. Такий спосіб очищення використовують у випадку поверхневих джерел II, а іноді й III класу. Продуктивність водопроводу при цьому не обмежена. Схема такого водопроводу повинна передбачати: поверхневе джерело; ківш (водозабірні споруди); береговий водоприймальний колодязь; насосну станцію I підйому; камеру гасіння напору, яка одночасно виконує функції змішувача води з розчином коагулянту; камеру реакції; відстійник; швидкий фільтр; споруди для знезаражування; резервуар чистої води; насосну станцію II підйому; водогінну мережу.

При кольоровості води до 120°, каламутності до 1500 мг/л освітлення і знебарвлення води можна досягти коагуляцією і фільтрацією в контактних освітлювачах або контактних фільтрах. Такий спосіб очищення води використовують у поверхневих джерелах II класу за ДСТУ 4808-2007 при будь-якій продуктивності водопроводу. Схема такого водопроводу повинна мати: поверхневе джерело; ківш (водозабірні споруди); береговий водоприймальний колодязь; насосну станцію I підйому; камеру гасіння напору, яка одночасно виконує функції змішувача води з розчином коагулянту; контактний освітлювач (контактний фільтр); споруди для знезаражування; резервуар чистої води; насосну станцію II підйому; водогінну мережу.

Якщо кількість фіто- і зоопланктону перевищує 1000 кл/мл, то дві останні схеми необхідно доповнити мікрофільтрацією. У цьому випадку варіанти припускають проведення схем: 1) мікрофільтрація для попереднього видалення з води фіто- і зоопланктону, коагуляція, відстоювання, фільтрація на швидких фільтрах і знезаражування або 2) мікрофільтрація, коагуляція і фільтрація на контактних освітлювачах (контактних фільтрах) і знезаражування.

У випадку використання поверхневих джерел III класу водопідготовка передбачає мікрофільтрацію для попереднього видалення з води фіто- і зоопланктону, коагуляцію, двоступінчасте відстоювання для високомутної води, фільтрацію на швидких фільтрах або контактних освітлювачах, використання окиснювачів і сорбентів для усунення запахів і ефективне знезаражування. Одним з варіантів схем водопроводу може бути: поверхневе джерело; ківш (водозабірні споруди); береговий водоприймальний колодязь; мікрофільтр; насосна станція I підйому; камера гасіння напору, яка одночасно виконує функцію змішувача води з розчином коагулянту; камера реакції; відстійник; швидкий фільтр; змішувач, у який подається розчин коагулянту; контактний освітлювач; споруди для знезаражування; резервуар чистої води; насосна станція II підйому; водогінна мережа.

5.3 Водогінна мережа і споруди на ній

Водогінна мережа (розподільна система водопроводу) є підземною системою труб, по яких вода під тиском (не менше 2,5-4 атм при п'ятиповерховій забудові), який створено насосною станцією II підйому, подається в населений пункт і розводиться на його території. Вона складається з основних водоводів, по яких вода з водопровідної станції надходить у населений пункт, і розгалуженої мережі труб, по яких вода підводиться до водонапірних резервуарів, зовнішніх водозабірних споруд (вуличних колонок, пожежних

гідрантів), житловим і суспільним будинкам. При цьому основний водовід розгалужується на декілька магістральних, які у свою чергу розгалужуються на вуличні, двірські і домові. Останні з'єднуються із системою труб внутрішнього водопроводу житлових і суспільних будинків.

За конфігурацією водогінна мережа може бути: 1) кільцевою; 2) тупиковою; 3) змішаною. Тупикова мережа складається з окремих глухих ліній, у які вода надходить із однієї сторони. При ушкодженні такої мережі на якій-небудь ділянці припиняється подача води всім споживачам, які підключені до лінії, розташованої за точкою ушкодження в напрямку руху води. У тупикових кінцях розподільної мережі вода може застоюватися, може з'являтися осад, який служить сприятливим середовищем для розмноження мікроорганізмів. Тупикову водогінну мережу як виключення обладнують на невеликих селищних і сільських водопроводах.

Найкращою з гігієнічної точки зору є замкнена водогінна мережа, яка складається із системи суміжних замкнених контурів або кілець. Ушкодження на якій-небудь ділянці не приводить до припинення подачі води, тому що вона може надходити по інших лініях.

Розподільна система водопроводу повинна забезпечити безперебійну подачу води в усі точки її споживання і запобігти забрудненню води на всьому шляху її надходження від головних водопровідних споруд до споживачів. Для цього водогінна мережа повинна бути водонепроникної. Забруднення води у водогінній мережі при централізованому водопостачанні викликають порушення герметичності водопровідних труб, значне зниження тиску у водогінній мережі, що приводить до підсмоктування забруднення в негерметичних ділянках, і наявність джерела забруднення поблизу ділянки порушення герметичності водопровідних труб. Поєднувати мережі господарсько-питного водопроводу з мережами, що

подають не питну воду (технічний водопровід), неприпустимо.

Водопровідні труби виготовляють із чавуну, сталі, залізобетону, пластмас і ін. Труби з полімерних матеріалів, а також внутрішні антикорозійні покриття використовують тільки після їхньої гігієнічної оцінки й одержання позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи. Сталеві труби застосовують на ділянках із внутрішнім тиском понад 1,5 МПа, при перетинанні із залізничними коліями, автомобільними дорогами, поверхневими водоймами (ріки), у місцях перетинання господарсько-питного водопроводу з каналізацією. Вони потребують захисту зовнішньої й внутрішньої поверхонь від корозії. Діаметр труб господарсько-питного водопроводу в міських населених пунктах повинен бути не менш 100 мм, у сільських — більш 75 мм. Герметичного з'єднання окремих відрізків труб довжиною 5-10 м досягають за допомогою фланців, розтрубів або муфт. Фланцеві з'єднання застосовують лише при відкритому (на поверхні землі) прокладанні труб, де вони доступні для зовнішнього огляду й перевірки герметичності.

Прокладанню водопровідних ліній господарсько-питного водопостачання повинна передувати санітарна оцінка території не менш чим на 40 м в обидва боки при розташуванні водопроводу на незабудованій території і на 10-15 м — на забудованій. Ґрунт, по якому буде прокладена траса водопроводу, повинен бути незабрудненим. Трасу не слід прокладати по болотах, смітниках, цвинтарях, скотомогильникам, тобто там, де ґрунт забруднений. Уздовж водопроводів необхідно організувати санітарно-захисну смугу.

Водопровідні труби повинні бути прокладено на 0,5 м нижче рівня поширення в ґрунті нульової температури (рівня замерзання ґрунту). При цьому залежно від кліматичного району глибина закладення труб коливається від 3,5 до 1,5

м. У південних регіонах для запобігання перегрівання води в літню пору глибина прокладання водопровідних труб повинна бути такою, щоб шар ґрунту над трубою був товщиною не менш 0,5 м.

Водопровідні лінії слід прокладати на 0,5 м вище каналізаційних. Якщо водопровідні труби прокладаються на одному рівні з паралельно прокладеними каналізаційними лініями, відстань між ними повинна становити не менш 1,5 м при діаметрі водопровідних труб до 200 мм і не менш 3 м — при діаметрі понад 200 мм. При цьому необхідно використовувати металеві труби. Металеві водопровідні труби застосовують також у місцях їх перетинання з каналізаційними лініями. При цьому водопровідні труби слід прокладати на 0,5 м вище каналізаційних. Як виключення в місцях перетинання водопровідні труби можна розташовувати нижче каналізаційних. При цьому дозволяють використовувати тільки сталеві водопровідні труби, додатково захистивши їх спеціальним металевим кожухом довжиною не менш 5 м в обидва боки від перетинання в глинистих ґрунтах і не менш 10 м — у ґрунтах з високою фільтраційною здатністю (наприклад, піщаних). Каналізаційні труби на зазначеній ділянці повинні бути чавунними.

На водоводах і лініях водопровідної мережі встановлюють: поворотні затвори (засуви) для виділення ремонтних ділянок; вантузи — для випуску повітря під час роботи трубопроводів; клапани — для випуску і впуску повітря при звільненні трубопроводів від води на час ремонту і наступного заповнення; випуски — для скидання води при спорожнюванні трубопроводів; регулятори тиску, клапани для захисту від гідравлічних ударів, якщо зненацька буде потрібно відключити або включити насоси і ін. Довжина ремонтних ділянок при прокладанні водопроводів в одну лінію не повинна перевищувати 3 км, у дві лінії і більше — 5 км.

Запірну, регулювальну і охоронну арматури встановлюють в оглядових водопровідних колодязях. Оглядові колодязі також обладнують у всіх місцях стиків основних, магістральних і вуличних водопроводів. Колодязі — це розміщені під землею водонепроникні залізобетонні шахти. Для спуску в оглядовий колодязь передбачений люк з герметично закритою кришкою, яку утеплюють у холодний період року; у стіну вмонтовані чавунні або сталеві скоби. Небезпека забруднення води у водогінній мережі через оглядові колодязі виникає при заповненні шахти водою. Це може відбутися в результаті прориву води через негерметичні стінки і дно, зливових вод через негерметично закриту кришку або води з водопровідної мережі через негерметичні стики труб і арматури. Під час зниження тиску в мережі вода, яка зібралася в оглядовому колодязі, може всмоктуватись в труби.

Водонапірні (запасні) резервуари призначені для створення запасу води, який компенсує можливу невідповідність між подачею води і її споживанням в окремий час доби. Наповнюють резервуари переважно вночі, а днем підчас інтенсивного водокористування вода з них надходить у мережу, нормалізуючи тиск.

Установлюють водонапірні резервуари в найбільш високій точці рельєфу на вежах, що піднімаються над найбільш високими будинками населеного пункту. Територію навколо водонапірних башт обгороджують. Резервуари повинні бути водонепроникні, із заліза або залізобетону. Для очищення, ремонту і знезаражування внутрішньої поверхні резервуара передбачені люки із щільно закритими і запломбованими кришками. Для повітрообміну резервуарів обладнують вентиляційні отвори, закриті сітками і захищені від атмосферних опадів. На трубах, що подають та відводять воду, установлюють крани для відбору проб води з метою контролю її якості до й після резервуару.

Водонапірні резервуари потребують періодичної (1-2 рази в рік) дезінфекції.

На великих водопроводах запасні резервуари — резервуари чистої води — обладнують під землею. З них воду подають у водогінну мережу насосними станціями III підйому.

5.3.1 Водорозбірні колонки

Населення бере воду з водорозподільної системи або через будинкові введення і крани внутрішньо-домової водогінної мережі, або через зовнішні водорозбірні споруди — колонки.

Вуличні водорозбірні колонки є найбільш уразливими елементами водопроводу. Відомо чимало випадків епідемічних спалахів інфекційних хвороб, які одержали назву епідемії "однієї колонки". Існують різні конструкції колонок, але найпоширеніші — системи Черкунова і московського типу. Установлюють їх у районах забудови без введення труб централізованого господарсько-питного водопроводу в споруди. При цьому радіус обслуговування колонки повинен бути не більш 100 м. Останнім часом у містах при централізованому водопостачанні із забором води з поверхневих водойм колонки широко застосовують для організації бюветного артезіанського водопостачання.

Водорозбірна колонка системи Черкунова складається з наземної і підземної частин. Підземна частина (оглядовий колодязь) має вигляд шахти з водонепроникними залізобетонними стінками і дном. Там розміщені ежектор (його встановлюють на шляху руху води з водопровідної магістралі у внутрішню водяну трубку колонки) і зливальний бачок з повітряною трубкою. У залізобетонному перекритті шахти розташований герметично закритий люк. Наземна частина колонки має вивідну трубку і ручку, яка штангою з'єднана із

клапаном, розташованим перед ежектором на виході води з водопровідної магістралі. Навколо колонки в радіусі 1,5-2 м обладнують вимощення з нахилом від колонки, під вивідною трубою — лоток для відведення води, що пролилася під час користування.

При натисканні ручки відкривається клапан, і вода з водопровідної магістралі під тиском піднімається по водяній трубі і виливається через вивідну трубу колонки. Коли ручку відпускають, клапан закривається. Оскільки вода, що залишилася у водяній трубі, у холодний період року замерзає і розриває трубу, то передбачений її злив у металевий бачок на дні оглядового колодязя. При цьому повітря з бачка через повітряну трубку надходить у шахту. При повторному натисканні ручки і відкриванні клапана вода, виходячи під тиском через звужений отвір водопровідної магістралі у водяну трубу, пускає в хід ежектор. Ефект ежекції (підсмоктування), який виникає в перші секунди після відкриття клапана і триває недовго, підсмоктує воду з бачка у водяну трубку. Бачок через повітряну трубу заповнюється повітрям із шахти. Таким чином, перші порції води, що надходять із колонки відразу після натискання ручки, є сумішшю води з водопровідної мережі і зливального бачка. Внаслідок підсмоктування води з бачка тиск в ежекторі вирівнюється, ефект ежекції зникає, після чого до споживача надходить вода винятково з водопровідної мережі. Коли ручку відпускають, бачок знову наповнюється водою з водяної трубки колонки.

Реальна загроза забруднення води в колонці може виникнути в тому випадку, якщо шахта колонки заповниться водою. Шляхи надходження води в шахту можуть бути різними. Так, атмосферні опади і поверхневий стік можуть проникати в оглядовий колодязь через нещільне перекриття або негерметичний люк. При порушенні цілості залізобетонних стінок і дна шахти вода може поступити із ґрунту (ґрунтова волога,

яка утворюється при фільтрації атмосферних і поталих вод), особливо при високому рівні стояння ґрунтових вод. Шахта може бути залита водою із водопровідної мережі. Це відбувається при зниженні тиску в мережі нижче 1 атм. При цьому ежектор не спрацьовує, підсмоктування води зі зливального бачка припиняється, він переповняється, і вода через повітряну трубку починає надходити в шахту.

Внаслідок накопичення забрудненої води в шахті колонки її рівень може піднятися вище верхнього отвору повітряної трубки. Тоді при користуванні колонкою у ежекцію в зливальний бачок зробить не повітря, а забруднена вода із шахти. Під час наступного користування, коли ежектор спрацює, з бачка у водяну трубу буде всмоктуватися забруднена вода, і споживач одержить недоброякісну, епідемічно небезпечну воду. Вода із шахти колонки може всмоктуватися через отвори, які нерідко утворюються в місцях з'єднання бачка з повітряною трубкою і ежектором.

Таким чином, водорозбірні колонки системи Черкунова є безпечним у санітарному відношенні лише в тому випадку, якщо оглядовий колодязь буде сухим.

Водорозбірна колонка московського типу має значні переваги в порівнянні із колонкою Черкунова. У неї вся підземна частина вмонтована в цільний (з наземною частиною) чавунний корпус, що виключає оглядовий колодязь. У колонках московського типу вода із внутрішньої водяної трубки зливається в нижню частину чавунного корпусу і звідти всмоктується ежектором під час її використання.

Бюветне водопостачання здійснюється за рахунок локального водопроводу. Його елементами є: 1) підземне міжпластове (бажано, артезіанське) джерело I класу; 2) артезіанська свердловина; 3) підземна насосна станція із заглибним відцентровим насосом; 4) напірний водовод; 5) бювет з водорозбірними колонками (переважно московського типу).

Бюветне артезіанське водопостачання широке поширене в Києві, де централізоване водопостачання здійснюється за рахунок Дніпровського і Деснянського річкових і артезіанського водопроводів.

5.3.2 Дезінфекція водопровідних споруд

Дезінфекція водопровідних споруд є важливим санітарним заходом, який проводять у наступних випадках:

а) перед прийманням в експлуатацію нових водопроводів у цілому або окремих їх елементів (резервуари, окремі ділянки мережі і ін.);

б) після ремонтно-аварійних робіт на головних водопровідних спорудах і на розподільній мережі;

в) при наявності водних епідемій і даних (або появі підозри) про те, що причиною їх виникнення з'явилося забруднення водопровідних споруд (головних або розподільної мережі);

г) при небезпечному в епідемічному відношенні забрудненні, після аварії на водопровідних спорудах.

Дезінфекція резервуарів і баків може бути досягнута двома способами — об'ємним і зрошенням. При знезаражуванні поверхні методом зрошення бактерицидний ефект залежить насамперед від концентрації активного хлору у розчині. При об'ємному способі — від концентрації розчину активного хлору і тривалості контакту.

Перед дезінфекцією воду з резервуарів випускають через грязьову трубу, залишаючи шар висотою 30—40 см. Після цього в резервуар спускається робітник, який щіткою "зганяє" із дна осад до випускного отвору і видаляє його через грязьовий випуск останніми порціями води. Потім стіни резервуара обмивають водою із шлангу, приєднаного до внутрішньої мережі водопровідної станції, ретельно протирають зверху

вниз щітками на довгих ручках і повторно рясно зрошують водою. Далі готують розчин хлорвмісного реагенту (кальцію гіпохлориту або хлорного вапна) з розрахунку 200—250 мг активного хлору на 1 л води. Необхідну кількість розчину визначають із розрахунку 0,3—0,5 л на 1 м^2 поверхні стін і дна резервуара. Підготовлені відповідним чином стіни і дно резервуару зрошують дезінфікуючим розчином із шлангу під тиском або протирають поверхні щітками, змоченими в розчині. Через 1-1,5 години із продезінфікованих поверхонь хлор змивають чистою водопровідною водою, яку видаляють через грязьовий випуск.

Дезінфекція об'ємним способом рекомендована для резервуарів або напірних баків невеликих розмірів. Після попереднього механічного очищення й промивання резервуари наповнюють розчином кальцію гіпохлориту з концентрацією активного хлору 75-100 мг/л. Тривалість контакту — від 5 до 6 ч. Після цього розчин хлору спускають через грязьову трубу й промивають резервуар.

Дезінфекцію водопровідної мережі або її окремої ділянки проводять у такий спосіб:

1) очищають шляхом тривалого і інтенсивного промивання протягом не менш 4—5 год при можливо більшій швидкості руху води в трубах (1,2 — 1,5 м/с і більше);

2) водопровідні труби заповнюють розчином хлорвмісного реагенту з концентрацією активного хлору 75—100 мг/л. Тривалість контакту — не менше 6 год.;

3) після закінчення дезінфекції водогінну мережу звільняють від дезінфікуючого розчину шляхом промивання мережі до одержання води із змістом вільного хлору в межах 0,3—0,5 мг/л. Після цього з дозволу СЭС водогінну мережу можна експлуатувати. У наступні дні необхідно підсилити бактеріологічний контроль якості води для остаточної оцінки ефективності дезінфекції.

Розділ 6

ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ОБЛАДНАННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГОЛОВНИХ СПОРУД ВОДОПРОВОДУ З ПІДЗЕМНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Водозабір підземних вод складається з водоприймальних споруд, водопідйомних обладнань у межах окремих водозаборів або центральної насосної станції І підйому й трубопроводів, які з'єднують водоприймальні споруди з насосною станцією, водоводами або резервуаром чистої води (водозбірним резервуаром).

Водозабір з міжпластових підземних джерел здійснюють за допомогою артезіанських, або бурових свердловин. Будь-яка свердловина порушує ізоляцію між водовмісним горизонтом і поверхнею землі і створює потенційні умови для проникнення забруднень у міжпластове джерело. Через неправильне обладнання свердловини може виникнути гідравлічний зв'язок між експлуатованим водоносним шаром і розташованими вище водовмісними горизонтами (ґрунтовими водами, верховодкою), вода яких може бути епідемічно небезпечною і гіршою за органолептичними властивостями. Тому конструкція свердловини має велике значення для збереження якості міжпластової води, запобігання забруднення водоносного шару, забезпечення санітарної надійності водозабору.

Для устаткування артезіанської свердловини в товщі землі до міжпластового горизонту бурять циліндричну вертикальну шахту діаметром від 50 до 600 мм, глибиною від 50-100 до 1500 м і більше. Для захисту від обвалів і ізоляції від водоносних горизонтів, розташованих вище, стінки шахти закріплюють колоною металевих труб (як правило, стале-

вих) довжиною від 4-6 до 8-13 м, які називаються обсадними. Стики між трубами герметизують.

Залежно від характеру ґрунту при ударному способі буріння трубами одного діаметра можна поглибитися на 30-50 м, при роторному — на 400-500 м. При більшій глибині залягання водоносного горизонту досягти його колоною труб одного діаметра неможливо внаслідок тертя між стінками труб і породою, що створює опір подальшому бурінню. Тому, просуваючись углиб, переходять на труби меншого діаметра. Їх спочатку опускають у середину вже встановлених обсадних труб, а потім продовжують бурити. По завершенню буріння зайві частини обсадних труб вирізають і видаляють. Колона здобуває телескопічний вид. Для попередження забруднення простір, який утворюється між трубами (міжтрубний простір), заливають цементним розчином. Першу колону обсадних труб (кондуктор), використовують для захисту гирлової частини свердловини від розмиву і обвалення. Для попередження забруднення простір, який утворюється між кондуктором і ґрунтовими стінками шахти (затрубний простір), цементують під тиском з видавлюванням цементного розчину від «черевика» обсадної труби до поверхні землі. Внаслідок цього навколо кондуктора створюється «цементна склянка».

Іноді для підвищення надійності свердловини другу колону обсадних труб не вирізують, а простір між нею і кондуктором заповнюють цементним розчином на всю висоту.

Колона обсадних труб досягає верхнього рівня водоносного горизонту. Далі в цю колону опускають колону труб меншого діаметра, якою проходять увесь водоносний горизонт і яку вдавлюють (фрезерують) у нижній водотривкий шар. По внутрішній колоні труб за допомогою штанг опускають фільтр, через який у свердловину буде надходити вода. Фільтр є трубою з перфорованою частиною, яку для захисту свердловини від проникнення часток водовмісної породи

обертають металевою сіткою. Фільтр розташовують так, щоб його перфорована частина перебувала в товщі водоносного горизонту. Нижній, глухий кінець фільтра вдавлюють у водонепроникний шар. Після установки фільтра внутрішню колону труб видаляють, простір між фільтром і обсадною трубою герметизують.

У свердловині виділяють три основні частини: водоприймальну — фільтр, водопровідну — стовбур і верхню — устя. З метою попередження замерзання і для захисту від атмосферних опадів устя свердловини обладнують спеціальною підземною шахтою або наземним павільйоном. Верхню колону обсадних труб (кондуктор) виводять не менш чим на 0,5 м над поверхнею землі або дном шахти, а навколо роблять асфальтове або бетонне вимощення з нахилом від свердловини. Щоб забруднення не проникали через устя свердловини, його герметично з’єднують із оголовком за допомогою фланців з гумовими прокладками. Також необхідно забезпечити герметичність у місці входження всмоктувальної труби насоса або іншого водопідйомної споруди. Оголовок повинен бути доступний для огляду і мати кран для відбору проб води з артезіанської свердловини, тобто безпосередньо з підземного джерела. При розміщенні свердловини в шахті остання повинна бути захищена від надходження в неї ґрунтових вод шляхом гідроізоляції бетонуванням або цементуванням дна і стінок, а також від атмосферних опадів за рахунок герметичних здвоєних кришок на люках.

Якщо джерелом є міжпластові напірні (артезіанські) води, то іноді тиску у водоносному горизонті досить для підйому води на поверхню землі. Але найчастіше вода не досягає поверхні і перебуває в свердловині на певному рівні(статичному). Звідси воду відкачують насосами. При відкачуванні води у водовмісній породі навколо свердловини утворюється зона зниженого тиску, тобто зона депресії. Тиск

знижується, тому що вода, просуваючись у водоносному горизонті, отримує опір з боку породи водоносного горизонту, і частина напору витрачається на подолання цього опору. Чим швидше відкачують воду, тем швидше знижується тиск. При цьому найбільш низьким є тиск у зоні, розташованій ближче до свердловини. Внаслідок відкачування рівень води в свердловині знижується щодо статичного доти, поки швидкість відкачування не зрівноважиться із надходженням води через фільтр, розташований у водоносному горизонті. Нарешті при постійній швидкості відкачування вода в свердловині встановлюється на так званому динамічному рівні. Чим швидше відкачують воду, тим нижче щодо статичного рівень динамічний і більше площа депресії.

Після завершення буріння свердловини для промивання її від часточок мулу і бруду проводять будівельне відкачування тривалістю від декількох діб до місяця і більше. За необхідності можна провести дезінфекцію. Спочатку дезінфікують надводну частину свердловини, а потім — підводну. Для знезаражування надводної частини в свердловині на кілька метрів нижче статичного рівня встановлюють пневматичну пробку. Частину свердловини вище пробки заповнюють розчином хлору (або хлорного вапна) з концентрацією активного хлору 50-100 мг/л. Через 3-6 год. пробку виймають і за допомогою спеціального змішувача вводять розчин хлору в підводну частину свердловини з таким розрахунками, щоб концентрація активного хлору після перемішування з водою була не нижче 50 мг/л. Через 3-6 год. контакту воду зі свердловини відкачують, після чого відбирають пробу води для контролю ефективності знезаражування за мікробіологічними показниками.

На водопроводі, крім робочих свердловин, продуктивність яких повинна забезпечувати добове водоспоживання в населеному пункті, в обов'язковому порядку необхідно передбачити резервні. Мінімальна кількість свердловин на водопроводі — 2, одна з яких робоча, друга — резервна. Якщо робочих свердловин від 2 до 10, то необхідно передбачити 2 резервні свердловини. Якщо ж робочих свердловин більше 11, то резервних повинно бути 20%.

6.1 Водопідйомні споруди

Спосіб підйому води зі свердловини залежить від рівня води і дебіту свердловини. Найчастіше для цього використовують відцентрові насоси. Вони складаються з електродвигуна, декількох камер з лопатевими колесами, закріпленими на обертовому валу і напірної труби. Продуктивність такого насоса досягає 200 м^3/год.

Перед введенням водопровідного насоса в експлуатацію камери з лопатевими колесами необхідно залити водою, яка повинна відповідати діючому нормативному документу на питну воду. Вал, на якому закріплені лопатеві колеса, електродвигун приводить у швидкий обертовий рух. Виникають відцентрові сили, які відштовхують воду, що заповнює камери, до периферії спірального кожуха і далі — у напірну трубу. При цьому в центрі камери перед входом всмоктувальної труби створюється знижений тиск і під дією атмосферного тиску вода із свердловини надходить із всмоктувального трубопроводу в насос.

При динамічному рівні до 7 м від поверхні землі застосовують відцентрові насоси на горизонтальному валу. Якщо динамічний рівень води розміщений на глибині до 120 м, використовують відцентрові насоси на вертикальному валу, електродвигун яких установлений над свердловиною, а всмоктувальна труба опущена у воду нижче динамічного рівня. Для підйому води із глибоких свердловин до 500 м широко застосовують заглибні відцентрові насоси на вертикаль-

ному валу, електродвигун яких розміщений у свердловині під динамічним рівнем води. У всіх випадках повинна бути забезпечена герметичність оголовка свердловини в ділянці входження всмоктувальної або напірної водопідйомної труби.

Якщо глибина свердловини становить менше 100 м, можна використовувати штангові насоси — різновид поршневих або об'ємних насосів з довгим приводом продуктивністю до 20 м^3/год. Насос складається з камери, у якій розташований поршень, з'єднаний зі штангою. Електродвигун, розташований на поверхні землі, приводить штангу в рух, чим забезпечує рух поршня в камері. До камери приєднані всмоктувальна й напірна труби із клапанами. Коли поршень рухається нагору, відкривається всмоктувальний клапан і закривається напірний. Камера наповнюється водою. Коли поршень рухається вниз, всмоктувальний клапан закривається, напірний відкривається і вода з камери виштовхується в напірну трубу. Недоліком цих насосів є невисока надійність: часто обриваються штанги, потрібно міняти шкіряні манжети, що забезпечують тісний контакт поршня зі стінками камери, що підвищує ризик забруднення.

Якщо глибина свердловини не перевищує 70 м, можуть бути використані ерліфти, або повітряні водопідйомники. Ерліфт складається з водопідйомної труби, у нижню частину якої введена повітряна труба з форсункою. Обидві труби опускають у свердловину й занурюють у воду так, щоб занурена частина була вдвічі довша, ніж не занурена, яка виходить на поверхню землі. На поверхні повітряна труба приєднана до компресора з ресивером, а водопідйомна — до віддільника повітря, який трубою з'єднаний з резервуаром чистої води. Повітря, очищене від пилу на масляному фільтрі, компресором через ресивер і віддільник масла подається в повітряну трубу і через форсунку надходить у водопідйомну трубу. Водоповітряна суміш водопідйомною трубою під-

німається на поверхню і попадає у віддільник повітря, після чого вода надходить у резервуари чистої води. Позитивними характеристиками ерліфта є простота і надійність конструкції, легкість експлуатації, можливість безперебійної роботи протягом тривалого часу.

6.2 Резервуари чистої води (РЧВ)

Якщо забір роблять із міжпластових джерел I класу, вода яких не вимагає обробки, насоси подають воду по напірних трубопроводах у збірні резервуари — РЧВ. Запас води, який збирається в РЧВ, необхідний для компенсації можливої невідповідності між подачею води і її споживанням у певний час доби. Для безперебійної роботи водопроводу слід передбачити резервне устаткування, як мінімум, 2 РЧВ.

РЧВ — прямокутні водонепроникні резервуари зі сталі або залізобетону, розташовані під землею. Дно РЧВ повинно бути вище рівня залягання ґрунтових вод. Іноді для надійності навколо РЧВ створюють глиняний замок, а над РЧВ роблять куполоподібний насип із ґрунту і дерну. Труба, що подає воду у верхню частину РЧВ, повинна бути загнута на кінці, щоб не розмивати перекриття РЧВ. Із протилежної сторони встановлюють (зверху вниз): переливну трубу (постійно відкрита на випадок переповнення РЧВ, є зворотний клапан); трубу, яка подає воду для господарсько-питних потреб (з'єднана з усмоктувальною трубою насоса II підйому, постійно відкрита); трубу, яка подає воду для гасіння пожеж (постійно відкрита) і грязьову трубу (розташована в приямку, постійно закрита). Поруч із РЧВ розташований переливний колодязь із усіма трубами, на яких у межах переливного колодязя встановлюють регулювальні крани. Для обміну повітря РЧВ обладнують вентиляційними стояками, піднятими над рівнем землі на 1,5-2 м. Кінець кожного стояка закривають метале-

вою сіткою з ковпачком. У перекритті РЧВ розташовують 2 люки, які щільно закривають металевими кришками, замком і пломбують. Навколо люків роблять цементні вимощення.

РЧВ потребують періодичних (1-2 рази в рік) очищенню і дезінфекції. У першу чергу РЧВ звільняють від води. Для цього припиняють подачу води в РЧВ, перекривають труби, що подають воду для господарсько-питних потреб і гасіння пожеж, і відкривають грязьову трубу, через яку спускають із РЧВ воду. Потім через люки усередину РЧВ спускається робітник, очищає і при необхідності ремонтує його, змиває бруд у грязьовий приямок, звідки вода видаляється грязьовою трубою. Після цього проводять дезінфекцію методом зрошення. Робітник, забезпечений засобами індивідуального захисту шкіри, очей й органів дихання, з гідропульта рясно зрошує стіни, дно й перекриття РЧВ розчином хлорного вапна (або кальцію гіпохлорита) з концентрацією активного хлору 200-250 мг/л. Після цього закривають і пломбують люки, закривають грязьову трубу і вичікують 2 ч. Потім заповнюють РЧВ чистою водою, промивають, випускаючи воду через переливну трубу, відбирають проби для визначення залишкового вільного хлору і бактеріологічного дослідження. При задовільних аналізах дозволяють експлуатацію РЧВ.

Із РЧВ вода надходить у водогінну мережу під тиском 2-4 атм, який створюють насоси насосних станцій II підйому.

Розділ 7

ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ОБЛАДНАННЯ Й ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДОПРОВОДУ З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ. МЕТОДИ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

Сьогодні 84% загальної кількості води, що подається в міста і селища, беруть із поверхневих водойм. Надійна і безперебійна робота системи господарсько-питного водопостачання багато в чому залежить від вибору місця розташування водозабору. Важливо враховувати гідрологічні, санітарні і техніко-економічні умови, серед яких основним визначальним фактором є санітарний.

Водозабірні споруди на річці слід зводити вище за течією від населеного пункту, який обслуговується водопроводом, а також від місць попадання в ріку припливів і ярів, скидання стоків. Водозабори потрібно обладнати на стійкому березі при належній і постійній глибині води біля нього в руслі. Найчастіше таким вимогам відповідають увігнуті береги, хоча вони на відміну від опуклих сильніше розмиваються, але значно менше заносяться піском, який погіршує роботу водозабірних споруд. Місця розташування водозаборів повинні бути захищені від накопичень льоду під час льодоходу. Не можна розташовувати водозабори в місцях зсувів, а також зимівлі і нересту риби.

Водозабірні споруди повинні забезпечувати безперебійну подачу води і якщо можна поліпшувати її якість. Залежно від природних умов використовують різні типи водоприймальних споруд.

По способу забору води із джерела розрізняють *берегові* (забирають воду з русла ріки біля берегів), *руслові* (забирають воду з русла ріки на деякій відстані від берега) і *інфільтраційні* (забирають підруслову воду) водозабори.

7.1 Берегові водозабірні споруди

Береговими називають такі споруди, які беруть воду з русла ріки безпосередньо біля берега на достатній для нормальної роботи водозабірної споруди глибині.

Вони можуть мати прямокутну або круглу форму. Їхня продуктивність становить від десятків літрів до десятків і сотень кубічних метрів в 1 с.

За умовами компонування берегового колодязя з насосною станцією І підйому розрізняють дві технологічні схеми берегових водозаборів: сполучену (береговий сітчастий колодязь і насосна станція скомпоновані в одній споруді) і роздільну (береговий сітчастий колодязь розміщають на береговому схилі, а насосну станцію І підйому виносять на відстань 15-30 м на незатоплювану під час повені ділянку).

7.2 Руслові водозабірні споруди

При достатній для прийому води глибині лише на значній відстані від берега і відносно пологому березі крапку забору води доводиться виносити далеко в русло ріки, улаштовуючи там спеціальний водоприймальний оголовок. Від оголовка вода надходить (самопливними або сифонними лініями) у так званий береговий колодязь.

Такий тип водоприймача називається русловим. При цьому насосна станція може бути обладнана як окремо від берегового колодязя (роздільне компонування), так і скомпонованої з ним (сполучене компонування).

7.3 Водоприймальні ковші і водопідвідні канали

Іноді для поліпшення умов приймання воду беруть не прямо з русла ріки, а зі штучно створених заток — ковшів (ковшові водозабори). Найчастіше їх використовують на ріках, де є небезпека утворення внутрішньо-глибинного льоду або спостерігаються льодоходи. Також їх застосовують у тому випадку, коли необхідно зменшити кольоровість і мутність води на ділянці водозабору шляхом природного відстоювання. Ківш розташовують під кутом 45° щодо плину ріки. Для цього вибирають ґрунт у руслі ріки й зрізують берег. Стіни ковша закріплюють залізобетоном, у верхньому перекритті обладнають вентиляційні стояки. Вхід у ківш із боку ріки захищають ґратами від влучення великих предметів, льоду і ін. Акваторію ковша обгороджують дамбою.

Беруть воду з ковша через водоприймальні вікна берегового колодязя, розташованого в його кінці. При надскладних шуго-льодових умовах воду з ковша можна брати через затоплений русловий оголовок, від якого вода надходить самопливними або сифонними лініями в береговий колодязь.

Водопідвідний канал довше ковша. Його довжину визначають на підставі гідравлічних розрахунків.

7.4 Інфільтраційні водозабірні споруди

Якщо річкова вода дуже забруднена, використовують водозабори інфільтраційного типу, у яких воду фільтрують через ґрунт дна і берега ріки, якщо русло ріки утворене піщаними, піщано-гравійними або галечниковими водоносними ґрунтами. Річкова вода, фільтруючись, насичує їх, створюючи своєрідний потік, спрямований за течією ріки. Його називають підрусловим, а воду — підрусловою. Для забору

підруслової води використовують променеві водозабори і інфільтраційні колодязі.

Променевий водозабір складається з водоприймальних горизонтально розташованих під руслом ріки (на глибині 3-5 м від дна) перфорованих сталевих труб і водозбірного колодязя, розташованого на березі.

Інфільтраційний колодязь є трубчастий колодязь, розміщений на березі ріки. При відкачуванні з колодязя невеликої кількості води в його фільтр буде надходити тільки ґрунтова вода, яка поступає у ріку. Якщо ж відбір води з колодязя збільшити, то в колодязь буде поступати ґрунтова і підруслова вода з боку ріки. При подальшому збільшенні відбору води з колодязя в нього буде надходити переважно вода з підруслового потоку і лише незначна частина ґрунтової.

Підруслова вода, яку забирають інфільтраційні водоприймачі, майже повністю освітлена, частково знебарвлена й знезаражена. Це дає можливість іноді (коли вода відповідає діючому нормативному документу на питну воду) вилучати з технологічної схеми водопостачання станцію обробки й поліпшення якості води. При цьому встановлюється майже однакова протягом року температура (8—12 °С) води, відпадає потреба в захисті водоприймальних прорізів від наносів, шуги, сміття, мальків та ін.

Інфільтраційні водозабори дають можливість забирати воду з малих неглибоких нестійких русел рік.

7.5 Гігієнічна оцінка методів підготовки питної води

Методи поліпшення якості води (водопідготовки) включають: основні (освітлення — видалення з води зважених речовин, знебарвлення — видалення фарбувальних колоїдів

або розчинених речовин, знезаражування — знищення патогенних мікроорганізмів і спеціальні (опріснення, дефторування, пом'якшення, фторування, знезалізнення, детоксикація, дезодорація, дезактивація).

Мікрофільтрація — це попереднє видалення з води зоопланктону (дрібних водних тварин) і фітопланктону (дрібних рослинних організмів), здатних до розростання на очисних спорудах, що утрудняє їхню роботу. Для попереднього очищення води від планктонів і великих домішок використовують мікрофільтри і барабанні сита.

Мікрофільтри є барабанами, на які натягнуті фільтруючі сітки з нікелевого або бронзового дроту з розміром гнізд 25—50 мкм. Швидкість обертання барабана мікрофільтра не повинна перевищувати 0,1—0,3 м/с. Швидкість фільтрації визначають із розрахунку 10—25 л/с на 1 $м^2$ корисної площі сітки, зануреної на 4/5 діаметра у воду.

Мікрофільтри доцільно застосовувати при вмісті в 1 л вихідної води більше 1000 клітин фітопланктону. Продуктивність мікрофільтрів становить від 4 до 45 000 $м^3$/добу. Мікрофільтри можуть затримати до 75% діатомових, до 95% синьо-зелених водоростей, зоопланктон — повністю і до 35% зважених речовин, що перебували у вихідній воді.

Барабанні сита використовують для грубого проціджування води. Їх можна встановлювати на водозаборах замість стрічкових сіток. Розмір гнізд барабанних сіток — 0,5 х 0,5 мм, а захисних — 10х10 мм.

Освітлення і знебарвлення води досягається залежно від початкових показників мутності і кольоровості природнім відстоюванням і фільтрацією на повільних фільтрах або коагуляцією, відстоюванням і фільтрацією на швидких фільтрах.

7.5.1 Відстоювання води

Суть відстоювання полягає в тому, що в стоячій або в повільно проточній воді зважені речовини, відносна щільність яких вища, ніж води, випадають під дією сили ваги і осідають на дно. Відстоювання відбувається і у джерелах водопостачання, і в ковшах. Крім того, на водопровідних станціях для осадження зважених речовин застосовують спеціальні споруди — відстійники. Однак природний процес відстоювання відбувається повільно і ефективність посвітління і знебарвлення при цьому низька.

Знаходження зважених речовин у товщі води у зваженому стані і випадання їх в осад залежить від швидкості течії, відносної щільності і діаметру часток. Чим повільніше тече вода і чим важчі частки, тим швидше і повніше вони осідають на дно. Осадженням вдається вилучити з води грубодисперсні домішки (частинки розміром більш 100 мкм).

Природний спосіб осадження суспензії не задовольняє сучасні вимоги очищення води на водопроводах. Його основні недоліки — низька швидкість осадження і необхідність у збільшенні обсягу відстійника для продовження процесу осадження. Крім того, найбільш дрібні зважені частинки не встигають осісти, а колоїдні частинки розміром 0,001-0,1 мкм не видаляються взагалі. Тому, для підвищення ефективності освітлення і знебарвлення проводять попередню коагуляцію води.

Коагуляцією води називають процес укрупнення колоїдних і диспергованих частинок, що відбувається внаслідок їхнього злипання під дією сил молекулярного притягання. Коагуляція завершується утворенням видимих неозброєним оком агрегатів — пластівців і відділенням їх від рідкого середовища. Розрізняють два типи коагуляції: коагуляцію

у вільному обсязі (відбувається в камерах реакції) і контактну (у товщі зернистого завантаження контактних освітлювачів і контактних фільтрів або ж у масі зваженого осаду відстійників-освітлювачів).

Коагуляція відбувається за участю хімічних реагентів — коагулянтів (солей алюмінію і заліза): алюмінію сульфату — $A1_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$; алюмінію оксихлориду — $[A1_2(OH)_5]C1 \cdot 6H_2O$; натрію алюмінату — $NaA1O_2$; заліза сульфату — $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; заліза хлориду — $FeCl_3 \cdot 6H_2O$и ін. Крім алюмо- і залізовмісних, використовують комбіновані коагулянти, які містять солі (сульфати або хлориди) одночасно обох металів.

Найбільш часто на господарсько-питних водопроводах у якості коагулянту застосовують неочищений алюмінію сульфат, який містить 33% безводного алюмінію сульфату і до 23% нерозчинних домішок. Сьогодні промисловість випускає також і очищений алюмінію сульфат, який містить не більш 1% нерозчинних домішок.

При додаванні до води алюмінію сульфат (сірчанокислий глинозем) вступає в реакцію з гідрокарбонатами кальцію і магнію, які завжди містяться в природній воді її обумовлюють її жрсткість і лужність, які вилучаються:

$$A1_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 = 2A1(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2,$$

$$A1_2(SO_4)_3 + 3Mg(HCO_3)_2 = 2A1(OH)_3 + 3MgSO_4 + 6CO_2$$

Основним для процесу коагуляції є утворення гідроксиду алюмінію. $A1(OH)_3$ утворює у воді колоїдний розчин, який надає їй опалесценцію і швидко коагулює, утворюючи пластівці у всій товщі води. Вони мають заряд, протилежний заряду колоїдних часток гумінових речовин, які містяться в природній воді. Завдяки цьому колоїдні частинки коагулянту нейтралізують заряд колоїдних гумінових часток води. Вони усувають взаємне відштовхування, порушують кінетичну рівновагу колоїдного розчину. Частинки стають нездатними

до дифузії, поєднуються (агломеруються) і випадають в осад. Пластівці ж самого коагулянту адсорбують колоїдні і дрібні зважені частинки і випадають на дно, механічно захоплюючи із собою велику суспензію.

Внаслідок процесу коагуляції не тільки підвищується швидкість і ефективність осадження суспензії, але й значно зменшується природна кольоровість води, обумовлена наявністю в ній гумінових сполук. Знебарвлення, якого неможливо досягти іншими способами очищення, відбувається внаслідок адсорбції гумінових речовин на поверхні пластівців коагулянту і подальшого випадання в осад. Зменшення кількості суспензії сприяє також значному зменшенню кількості бактерій і вірусів, що містяться у воді.

Коагуляція відбувається ефективно за умови, якщо концентрація гідрокарбонат-іонів у воді буде хоча б еквівалентна кількості алюмінію сульфату, який додається. Якщо ні, то гідроліз не відбувається, гідрооксид алюмінію не утворює колоїдного розчину і не коагулює.

Кожний градус лужності води відповідає вмісту в ній 10 мг/л CaO і уможливлює реакцію з 20 мг/л безводного алюмінію сульфату або приблизно з 40 мг/л товарного коагулянту — $A1_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$. Для здійснення реакції необхідний деякий надлишок лужності. Природна лужність води більшості рік достатня для забезпечення коагуляції навіть високими дозами алюмінію сульфату. Однак іноді ріки болотного, озерного або льодовикового походження не мають необхідного резерву природної лужності. Крім того, лужність води в ріках може різко знижуватися навесні внаслідок влучення великої кількості талих вод. У таких випадках воду доводиться штучно підлужувати, для чого одночасно з коагулянтом додають гашене вапно — $Ca(OH)_2$ з розрахунку, щоб 1° лужності відповідав 10 мг/л CaO. Реакція відбувається в такий спосіб:

$$A1_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 = 2A1(OH)_3 + 3CaSO_4.$$

На процес коагуляції впливає не тільки лужність води, але й активна реакція (оптимальне значення pH 5,5-6,5), температура, наявність гумінових речовин, кількість грубої суспензії, частки якої служать своєрідними «ядрами коагуляції», інтенсивність перемішування тощо.

Із цієї причини теоретичний розрахунок для визначення оптимальної дози коагулянту є недостатнім. На водопроводах експериментально визначають умови, при яких коагуляція буде відбуватися щонайкраще. Звичайно оптимальна доза алюмінію сульфату для річкової води коливається в межах 30-200 мг/л. Ця доза змінюється залежно від сезонних коливань мутності води в ріці або епізодично під впливом зливових стоків.

Орієнтовно оптимальну дозу коагулянту можна визначити по формулі:

$$Д_к = 4л/ДО,$$

де $D_к$ — максимальна доза коагулянту (мг/л), ДО — кольоровість води (градуси).

Для прискорення коагуляції і інтенсифікації роботи очисних споруд застосовують флокулянти — високомолекулярні синтетичні сполуки. Розрізняють флокулянти аніонного (поліакриламід, ДО-4, ДО-6) і катіонного (ВА-2) типу. Перед застосуванням флокулянтів аніонного типу слід обробити воду коагулянтом, що не потрібно при використанні катіонних флокулянтів. Флокулянти прискорюють процес коагуляції води в освітлювачах із зваженим осадом, зменшують тривалість перебування води у відстійниках за рахунок підвищення швидкості осадження пластівців, прискорюють фільтрацію і збільшують тривалість фільтроциклу. До використання в практиці водопостачання допускаються тільки флокулянти після гігієнічною апробації, які мають науково обґрунтовані ГДК і включені в список речовин, дозволених для використання у водопідготовці. З обережністю слід використовува-

ти високомолекулярні флокулянти групи поліакриламідів, при виробництві яких відбувається полімеризація мономера акриламіду. Його залишки, що не вступають у реакцію в ході синтезу, звичайно невеликі (0,1-0,05%). Однак акриламід є генотоксичним канцерогеном (група 2Б по класифікації МАЇР) і по рекомендаціях ВООЗ його ГДК у воді повинна становити 0,0005 мг/л.

Процес коагуляції на водопроводах складається з наступних операцій: розчинення коагулянту, дозування, змішування з водою і створення оптимальних умов для утворення пластівців. Коагуляція тільки підготовляє воду для подальшої обробки — освітлення і знебарвлення, і в цьому сенсі не є самостійним процесом водопідготовки. У ряді випадків у схемі обробки води коагуляція може бути відсутня.

7.5.2 Змішувачі

Ефективність процесів освітлення і знебарвлення води в значній мірі залежить від умов змішування оброблюваної води із реагентами, що застосовуються. Для змішування реагентів з оброблюваною водою застосовують змішувальне обладнання (сопла Вентурі, діафрагми) або спеціальні споруди — змішувачі. Вони повинні задовольняти вимогам швидкого і повного змішування реагенту з усією масою води. Крім того, змішувачі виконують функції камер гасіння напору, створеного насосами насосної станції I підйому.

Розрізняють два типи змішувачів: гідравлічні і механічні. Гідравлічні включають: змішувач коридорного типу (з вертикальним або горизонтальним рухом води); дірчастий змішувач; перегородчатий з поділом потоку і вертикальний (вихровий). Вибір типу змішувача обґрунтовується технологічною схемою, компонуванням водопровідної станції з урахуванням її продуктивності, а також конструктивними міркуваннями.

Камери реакції влаштовують із метою створення сприятливих умов для завершення другої стадії процесу коагуляції — пластівцеутворення.

За принципом своєї дії камери пластівцеутворення діляться на гідравлічні і механічні (флоккулятори). З камер гідравлічного типу на практиці віддають перевагу водоворотним, вихровим і перегородчатим камерам. Як правило, камери всіх типів, за винятком перегородчатих, вбудовують у відстійники.

Фільтроцикл — проміжок часу від початку роботи фільтра до досягнення граничного зниження напору, при якому фільтр слід вивести з режиму фільтрації для промивання.

Для одержання досить великих пластівців необхідно, щоб вода перебувала в камері пластівцеутворення від 10 до 40 хв (іноді довше) за умови постійного плавного перемішування. Швидкість води повинна бути в межах 0,005-0,1 м/с. При підвищенні швидкості води (більше 0,1 м/с) пластівці в камері реакції розбиваються, а при її зниженні (менш 0,05 м/с) починають осідати, що призводить до погіршення процесу коагуляції.

7.5.3 Відстійники

Осадження зважених речовин досягається у відстійниках завдяки вповільненню швидкості руху води і дії сили ваги. Надходячи із труб у резервуар, вода продовжує рухатися, але в ділянці переходу з вузького русла в широкий її рух уповільнюється настільки (від 1 м до декількох міліметрів за 1 с), що зважені речовини осідають в умовах, близьких до тих, які створюються при її повній нерухомості.

Залежно від напрямку руху води відстійники діляться на горизонтальні і вертикальні.

Горизонтальний відстійник — резервуар прямокутної форми глибиною в кілька метрів (3-4 м). У ньому вода рухається з дуже низькою швидкістю (2-4 мм/с) до отвору, розташованого в протилежному кінці. Для поліпшення розподілу води по всьому обсягу відстійника після вхідного отвору по всій ширині встановлюються водозливні або дірчасті перегородки. Дно горизонтального відстійника має нахил убік вхідної частини, де перебуває приямок для збору осаду. Звичайно відстійник розбивають на ряд паралельних коридорів шириною до 6 м. Горизонтальні відстійники періодично очищають від осаду струменем води із брандспойта (на час очищення відстійник виводять із режиму роботи) або за допомогою шкребків.

У горизонтальному відстійнику на зважену частку діють дві взаємно перпендикулярні сили: ваги (n), що переміщає частку вертикально вниз, і руху (v), яка тягне частку в горизонтальному напрямку. Внаслідок цього частка рухається по рівнодіючій і залежно від співвідношення сил опускається на дно або виноситься течією з відстійника.

У вертикальному відстійнику, який має циліндричну або чотирикутну форму з конусоподібним дном, вода надходить у центральну трубу, опускається по ній у нижню частину відстійника, повертається на 180°, повільно рухається нагору, переливається через борт кільцевого жолоба й далі попадає через трубу на фільтри. Сила ваги (n) і сила руху води (v) діють на зважену частку в протилежному напрямку. Тому для ефективного осадження швидкість руху води у вертикальних відстійниках повинна бути нижче, чим у горизонтальних. У горизонтальних відстійниках розрахункова швидкість становить 2-4 мм/с, а у вертикальних — нижче 1 мм/с (0,4-0,6 мм/с). Вода перебуває у відстійнику протягом 4-8 ч. За цей час осідають переважно грубодисперсні домішки. Оскільки на своїй поверхні вони сорбують мікроорганізми, то у відстійниках затримується значна частина бактерій, вірусів і яєць гельмінтів.

7.5.4 Фільтрація

Фільтрація є наступним (після коагуляції і відстоювання) технічним прийомом звільнення води від зважених речовин, не затриманих на попередніх етапах обробки (переважно це тонкодисперсна суспензія мінеральних сполук). Сутність фільтрації полягає в тому, що воду пропускають через дрібнопористий матеріал, найчастіше — через пісок з певним розміром часток. Фільтруючись, вода залишає на поверхні й у глибині фільтрів зважені речовини.

Фільтри класифікують із урахуванням різних характеристик: залежно від гідравлічних умов роботи — відкриті (не напірні) і напірні; по виду фільтруючої основи — сітчасті (мікрофільтри, мікросита), каркасні, або намивні (діатомітові), зернисті (піщані, антрацитові і ін.); за величиною фільтруючого матеріалу — дрібнозернисті (0,2—0,4 мм), середньозернисті (0,4—0,8 мм), грубозернисті (0,8-1,5 мм); і по швидкості фільтрування — повільні (0,1-0,2 м/ч) і швидкі (5-12 м/ч); по напрямку фільтруючого потоку — одно- і двопоточні, і по кількості фільтруючих шарів — одно-, дво-, трьох-, багатошарові.

Фільтри повільної дії — це перший тип фільтрів, які почали використовувати в практиці водообробки. В 1829 р. Джон Сімпсон побудував для лондонського водопроводі піщані фільтри, які одержали назву англійських, або повільних. Фільтри повільної дії застосовували у тому випадку, коли мутність води не перевищувала 200 мг/л і можна обмежитися попереднім природнім відстоюванням її без коагуляції. Це резервуари з бетону, залізобетону або цегли, заповнені шарами щебеню, галькою, гравієм і піском. Розмір частинок по-

ступово зменшується в напрямку знизу нагору (від 40 до 2 мм). Загальна товщина шару піску становить 0,8-1 м. Фільтр має подвійне дно — нижня його частина суцільна, верхня — перфорована. Між ними утворюється дренажний простір, у який і надходить вода, що профільтрувалася. На верхню частину дна кладуть шар щебеню або гравію (товщиною 0,4-0,45 м), а на нього — власне фільтруючий шар кварцового піску (0,8-0,85 м), на який подають воду, що очищається.

Процес фільтрації на повільному фільтрі наближається до природного: вода проходить через фільтр повільно, зі швидкістю 0,1-0,2 м/годину. За таких умов досягається практично повне освітлення води і очищення її від мікроорганізмів (на 95-99%).

По мірі фільтрації води на поверхні фільтруючого шару піску утворюється біологічна плівка (товщиною 0,5-1 мм) із затриманих різноманітних органічних залишків, мінеральних речовин, колоїдних часток і великої кількості мікроорганізмів. Формується вона протягом декількох діб, і цей період називається періодом «дозрівання» фільтра. Плівка сама є фільтром і затримує дрібну суспензію, яка пройшла б крізь пори піску. Тобто на повільному фільтрі відбувається плівкова фільтрація води. Біологічна плівка сприяє також мінералізації органічних речовин і знищенню мікрофлори, зниженню окисності (на 20-45%) і кольоровості (на 20%).

Згодом пори біологічної плівки забиваються зваженими частками, що приводить до підвищення опору й гальмує фільтрацію. Тому повільні фільтри слід періодично очищати шляхом видалення 15-20 мм верхнього шару й підсипання чистого піску 1 раз на 10-30 діб. Для цього фільтр виводять із роботи.

Основними факторами, що сприяють очищенню води на повільних фільтрах, є механічна затримка зважених часток, адсорбція, окиснення (хімічна дія розчиненого у воді кисню);

ферментативна діяльність мікроорганізмів; біологічні процеси, пов'язані з життєдіяльністю найпростіших.

Незважаючи на високу ефективність очищення, простоту устаткування і експлуатації, повільні фільтри сьогодні використовують тільки на малих водопроводах, у сільських населених пунктах через їх низьку продуктивність.

Фільтри швидкої дії.

Об'ємна фільтрація за допомогою швидких фільтрів є фізико-хімічним процесом. При об'ємній фільтрації механічні домішки води проникають у товщу фільтруючого шару завантаження і абсорбуються під дією сил молекулярного притягання на його поверхні. Чим вище швидкість фільтрації і крупніші зерна завантаження, тем забруднюючі речовини глибше проникають у товщу і більш рівномірно розподіляються.

Сьогодні швидкі фільтри знайшли широке застосування в практиці очищення питної води. Вони пропускають за годину стовп води висотою 5-10 м, тобто їхня продуктивність в 50-100 раз вище повільних і отже зменшується площа і обсяг споруд. От чому повільні фільтри поступилися місцем швидким на великих водопроводах. Вода після коагуляції, відстійника або освітлювача надходить через бічний отвір в резервуар фільтра. Висота шару води над поверхнею завантаження повинна бути не менше 2 м. У процесі роботи фільтра вода проходить через фільтруючий (кварцовий пісок товщиною 0,7-1,0 м) і підтримуючий (щебінь, гравій товщиною 0,4-0,6 м) шари і розподільчою системою направляється в резервуар чистої води. Важливо, щоб швидкість фільтрації була постійної протягом фільтроциклу, тобто не зменшувалася в міру його забруднення. Із цією метою на трубопроводі, який відводить профільтровану воду, установлюють автоматичні регулятори швидкості фільтрації. Завдяки регуляторам, через фільтр проходить постійна кількість води.

Швидкі фільтри пропускають значно більше води, чим повільні, тому вони швидше забруднюються. У результаті затримки зважених часток у товщі фільтруючого шару зменшується розмір пор, що приводить до підвищення опору завантаження під час фільтрації й втраті напору. Тривалість фільтроциклу коливається в межах 12—24 ч. Тому швидкі фільтри потребують очищення 1—2 рази в добу, а в паводок, при високій мутності води, — частіше. По закінченню фільтроциклу фільтр промивають струменем чистої профільтрованої води, спрямованої знизу нагору (зворотним струмом), яку подають під тиском у розподільну систему. Промивна вода, проходячи з високою швидкістю (в 7—10 раз більшої, ніж швидкість фільтрування) через фільтруюче завантаження знизу нагору, піднімає й зважує її. Промивна вода разом із брудом переливається в збірні жолоби над поверхнею фільтруючого матеріалу і видаляється у водостік. Тривалість промивання швидких фільтрів — 7—10 хв. Кількість води, яку використовують для промивання фільтра, залежить від типу завантаження й коливається від 12 до 18 л/с на 1 м^2.

Для інтенсифікації процесу фільтрації намагаються підвищити брудоємність фільтрів, під якою розуміють масу забруднень (у кг), затриманих 1м^2 фільтруючого завантаження фільтра протягом фільтроциклу. Підвищену брудоємність мають фільтри із двошаровим завантаженням, двопоточні фільтри системи АКХ і ДЦФ.

У фільтрах із двошаровим завантаженням над шаром піску товщиною 0,4-0,5 м насипається шар здрібненого антрациту або керамзиту. У такому фільтрі верхній шар, що складається з більших зерен, затримує основну масу забруднень, а піщаний — їх залишок, що пройшов через верхній шар. Загальна брудоємність двошарового фільтра в 2,2,

5 рази більше брудоємності звичайного швидкого фільтра. Щільність антрациту (керамзиту) менше щільності піску, тому після промивання фільтра пошарове розташування завантаження відновлюється самостійно. Швидкість фільтрації у двошаровому фільтрі становить 10-12 м/ч, що в 2 рази більше, чим в одношаровому швидкому.

Сутність роботи двохпоточних фільтрів АКХ полягає в тому, що основна маса води (70%) фільтрується знизу нагору, а менша частина (30%) — як і у звичайних швидких фільтрах — зверху вниз. Завдяки цьому основна маса забруднень затримується в нижній частині фільтра, найбільш грубозернистою, що має більшу брудоємність. Товщина фільтруючого шару у фільтрі АКХ — 1,45-1,65 м. На глибині 0,5-0,6 м від поверхні фільтруючого шару завантаження встановлюється трубчастий дренаж, через який виділяється профільтрована вода.

При промиванні фільтра АКХ спочатку протягом 1 хв промивну воду подають у дренажний простір для розпушення верхнього шару піску, потім протягом 5—6 хв — через розподільну систему, розташовану на дні фільтра. Брудна вода, як і у звичайних фільтрах, збирається в жолобі й виділяється у водостік. Фільтри ДДФ конструктивно відрізняються тим, що мають два шари завантаження (антрацит і пісок, керамзит і пісок) у наддренажному шарі. У фільтрах АКХ і ДДФ затримуюча здатність фільтруючого завантаження використовується по всій її висоті, що дозволяє підвищити швидкість фільтрації до 12—15 м/ч і збільшити продуктивність фільтра на 1 м^2 поверхні в 2 рази.

Після коагуляції, відстоювання і фільтрації вода стає прозорою, безбарвної, очищеною від мікроорганізмів на 70-98%.

7.5.5 Контактні освітлювачі

Сьогодні поряд зі звичайною схемою очищення води шляхом коагуляції, відстоювання й фільтрації застосовують новий тип споруд — контактний освітлювач (КО), який заміняє споруди для обробки води за зазначеною схемою (камеру реакції, відстійник і швидкий фільтр). КО є різновидом швидких фільтрів. Це залізобетонний або металевий резервуар, завантажений гравієм (підтримуючий шар) і піском (фільтруючий шар), величина часток якого поступово зменшується знизу нагору. На дні обладнують дренаж із залізобетонних плит або труб з отворами. Воду,що очищається, разом з коагулянтом подають у дренажний простір. Вона проходить через завантаження фільтра знизу нагору.

Безпосередньо перед подачею в КО оброблюваної води до неї додають розчин коагулянту, що приводить до порушення агрегативної стійкості домішок води за дуже короткий проміжок часу, який проходить від моменту введення коагулянту до початку фільтрації. Подальший процес освітлення води відбувається не у вільному обсязі, як у камерах реакції (пластівцеутворення), а на поверхні завантаження (контактна коагуляція). Під час проходження води через фільтруючий матеріал КО на поверхні зерен утворюється гель, який їх обволікає і адсорбує диспергані зважені і колоїдні частинки, що обумовлюють мутність і кольоровість води. Швидкість фільтрації на КО становить 4,5—5,5 м/ч, тривалість фільтроциклу — близько 8 ч. Промивають КО в напрямку знизу нагору протягом 7—8 хв. Промивна вода видаляється жолобами. КО задовільно працюють при мутності води до 1500 мг/л і кольоровості — до 120°.

7.5.6 Флотація

Для маломутних вод з великим вмістом органічних сполук (а іноді також заліза), що погано піддаються обробці у відстійниках і освітлювачах, ефективним методом кондиціювання є флотація.

Флотація — це процес, сутність якого полягає в тому, що під дією молекулярних сил відбувається злиття колоїдних і дисперсних домішок з пухирцями тонко диспергованого у воді повітря. Комплекси, що утворилися при цьому, спливають і утворюють на поверхні флотатора піну.

Флотоємність частинок різної величини залежить від розмірів пухирців повітря і поверхневого натягу на межі«вода — повітря». Зі зниженням поверхневого натягу ефективність очищення води методом флотації підвищується. Для зниження поверхневого натягу води додають поверхнево активні речовини (флотореагенти), наприклад натрію додецилсульфат, спирт оксисинтезаС6 -С8 і ін.

7.5.7 Спеціальні методи обробки води

Спеціальними методами поліпшення якості питної води є кондиціювання мінерального складу, видалення присмаків, запахів, дезактивація тощо. Усі види кондиціювання мінерального складу води можуть бути розділені на 2 групи:

1) видалення з води надлишку солей або газів (пом'якшення, опріснення, знезалізнення, дезодорація, дезактивація, дефторуванняі ін.);

2) додавання до води тих або інших солей з метою поліпшення її органолептичних властивості або підвищення вмісту мікроелементів, яких недостатньо у воді і харчових

продуктах (фторування). Після спецобробки на водопроводі вода підлягає обов'язковому знезаражуванню.

Дезодорація — усунення присмаків і запахів води. Досягається аерацією води, обробкою окиснювачами (озонуванням, діоксидом хлору, високими дозами хлору, перманганатом калію), фільтруванням через шар активованого вугілля. Вибір методу дезодорації залежить від походження присмаків і запахів.

Знезалізнення проводиться шляхом розбризкування води з метою аерації в спеціальних обладнаннях — градирнях. При цьому двовалентне залізо окислюється до заліза (III) гідроксиду, що осаджується у відстійнику або затримується на фільтрі. Якщо концентрація солей заліза перевищує 5 мг/л, необхідно попереднє осадження його солей.

Пом'якшення — зниження природної жорсткості води. До методів пом'якшення води відносяться: 1) реагентні; 2) іонного обміну; 3) термічний.

З реагентних методів найпоширеніший содово-вапняний, за допомогою якого кальцій і магній осаджуються у відстійнику у вигляді нерозчинних солей (кальцію, магнію карбонатів і ін.). Вапно (кальцію гідроксид), внесене у воду в великій кількості, чим це необхідно для зв'язування вуглекислоти (діоксиду вуглецю), взаємодіє з кальцію гідрокарбонатом,утворюючи кальцію карбонат, який випадає в осад:

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O,$$

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3 + CaCO_3 + 2H_2O.$$

Для видалення кальцію у магнію сульфатів у воду додають розчин натрію карбонату:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + CaCO_3$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = Na_2SO_4 + MgCO_3$$

Більш сучасним методом є фільтрація води через фільтри, заповнені іонітами, — катіонітове пом'якшення.

Іоніти можуть бути природного або штучного (мінерального або органічного) походження, практично нерозчинні у воді й органічних розчинниках. Здатні обмінювати свої іони на іони розчину. Більшість іонітів — високомолекулярні сполуки сітчастої або просторової структури. Іоніти ділять на катіоніти (здатні обмінювати катіони) і аніоніти (здатні обмінювати аніони).

З метою пом'якшення воду фільтрують через шар природніх (глауконітовий пісок) або штучних катіонітів товщиною 2—4 м. При цьому іони кальцію і магнію (Ca^{2+}, Mg^{2+}) води обмінюються на Na^+ або H^+катіоніту. У практиці водопідготовки можуть бути використані лише ті катіоніти, які одержали позитивний висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Пом'якшення води кип'ятінням дає можливість позбавити воду від жорсткості за рахунок розкладання кальцію і магнію гідрокарбонатів до нерозчинних карбонатів, які випадають в осад.

Вибір того або іншого способу визначається необхідним ступенем пом'якшення (найкращий результат, наближений до 100%, дає використання катіонітів), залежить від кількості води, яку необхідно обробити, технічних і економічних розрахунків.

Опріснення води — це видалення розчинених у ній мінеральних солей до нормованих величин, при яких вода стає придатною для пиття або технічних потреб. Найпоширенішими методами опріснення води на водопроводах є дистиляція, хімічні (іонний обмін, реагентні), із застосуванням селективних мембран (електродіаліз, гіперфільтрація) і ін. Опріснену воду обробляють, оптимізуючи для пиття: фільтрують через активоване вугілля (видаляють присмаки й запахи), фторують і збагачують мінеральними солями, пропускаючи через

фільтри з мармуровою крихтою й додаючи частину неопрісненої води.

Опріснення високо-мінералізованих (солонуватих і солоних, у тому числі морських і океанічних) вод є перспективним способом поповнення дефіциту прісних вод у маловодних іаридних районах. Опріснення досягають або видаленням з води надлишків солей, або сепарацією молекул H_2O. Сепарація зв'язана в більшості випадків (крім методу екстракції й зворотного осмосу) з переходом води в пароподібне або тверде (лід) стан, тобто зі зміною її агрегатного стану.

У промисловому масштабі використовують 5 основних методів опріснення води: дистиляції, виморожування, зворотного осмосу, електродіалізу, іонного обміну.

Дистиляційний процес є одним з найбільш дешевих, тому сьогодні як по кількості опріснювальних установок, так і, особливо, по їхній сумарній продуктивності методи дистиляції займають домінуюче положення.

Продуктивність випарних опріснювальних установок суттєво залежить від максимальної температури нагріванняводи, що опрісняється, й ступеню рекуперації тепла. По характеру використання теплової енергії й ступеню її рекуперації дистиляційні установки розділяють на одно-, багатоступінчасті і парокомпресивні.

Вартість теплової енергії становить 30—40% вартості опріснення води методом дистиляції. У зв'язку із цим у районах з високою інтенсивністю сонячної радіації знайшли застосування сонячні опріснювачі парникового типу або з концентрацією сонячного тепла дзеркальними відбивачами. Звичайно максимальна температура нагрівання води в геліоустановках не перевищує 65—70 °С, а їх продуктивність залежить від поверхні, що випаровує, і коливається в межах до 4-5 л/м^2 у добу. Геліоустановки застосовують переважно для одержання невеликої кількості прісної води.

Опріснення води методом виморожування засноване на тому, що температура замерзання солоної води нижче температури замерзання прісної. Методи виморожування більш економічні відносно дистиляції. Оптимальним є охолодження води при 0 °С. Важливою умовою є повільна течія термодинамічних процесів. Технологією цієї групи методів передбачена двоетапність процесу: I етап — часткове опріснення льоду при повільному замерзанні води нижче 0 °С (утворенням агрегатів із кристалів прісного льоду, між якими є порожнечі, заповнені розсолом,що замерз); II етап — одержання прісної води при повільному розтоплюванні льоду (спочатку тане й стікає з першими порціями води розсіл, лід опрісняється й при подальшому таненні утворюється прісна вода).

Мембранні методи є найпростішими, однак вони рентабельні лише при обробці води з невисоким змістом солей.

Електродіалізний метод опріснення води заснований на принципі поділу солей в електричному полі через селективні напівпроникні іонітові мембрани: катіони солей, рухаючись під впливом електричного струму до катода, вільно проходять через катіонітові мембрани і затримуються аніонітовими, аніони солей — навпаки. Позмінне розміщення мембран в електродіалізномуапараті обумовлює утворення камер опрісненої води, що чергуються з камерами концентрату.

Метод зворотного осмосу (гіперфільтрація) заснований на опрісненні води шляхом фільтрації її під високим тиском (50-100 атм) через напівпроникні мембрани, які пропускають молекули води, але затримують більші гідратовані іони розчинених у воді солей. Сьогодні широке застосування одержали мембрани з ацетатів целюлози, поліамідних сполук, поліакрилової кислоти, нейлону.

Метод іонного обміну широко застосовують для опріснення вод із вмістом солі до 2-3 г/л, пом'якшення і глибокого знесолення прісних вод. Він заснований на застосуванні

практично нерозчинних у воді іонообмінних зернистих матеріалів — катіонітів і аніонітів.

Для опріснення води звичайно використовують катіоніти у водневій і аніоніти в гідроксильній формах, тобто, попередньо заряджені відповідно обмінними катіонами водню (Н-катіоніт) або гідроксильними аніонами (ОН-аніоніт). Регенерація катіонітів і аніонітів здійснюється концентрованими в достатній мірі розчинами кислот і лугів за наявності позитивного висновку державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Опріснені води звичайно не зовсім придатні для пиття, що обумовлює потребу у відповідному їхнім кондиціюванні: поліпшенні органолептичних властивостей, доочищенні, корекції макро- і мікроелементного складу, знезаражуванні.

Дезактивація.

Коагуляція, відстоювання і фільтрація води на водопроводах знижує вміст радіоактивних речовин у ній на 70-80%. З метою більш глибокої дезактивації воду фільтрують через катіоно- і аніонообміні смоли.

Дефторування води.

Показання до використання цього методу — підвищений (понад 1,5 мг/л) вміст фтору у воді і велика кількість серед населення хворих флюорозом зубів II і вище ступенів. Дефторування води показане лише тоді, коли для оздоровлення ендемічного вогнища флюорозу неможливо змінити джерело водопостачання або розбавляти його воду водою з низькою концентрацією фтору.

При дефторуванні концентрацію фтору у воді доводять до оптимальної для певної місцевості. Для видалення з води надлишку фтору запропоновано багато методів, які можна розділити на реагентні (методи осадження) і фільтраційні. Реагентні методи ґрунтуються на сорбції фтору свіжоосадженими гідроксидами алюмінію або магнію. Цей метод рекомендується для обробки поверхневих вод, тому що, крім фторування, досягається ще й освітління, і знебарвлення.

Очищення води від надлишку фтору можна проводити за допомогою її фільтрації. У якості іонообмінного матеріалу часто використовують активований і гранульований оксид алюмінію. Іноді зменшити вміст фтору у воді можна за рахунок розведення її водою із джерела з мінімальною кількістю фтору.

Фторуваня води.

Вибір дози фтору повинен забезпечити протикаріозний ефект. Однак, якщо вміст фтор-іону у воді перевищує 1,5-2,0 мг/л, це призведе до захворюваності населення флюорозом. От чому під час фторування води вміст у ній фтор-іона повинен бути в межах 70-80% від максимальних рівнів відповідно до різних кліматичних районів — у межах 0,7-1,5 мг/л.

Для фторування питної води можна використовувати фторвмісні сполуки, зокрема кремнійфтористий натрій (Na_2SiF_6), кремнійфтористу кислоту H_2SiF_6, натрію фторид (NaF), кремнійфтористий амоній ($(NH_4)_2SiF_6$), кальцію фторид (CaF_2), фтористоводневу кислоту (HF).

Є два способи фторування води: протягом року однієї дозою і посезонно зимовою та літньою дозами. У першому випадку протягом року додають однакову дозу фтору, яка відповідає кліматичним умовам населеного пункту. Якщо доза змінюється залежно від сезону року, то в холодний період, коли середньомісячна температура повітря (в 13.00) не перевищує 17—18 °С, воду можна фторувати на рівні 1 мг/л, а в теплий період (наприклад, у червні — серпні) — на більш низькому рівні. Це залежить від середньої максимальної температури (в 13.00) у ці місяці. Наприклад, при температурі 22—26 °С використовують дозу 0,8 мг/л фтор-іона, при 26—30 °С и вище — 0,7 мг/л.

Розділ 8

ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

Знезаражування питної води служить для створення надійного бар'єра на шляху передачі водним шляхом збудників інфекційних хвороб. Методи знезаражування води спрямовані на знищення патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів, чим забезпечується епідемічна безпека води.

Воду знезаражують на кінцевому етапі очищення після освітління й знебарвлення перед надходженням у резервуари чистої води, які одночасно виконують функції контактних камер. Для знезаражування води застосовують реагентні (хімічні) і безреагентні (фізичні) методи.

Реагентні методи засновані на введенні у воду сильних окиснювачів (хлору, діоксиду хлору, озону, ін.), іонів важких металів.

Безреагентні включають термічну обробку, ультрафіолетове опромінення, обробку ультразвуком, γ-опромінення, обробку струмом надвисокої частоти.

Метод вибирають залежно від кількості і якості вихідної води, методів її попереднього очищення, вимог до надійності знезаражування, з урахуванням техніко-економічних показників, умов поставки реагентів, наявності транспорту, можливості автоматизації процесу.

8.1 Знезаражування води хлором і його сполуками

На сьогоднішній день найпоширенішим методом знезаражування води на водопровідних станціях залишається хлорування. Серед хлорвмісних сполук, враховуючи певні гігієнічні і технічні переваги, найчастіше використовують рідкий хлор. Можливе також застосування хлорного вапна, кальцію і натрію гіпохлориту, хлорамінів і ін.

Для використання в практиці господарсько-питного водопостачання допускаються лише хлорвмісні сполуки, що пройшли гігієнічну апробацію і одержали позитивний висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Вперше в практиці водопідготовки хлор був застосований задовго до відкриття Л. Пастером мікробів, доказу Р. Кохом етіологічного значення патогенних мікроорганізмів у розвитку інфекційних хвороб, остаточного усвідомлення Т. Ешерихом мікробіологічної сутності водних епідемій і бактерицидних властивостей хлору. Застосовували його з метою дезодорації води, яка мала неприємний "септичний" запах. Хлор виявився дуже ефективним дезодорантом і, крім того, після обробки води хлором у людей значно рідше діагностували кишкові інфекції. З початком хлорування води в багатьох країнах Європи припинилися епідемії черевного тифу і холери. Було висловлено припущення, що причиною хвороб були поганий запах і смак води, які ефективно усував хлор. Лише згодом довели мікробну етіологію водних епідемій кишкових інфекцій і визнали роль хлору як знезаражуючого агента.

Для хлорування води застосовують рідкий хлор, який зберігається під тиском у спеціальній тарі (балонах, контейнерах), або речовини, що містять активний хлор.

8.1.1 Хлорування води рідким хлором

Хлор є газом жовто-зеленого кольору з різким, неприємним заходом. Атомна вага хлору 35,457. У вільному стані хлор утворює молекулу із двох атомів С1. При атмосферному тиску і звичайній температурі хлор перебуває в газоподібному стані. При зниженні температури або при підвищенні тиску хлор переходить із газоподібного в рідкий стан. Рідкий хлор — маслянista рідина, яка має темно-зеленувато-жовте

забарвлення. Рідкий хлор, що відпускається промисловістю, повинен містити не менш 99,5% (за об'ємом) хлору Cl_2. Питома вага рідкого хлору при 15° 1,4273.

Газоподібний хлор добре розчиняється у воді, причому розчинність його знижується з підвищенням температури. При розчиненні газоподібного хлору у воді утворюється так звана хлорна вода. Швидкість розчинення хлору у воді може бути збільшена шляхом перемішування. Випаровуючись в атмосферних умовах при температурі 0° і тиску 760 мм рт. ст., 1 кг рідкого хлору дає 316 л газу. Хлор для знезаражування води доставляється на водопровідні станції в рідкому виді, а перед його застосуванням переводиться в газоподібний стан. Внаслідок значної розчинності хлору введення його у воду не зустрічає утруднень.

При розчиненні хлору має місце наступна реакція:

$$Cl_2 + H_2O = HOCl + H^+ + Cl^-.$$

Гідроліз Cl_2 дає 99,9% HOCl при 0° і 99,97% при 25°.

Далі відбувається дисоціація з утворення хлорнуватистої кислоти:

$$HIC1 \leftrightarrow H^+ + OC1^-$$

У результаті дисоціації хлорнуватистої кислоти утворюються гіпохлорит-іони $OC1^-$, які поряд з недисоційованими молекулами хлорнуватистої кислоти мають бактерицидну властивість. Суму Cl_2 + HOC1 + $OC1^-$ називають вільним активним хлором.

При введенні у воду аміаку утворюються монохлораміни NH_2Cl і дихлораміни $NHCl_2$, які також виявляють бактерицидну дію, трохи меншу, чим вільний хлор, але більш тривалу. Хлор у вигляді хлорамінів, на відміну від вільного, називається зв'язаним активним хлором.

Гіпохлорит кальцію $Ca(OC1)_2$ одержують насиченням вапняного молока газоподібним хлором і наступним відділенням $Ca(OC1)_2$ від надлишку продуктів реакції. У товарному гіпохлориті кальцію міститься від 30 до 45% $C1_2$. Гіпохлорит кальцію не гігроскопічний і може, не втрачаючи активності, довго зберігатися в сухому темному прохолодному приміщенні.

Сьогодні у практику водопостачання впроваджується хлорування води гіпохлоритом натрію, який одержують електролітичним способом на місці споживання шляхом електролізу концентрованого розчину хлориду натрію. Електролітичний спосіб отримання гіпохлорита натрію заснований на одержанні хлору і його взаємодії з лугом у тому самому апараті-електролізері. При електролізі хлориду натрію на катоді розряджаються молекули води з виділенням водню:

$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + OH^-$$

Гідроксильні іони, що залишаються в розчині, утворюють із іонами натрію розчин лугу. На аноді розряджаються іони $C1^-$ з виділенням газоподібного хлору:

$$2C1 \rightarrow 2e \rightarrow C1_2.$$

При розчиненні хлору в аноліті відбувається його гідроліз із утворенням хлорнуватистої і соляної кислот:

$$C1_2 + H_2O \leftrightarrow HC1O + HC1.$$

Як тільки в прианодному просторі виявиться надлишкова лужність, відразу ж відбувається утворення гіпохлориту натрію

$$HC1O + NaOH = NaC1O + H_2O.$$

Якщо порівняти процеси, що відбуваються при введенні в оброблювану воду гіпохлориту натрію

$$NaC1O + H_2O = NaOH + HC1O;\ HOC1 \leftrightarrow H^+ + C1O^-$$

і газоподібного хлору

$$C1_2 + H_2O \leftrightarrow HC1O + HC1;$$

$$HOC1 \leftrightarrow H^+ + C1O^-$$

то видно, що в обох випадках утворюються ті самі агенти — HOC1 и $C1O^-$.

Іншими словами, знезаражування води електролітичним гіпохлоритом натрію представляє по суті один з видів хлорування.

При pH<6,0 майже весь вільний хлор залишається у вигляді недисоційованої HC1O. Зі збільшенням pH збільшується ступінь дисоціації. Після pH 9,0 майже весь вільний хлор перебуває у вигляді OCl^-.

Таким чином, при знезаражуванні води всіма зазначеними вище сполуками ($C1_2$, гіпохлорити, хлорне вапно) активними є HOC1 и OCl^-. Співвідношення їх буває різним і обумовлюється pH середовищем.

Електролізерні установки розділяють на проточні і порціонні. До їхнього складу входять електролізери, різнотипні баки. Розчин натрію хлориду 10% концентрації подають у бак постійного рівня, звідки розчин випливає з постійною витратою. Після заповнення бачка-дозатора спрацьовує сифон і зливає певний обсяг розчину в електролізер. Під впливом електричного струму в електролізері утворюється натрію гіпохлорит. Нові порції розчину солі виштовхують натрію гіпохлорит у видатковий бак, з якого він дозується насосом-дозатором. Бак-накопичувач повинен вміщати обсяг натрію гіпохлориту не менш ніж на 12 годин.

Перевагою одержання натрію гіпохлориту електролітичним методом у місці застосування є те, що відпадає необхідність у транспортуванні і зберіганні токсичного зрідженого хлору. Серед недоліків можна назвати значні енерговитрати.

8.1.2 Знезаражування води прямим електролізом

Метод полягає в прямому електролізі прісної води, у якій природний вміст хлоридів не нижче 20 мг/л, а жорсткість — не вище 7 мМоль/л. Застосовують на водопровідних станціях потужністю до 5000 $м^3$/доба. Внаслідок прямого електролізу

на аноді відбувається розрядження хлорид-іонів, що перебувають у воді, і утворюється молекулярний хлор, який гідролізується з утворенням хлорнуватистої кислоти.

Під час обробки електролізом води з pH у межах 6—9 головними дезінфекційними агентами є хлорнуватиста (гіпохлоритна) кислота HClO, гіпохлорит-аніон $C1O^-$ і монохлораміни NH_2C1, які утворюються внаслідок реакції між HClO і амонійними солями, що містяться в природній воді. Одночасно під час обробки води електролітичним методом на мікроорганізми діє електричне поле, у якому вони перебувають, що підсилює бактерицидний ефект.

8.1.3 Знезаражування води сполуками хлору

Знезаражування води хлорним вапном застосовують на малих водопровідних станціях (продуктивністю до 3000 $м^3$/доба), попередньо приготувавши розчин. Хлорним вапном також заповнюють керамічні патрони для знезаражування води в шахтних колодязях або на локальних водопроводах.

Хлорне вапно — білий порошок з різким запахом хлору й сильними окиснюючими властивостями. Це суміш кальцію гіпохлориту і кальцію хлориду. Одержують хлорне вапно з вапняків. Кальцію карбонат при температурі 700 °С розпадається з утворенням кальцію оксиду, який після взаємодії з водою перетворюється в гашене вапно (кальцію гідроксид). При взаємодії хлору з гашеним вапном утворюється хлорне вапно.

Технічний продукт містить не більш 35% активного хлору. У процесі зберігання хлорне вапно частково розкладається. Те ж відбувається з кальцію гіпохлоритом. Світло, вологість і висока температура прискорюють втрату активного хлору. Хлорне вапно втрачає приблизно 3-4% активного хлору на місяць внаслідок реакцій гідролізу й розкладання на

світлі. У вологому приміщенні хлорне вапно розкладається, утворюючи хлорнуватисту кислоту:

$$2CaOCl_2 + 2H_2O \rightarrow CaCl_2 + Ca(OH)_2 + 2HClO.$$

Тому перед використанням хлорного вапна і кальцію гіпохлориту перевіряють їхню активність — виражений у відсотках вміст активного хлору у хлорвмісному препараті.

Бактерицидною дією хлорне вапно, так само, як і гіпохлорити, зобов'язані групі (ClO), яка у водному середовищі утворює хлорнуватисту кислоту:

$$2CaOCl_2 + 2H_2O \rightarrow CaCl_2 + Ca(OH)_2 + 2HClO.$$

До хлорвмісних препаратів відносяться і хлораміни (неорганічні і органічні), які в практиці водопідготовки використовують обмежено, але застосовують як знезаражуючі агенти під час проведення заходів щодо дезінфекції, зокрема в лікувально-профілактичних установах. Неорганічні хлораміни (монохлораміни NH_2Cl і дихлораміни $NHCl_2$) утворюються при взаємодії хлору з аміаком або амонійними солями:

$$NH_3 + Cl_2 = NH_2Cl + HCl,$$
$$NH_2Cl + Cl_2 = NHCl_2 + HCl.$$

Разом з неорганічними сполуками хлору для знезаражування використовують і органічні хлораміни (RNHCl, $RNCl_2$). Їх одержують у процесі взаємодії хлорного вапна з амінами або їх солями. При цьому один або два атоми водню амінної групи заміщаються хлором. Різні хлораміни містять 25-30% активного хлору.

8.1.4 Механізм бактерицидної дії хлору

Процес знезаражування води хлорвмісними препаратами відбувається в кілька стадій:

1. Гідроліз хлору і хлорвмісних препаратів:

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HClO;$$

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2HClO;$$
$$2CaOCl_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + CaCl_2 + 2HClO.$$

2. Дисоціація хлорнуватистої кислоти.

При pH ~ 7,0 HClO дисоціює: $HClO \rightarrow H^+ + ClO^-$

3. Дифузія в бактеріальну клітку молекули HClO та іона ClO^-.

4. Взаємодія знезаражуючого агента з ензимами мікроорганізмів, які окиснюються хлорнуватистою кислотою і гіпохлорит-іоном.

Активний хлор (HClO и ClO^-) спочатку дифундує усередину бактеріальної клітки, а потім вступає в реакцію з ферментами. Найбільшу бактерицидну і віруліцидну дію виявляє недисоційована хлорнуватиста кислота (HClO). Швидкість процесу знезаражування води визначається кінетикою дифузії хлору усередину бактеріальної клітки і кінетикою відмирання клітин у результаті порушення метаболізму. З підвищенням концентрації хлору у воді, її температури і з переходом хлору в недисоційовану форму хлорнуватистої кислоти, яка легко дифундується, загальна швидкість процесу дезінфекції підвищується.

Механізм бактерицидної дії хлору полягає в окисненні органічних сполук бактеріальної клітини: коагуляції і ушкодженні її оболонки, пригнобленні і денатурації ферментів, що забезпечують обмін речовин і енергії. Найбільше всього ушкоджуються тіолові ферменти, що містять SH-групи, які окиснюються хлорнуватистою кислотою і іоном гіпохлориту. Серед тіолових ферментів активніше всього інгібується група дегідрогеназ, які забезпечують дихання і енергетичний обмін бактеріальної клітини. Під впливом хлорнуватистої кислоти і гіпохлорит-іона інгібуються дегідрогенази глюкози, етилового спирту, гліцерину, бурштинової, глютамінової, молочної, піровиноградної кислот, формальдегіду і ін. Інгібування дегідрогеназ приводить до гальмування процесів окиснення на

початкових етапах. Наслідком цього є як гальмування процесів розмноження бактерій (бактеріостатична дія), так і їхня загибель (бактерицидна дія).

Механізм дії активного хлору на віруси складається із двох фаз. Спочатку відбуваються адсорбція хлорнуватистої кислоти і гіпохлорит-іона на оболонці вірусу і проникнення через неї, а потім — інактивація ними РНК або ДНК вірусу.

З підвищенням значення pH бактерицидність хлору у воді знижується. Наприклад, для зменшення кількості бактерій у воді на 99% при дозі вільного хлору 0,1 мг/л тривалість контакту збільшується з 6 до 180 хв. при підвищенні pH відповідно з 6 до 11. Отже, воду доцільно знезаражувати хлором при низьких значеннях pH, тобто до введення лужних реагентів.

Наявність у воді органічних сполук, здатних до окиснення, неорганічних відновлювачів, а також колоїдних і зважених речовин, що обволікають мікроорганізми, приводить до вповільнення процесу знезаражування води.

Взаємодія хлору з компонентами води — складний і багатостадійний процес. Невеликі дози хлору повністю зв'язуються органічними речовинами, неорганічними відновлювачами, зваженими частками, гуміновими речовинами і мікроорганізмами води. Для надійного знезаражуючого ефекту води після її хлорування необхідно визначати залишкові концентрації вільного або зв'язаного активного хлору.

При хлоруванні води, що не містить аміаку або інших азотовмісних сполук, із збільшенням кількості внесеного у воду хлору зростає вміст у ній залишкового вільного хлору. Але картина міняється при наявності у воді аміаку, амонійних солей і інших азотовмісних сполук, які є складовою частиною природної води або штучно вносяться в неї. При цьому хлор і хлорні агенти взаємодіють із присутнім у воді аміаком, амонійними і органічними солями, що містять амі-

ногрупи. Це приводить до утворення моно- і дихлорамінів, а також надзвичайно нестійких трихлорамінів:

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH;$$
$$Cl_2 + H_2O = HClO + HCl;$$
$$HClO + NH_4OH = NH_2Cl + H_2O;$$
$$HClO + NH_2Cl = NHCl_2 + H_2O;$$
$$HClO + NHCl_2 = NHCl_3 + H_2O.$$

Хлораміни є зв'язаним активним хлором, бактерицидна дія якого в 25—100 раз менша, чим у вільного хлору. Крім того, залежно від pH води змінюється співвідношення між моно- і дихлораминами. При низьких значеннях pH (5—6,5) переважно утворюються дихлораміни, а при більших значеннях pH (більше 7,5) — монохлораміни, бактерицидна дія яких в 3—5 раз слабкіша, чим дихлорамінів. Бактерицидність неорганічних хлорамінів в 8—10 раз вища, чим хлорпохідних органічних амінів. При додаванні до води невисоких доз хлору при молярному співвідношенні $Cl_2 : NH_4 < 1$ утворюються моно- і дихлораміни. Тому у воді накопичується залишковий зв'язаний з амінами хлор.

Безаміачної води в природі немає. Її можна приготувати лише в лабораторних умовах з дистильованої води.

При збільшенні дози хлору утворюється більше хлорамінів і концентрація залишкового зв'язаного хлору підвищується до максимуму.

При подальшому збільшенні дози хлору молярне співвідношення введеного хлору і іона амонію, що міститься у воді, стає більше одиниці. При цьому моно-, ди- і, особливо, трихлораміни окиснюються надлишковим хлором відповідно до наведених реакцій:

$$NHCl_2 + NH_2Cl + HClO^- \rightarrow N_2O + 4HCl;$$
$$NHCl_2 + H_2O \rightarrow NH(OH)Cl + HCl;$$
$$NH(OH)Cl + 2HClO \rightarrow HNO_3 + 3HCl;$$
$$NHCl_2 + ClO^- \rightarrow NHCl_3 + H_2O;$$

$$4NH_2C1 + 3C1_2 + H_2O = N_2 + N_2O + 10HC1;$$
$$24NHC1_3 + CI_2 + 16H_2O = N_2 + 8NO_2 + 32HC1.$$

При молярному співвідношення Cl_2 : NH до 2 (10 мг Cl_2 на 1 мг N_2 у вигляді NH) внаслідок окиснення хлорамінів надлишковим хлором кількість залишкового зв'язаного хлору у воді різко знижується, що називається точкою перелому. Графічно вона має вигляд глибокого провалу на кривій залишкового хлору.

При подальшому збільшенні дози хлору після точки перелому концентрація залишкового хлору у воді знову починає поступово зростати. Цей хлор не пов'язаний із хлорамінами, зветься вільним залишковим (активним) хлором і має найвищу бактерицидну активність. Діє на бактерії і віруси подібно активному хлору при відсутності у воді аміаку і амонійних сполук.

Як свідчать дані досліджень, воду можна знезаражувати двома дозами хлору: до- і післяпереломною. Однак при хлоруванні допереломною дозою вода знезаражується за рахунок дії хлорамінів, а при хлоруванні післяпереломною — вільного хлору.

8.1.5 Хлорпоглинаємість води

Під час знезаражування води хлор, що додається, витрачається як на взаємодію з мікробними клітинами і вірусами, так і на окиснення органічних і мінеральних сполук (сечовини, сечової кислоти, креатиніну, аміаку, гумінових речовин, солей двовалентного заліза, амонійних солей, карбаматів і ін.), які містяться у воді у зваженому і розчиненому стані. Кількість хлору, поглиненого домішками води (органічними речовинами, неорганічними відновлювачами, зваженими частками, гуміновими речовинами і мікроорганізмами), називається хлорпоглинаємістю води. Оскільки природні води

мають різний склад, величина їх хлорпоглинаємості не однакова. Таким чином, хлорпоглинаємість— це кількість активного хлору, який поглинається зваженими частками і витрачається на окиснення бактерій, органічних і неорганічних сполук, що містяться в 1л води.

Розраховувати на успішне знезаражування води можна лише при наявності деякого надлишку хлору стосовно кількості, яка поглинається бактеріями і різними сполуками, що містяться у воді. Ефективною є доза активного хлору, рівна сумарній кількості поглиненого і залишкового хлору. Із присутністю у воді залишкового хлору (або, як його ще називають, надлишкового) пов'язана ефективність знезаражування води.

При хлоруванні води рідким хлором, кальцію і натрію гіпохлоритами, хлорним вапном 30-хвилинний контакт забезпечує надійний знезаражуючий ефект при концентрації залишкового хлору не менше 0,3 мг/л. Але при хлоруванні із преамонізацією контакт повинен бути протягом 1-2 год., а ефективність знезаражування буде гарантованої при наявності залишкового зв'язаного хлору в концентрації не менш 0,8 мг/л.

Хлор і хлорвмісні сполуки значною мірою впливають на органолептичні властивості питної води (запах, присмак), а в певних концентраціях дратують слизуваті оболонки ротової порожнини і шлунку. Гранична концентрація залишкового хлору, при якій питна вода не здобуває хлорного запаху і присмаку, встановлена для вільного хлору на рівні 0,5 мг/л, а для зв'язаного — 1,2 мг/л. По токсикологічних ознаках граничною концентрацією активного хлору в питній воді є 2,5 мг/л.

Отже, для знезаражування води необхідно додати таку кількість хлорвмісного препарату, щоб після обробки вода містила 0,3-0,5 мг/л залишкового вільного або 0,8-1,2 мг/л залишкового зв'язаного хлору. Такий надлишок активного

хлору не погіршує смаку води, не шкодить здоров'ю, але гарантує її надійне знезаражування.

Таким чином, для ефективного знезаражування до води додають дозу активного хлору, рівну сумі хлорпоглинаємості і залишкового активного хлору.

Хлорпоглинаємість води — це кількість активного хлору (у міліграмах), необхідна для ефективного знезаражування 1 л води, що забезпечує вміст залишкового вільного хлору в межах 0,3-0,5 мг/л після 30-хвилинного контакту з водою, або кількість залишкового зв'язаного хлору в межах 0,8-1,2 мг після 60-хвилинного контакту.

Вміст залишкового активного хлору контролюють після резервуарів чистої води перед подачею у водогінну мережу. Оскільки хлорпоглинаємість води залежить від її складу і є неоднаковою для води з різних джерел, то в кожному випадку хлорпоглинаємість визначають експериментально шляхом пробного хлорування. Орієнтовно хлорпоглинаємість освітленої і знебарвленої коагуляцією, відстоюванням і фільтрацією річкової води коливається в межах 2-3 мг/л (іноді — до 5 мг/л), води підземних міжпластових вод — у межах 0,7-1 мг/л.

Фактори, що впливають на процес хлорування води, пов'язані з:

1) біологічними особливостями мікроорганізмів;

2) бактерицидними властивостями хлорвмісних препаратів;

3) станом водного середовища;

4) умовами, у яких здійснюється знезаражування.

Відомо, що спорові культури в багато разів більш стійкі, чим вегетативні форми, до дії дезінфікуючих засобів. Ентеровіруси більш стійкі, ніж кишкові бактерії. Сапрофітні мікроорганізми більш резистентні, ніж патогенні. При цьому серед патогенних мікроорганізмів найбільш чутливими до

хлору є збудники черевного тифу, дизентерії, холери. Збудник паратифу В більш стійкий до дії хлору. Крім того, чим вища ініціальна контамінація води мікроорганізмами, тем нижча при однакових умовах ефективність знезаражування.

Бактерицидна активність хлору і його сполук пов'язана з величиною його окисно-відновного потенціалу. Окисно-відновний потенціал зростає при однакових концентраціях у ряді: хлорамін → хлорне вапно → хлор → діоксид хлору.

Ефективність хлорування залежить від властивостей і складу водного середовища, а саме: від вмісту зважених речовин і колоїдних сполук, концентрації розчинених органічних сполук і неорганічних відновлювачів, pH води, її температури.

Зважені речовини і колоїди перешкоджають впливу дезінфікуючого агента на мікроорганізми, що перебувають у товщі частки, поглинають активний хлор внаслідок адсорбції і хімічного зв'язування. Вплив на ефективність хлорування органічних сполук, розчинених у воді, залежить як від їхнього складу, так і від властивостей хлорвмісних препаратів. Так, азотовмісні сполуки тваринного походження (білки, амінокислоти, аміни, сечовина) активно зв'язують хлор. Сполуки, що не містять азоту (жири, вуглеводи), слабкіше реагують із хлором. Оскільки наявність у воді зважених речовин, гумінових і інших органічних сполук знижує ефект хлорування, для надійного знезаражування каламутні і підвищеної кольоровості води попередньо освітлюють і знебарвлюють.

При зниженні температури води до 0—4 °С зменшується бактерицидний ефект хлору. Ця залежність особливо помітна в дослідах з високою ініціальною контамінацією води та у випадку хлорування її невисокими дозами хлору. У практиці роботи водопровідних станцій, якщо забруднення води джерела відповідає нормативним вимогам, зниження температури помітно не впливає на ефективність знезаражування.

Механізм впливу pH води на її знезаражування хлором пов'язаний з особливостями дисоціації хлорнуватистої кислоти: у кислому середовищі рівновага зміщується убік молекулярної форми, у лужному — іонній формі. Хлорнувата кислота в недисоційованій молекулярній формі краще проникає через оболонки в середину бактеріальної клітини, чим гідратовані іони гіпохлориту. Тому, в кислому середовищі процес знезаражування води прискорюється.

На бактерицидний ефект хлорування значно впливають доза реагенту і тривалість контакту: бактерицидний ефект зростає при підвищенні дози і збільшенні тривалості дії активного хлору.

8.1.6 Способи хлорування води

Існує кілька способів хлорування води з урахуванням характеру залишкового хлору, вибір яких визначається особливостями складу оброблюваної води. Серед них:

1) хлорування післяпереломними дозами;

2) звичайне хлорування або хлорування за хлорпоглинаємістю;

3) суперхлорування;

4) хлорування із преамонізацією.

У перших трьох варіантах воду знезаражують вільним активним хлором. При хлоруванні із преамонізацією бактерицидний ефект обумовлений дією хлорамінів, тобто зв'язаного активного хлору. Крім того, застосовуються комбіновані способи хлорування.

Хлорування післяпереломними дозами передбачає, що після 30 хв. контакту у воді буде присутній вільний активний хлор. Дозу хлору підбирають таким чином, щоб вона була трохи вище тієї дози, при якій утворюється перелом на кривій залишкового хлору. Підібрана таким способом доза обумовлює появу у воді залишкового вільного хлору в найменшій кількості. Цей метод вирізняється ретельним добором дози. Він дає стійкий і надійний бактерицидний ефект, перешкоджає появі запахів у воді.

Звичайне хлорування (хлорування за хлорпоглинаємістю) є найпоширенішим способом знезаражування питної води при централізованому господарсько-питному водопостачанні. Хлорування за хлорпоглинаємістю проводиться такою післяпереломною дозою, яка через 30 хв. контакту забезпечує присутність у воді залишкового вільного хлору в межах 0,3-0,5 мг/л.

Оскільки природні води суттєво відрізняються за складом і тому мають різну хлорпоглинаємість, її визначають експериментально шляхом дослідного хлорування води, що підлягає знезаражуванню. Крім правильного вибору дози хлору, обов'язковою умовою ефективного знезаражування води є ретельне змішування і час експозиції, тобто час контакту хлору з водою (не менше 30 хв.).

Як правило, на водопровідних станціях хлорування за хлорпоглинаємістю проводять після освітлення й знебарвлення води. Хлорпоглинаємість такої води коливається в межах 1-5 мг/л. Оптимальну дозу хлору вводять у воду відразу після фільтрації перед РЧВ.

Виходячи із хлорпоглинаємості, можна проводити й подвійне хлорування, при якому перший раз хлор подають у змішувач перед камерою реакції, а другий — після фільтрів. При цьому експериментально певну оптимальну дозу хлору не змінюють. Хлор при введенні в змішувач перед камерою реакції поліпшує коагуляцію і знебарвлення води, чим дає можливість знизити дозу коагулянту. Крім того, він пригнічує ріст мікрофлори, яка забруднює пісок на фільтрах. Загальні витрати хлору при подвійному хлоруванні практич-

но не збільшуються і залишаються майже такими ж, як і при одноразовому.

Подвійне хлорування заслуговує широкого застосування. До нього слід звертатися в тих випадках, коли забруднення річкової води порівняно високе або часто коливається. Подвійне хлорування підвищує санітарну надійність знезаражування води.

Суперхлорування (перехлорування) є способом знезаражування води, при якому використовуються підвищені дози активного хлору (5-20 мг/л). Ці дози фактично є післяпереломними. До того ж вони значно перевищують хлорпоглинаємість природної води і обумовлюють наявність у ній високих (понад 0,5 мг/л) концентрацій залишкового вільного хлору. Тому, метод суперхлорування не вимагає попереднього визначення хлорпоглинаємості води і ретельного добору дози активного хлору, однак після знезаражування необхідно вилучити надлишковий вільний хлор.

Суперхлорування використовують при особливій епідеміологічній обстановці, при неможливості визначити хлорпоглинаємість води і забезпечити достатній час контакту хлору з водою, а також з метою попередження появи запахів води і боротьби з ними. Цей метод зручний у воєнно-польових умовах, при надзвичайних ситуаціях.

Суперхлорування ефективно забезпечує надійне знезаражування навіть мутної води. Від високих доз активного хлору гинуть стійкі до дії дезинфектантів збудники, такі, як рикетсії Бернетта, цисти дизентерійної амеби, мікобактерії туберкульозу і віруси. Але навіть такі дози хлору не можуть надійно знезаразити воду від спор сибірської виразки і яєць гельмінтів.

При суперхлоруванні залишковий вільний хлор у знезараженій воді значно перевищує 0,5 мг/л, що робить воду непридатної для вживання внаслідок погіршення її органолептичних властивостей (різкий захід хлору). Тому виникає необхідність у звільненні її від надлишку хлору. Такий процес називається дехлоруванням. Якщо надлишок залишкового хлору невеликий, його можна вилучити шляхом аерації. В інших випадках воду очищають, фільтруючи через шар активованого вугілля або за допомогою хімічних методів, таких, як обробка натрію гіпосульфітом (тіосульфатом), натрію бісульфітом, сірчистим ангідридом (діоксидом сірки), сульфатом заліза. На практиці застосовують переважно натрію гіпосульфіт (тіосульфат) — $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$. Кількість його розраховують залежно від кількості надлишкового хлору, виходячи з наступної реакції:

$$Na_2S_2O_3 + C1_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HCI + S_2.$$

Згідно з наведеною реакцією зв'язування між активним хлором і натрію гіпосульфітом при мольному співвідношенні 1:1, на 0,001 г хлору використовується 0,0035 г кристалогідрата натрію гіпосульфіта, або на 1 мг хлору — 3,5 мг $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$.

8.1.7 Хлорування із преамонізацією

Метод хлорування з преамонізацією використовується:

1) з метою запобігання появи неприємних специфічних запахів, які виникають після хлорування води, що містить фенол, бензол і етилбензол;

2) для запобігання утворення канцерогенних речовин (хлороформ і ін.) при хлоруванні питної води, що містить гумінові кислоти, вуглеводні метанового ряду;

3) для зниження інтенсивності запаху і присмаку хлору, особливо відчутного в літню пору;

4) для економії хлору при високій хлорпоглинаємості води й відсутності запахів, присмаків і високого бактеріального забруднення. Якщо природна вода містить феноли (на-

приклад, внаслідок забруднення водойм стічними водами промислових підприємств) навіть у незначних кількостях, то при знезаражуванні хлорвмісними сполуками, які гідролізуються з утворенням хлорнуватистою кислоти, вільний активний хлор відразу ж взаємодіє з фенолом, утворюючи хлорфеноли, які навіть у невеликих концентраціях надають воді аптечний присмак і запах.

У той же час зв'язаний активний хлор — хлораміний, маючи більш низький окисно-відновний потенціал, не взаємодіє з фенолом з утворенням хлорфенолів, і тому під час знезаражування не погіршуються органолептичні властивості води. Аналогічно вільний активний хлор здатний взаємодіяти з вуглеводнями метанового ряду з утворенням тригалометанів (хлороформу, дибромхлорметану, дихлорбромметану), що є канцерогенами. Запобігти їхньому утворенню можна, знезаражуючи воду зв'язаним активним хлором.

При хлоруванні із преамонізацією у воду, яку знезаражують, спочатку додають розчин аміаку або його солей, а через 1—2 хв. вводять хлор. Внаслідок цього у воді утворюються хлораміни (монохлораміни NH_2C1 і дихлораміни $NHC1_2$), які мають бактерицидну дію.

Співвідношення речовин, що утворюються, залежить від pH, температури і кількості реагуючих сполук. Ефективність хлорування із преамонізацією залежить від співвідношення NH_3 і $C1_2$, причому використовують дози цих реагентів у пропорціях 1:2, 1:4, 1:6, 1:8. Для води кожного джерела водопостачання необхідно підбирати найбільш ефективне співвідношення. Швидкість знезаражування води хлорамінами нижча, чим швидкість дезінфекції вільним хлором, тому тривалість дезінфекції води у випадку хлорування із преамонізацією повинна бути не менше 2 години. Особливості бактерицидної дії хлорамінів, а також їх

здатність не утворювати хлорпохідні, специфічні запахи пояснюється їх значно меншою окисною активністю, оскільки окисно-відновний потенціал хлорамінів значно нижче, чим у хлору.

Крім преамонізації (введення аміаку за 1-2 хв до введення хлору), іноді застосовують постамонізацію, коли аміак вводять після хлору безпосередньо в резервуари із чистою водою. Завдяки цьому хлор фіксується довше, чим досягається збільшення тривалості його дії.

8.1.8 Комбіновані способи хлорування води

Крім розглянутих методів хлорування води, запропоновано ряд комбінованих, коли разом із хлорвмісними сполуками використовують ще один хімічний або фізичний дезінфікуючий агент, який підвищує ефект знезаражування. Хлорування можна комбінувати з обробкою води солями срібла (хлорсрібний метод), калію перманганатом (хлорування з манганування), озоном або ультрафіолетом, ультразвуком і т.п.

Хлорування з манганування (з додаванням розчину $KMnO_4$) використовують при необхідності посилення окисної і бактерицидної дії хлору, тому що калію перманганат більш сильний окиснювач. Спосіб слід застосовувати при наявності у воді запахів і присмаків, які обумовлені органічними речовинами, водоростями. При цьому калію перманганат вводять до хлорування. Додавати $KMnO_4$ слід перед відстійниками в дозах 1—5 мг/л або перед фільтрами в дозі 0,08 мг/л. Відновлюючись до нерозчинного у воді MnO_2, він повністю затримується у відстійниках і на фільтрах.

Хлорсрібний метод використовували на суднах річкового флоту (на установках КВУ-2 і УКВ-0,5). Він забезпечує посилене знезаражування води і її консервацію на тривалий

строк (до 6 міс) при додаванні іонів срібла в кількості 0,05-0,1 мг/л.

Крім того, хлорсрібний метод використовують для знезаражування води в плавальних басейнах, де необхідно в міру можливості знизити дозу хлору. Це можливо тому, що бактерицидна дія забезпечується в межах сумарного ефекту доз хлору й срібла.

Бактерицидна, віруліцидна і окисна дія хлору може бути посилена за рахунок одночасного впливу ультразвуком, ультрафіолетовим випромінюванням, постійним електричним струмом.

8.1.9 Критерії знезаражування води хлором

Контроль над ефективністю хлорування води проводять на водопровідних станціях за непрямими показниками, які свідчать про епідемічну безпеку води.

Проби води відбирають після резервуарів чистої води перед подачею у водогінну мережу. Контроль ефективності хлорування по залишковому активному хлору здійснюють щогодини, тобто 24 рази в добу. Хлорування вважається ефективним, якщо вміст залишкового вільного хлору перебуває в межах 0,3-0,5 мг/л через 30 хв. контакту, або вміст залишкового зв'язаного хлору становить 0,8-1,2 мг/л через 60 хв контакту.

За мікробіологічними показниками епідемічної безпеки воду після РЧВ досліджують двічі в добу, тобто 1 раз в 12 годин. У воді після знезаражування визначають загальне мікробне число і загальні коліформи. Знезаражування води вважається ефективним, якщо загальні коліформи відсутні у 100 мл води, а загальне мікробне число не перевищує 100 КУО/мл.

8.1.10 Негативні наслідки хлорування води для здоров'я населення

У результаті реакції хлору з гуміновими сполуками, продуктами життєдіяльності гідробіонтів і деякими речовинами промислового походження утворюються десятки небезпечних галоформних сполук, у тому числі канцерогени, мутагени і високотоксичні речовини із ГДК на рівні мікрограмів на 1л. Індикаторами цієї групи є тригалометани: хлоро- і бромоформ, дибромхлорметан, бромдихлорметан. У знезараженій питній воді і воді гарячого водопостачання найчастіше та у більш високих концентраціях виявляють хлороформ — канцероген групи 2Б, за класифікації МАІР.

Галоформні сполуки надходять в організм із водою не тільки ентерально. Деякі речовини проникають через неушкоджену шкіру під час контакту з водою, зокрема при плаванні в басейні. Під час приймання ванни або душу галоформні сполуки попадають у повітря. Аналогічний процес відбувається в процесі кип'ятіння води, білизни, готування їжі.

З урахуванням небезпеки для здоров'я людини галоформних сполук розроблено комплекс заходів щодо зниження їх рівнів у воді. Він передбачає:

- охорону джерела водопостачання від забруднення стічними водами, які містять попередники галоформних сполук;
- зниження евтрофікації поверхневих водойм;
- відмову від перехлорування (первинного хлорування) або його заміну ультрафіолетовим опроміненням або додавання сульфату міді;
- оптимізацію коагуляції для зниження кольоровості води, тобто видалення гумінових речовин (попередників галоформних сполук);

• використання дезінфектантів, що мають меншу здатність до утворення галоформних сполук, зокрема діоксиду хлору, хлорамінів;

• використання хлорування із преамонізацією;

• аерацію води або використання гранульованого активованого вугілля як найбільш ефективного способу видалення галоформних сполук із води.

Вивчення особливостей та закономірностей утворення та видалення ХОС на водоочисних спорудах (ВС) водопроводів при застосуванні хлору в технології підготовки питної води показало наступне.

При дослідженні процесу утворення ХФ на етапах водопідготовки на Дніпровській та Деснянській ВС виявлено, що основна його кількість утворюється в змішувачі та камері реакції (70-100% від загального обсягу)

Порівняльна оцінка різних хлорвмісних агентів щодо реакційної спроможності до утворення ХОС у воді поверхневих вододжерел.

Встановлено, що хлорреагенти в порядку зменшення їх реакційної активності щодо утворення ХОС можна розташувати в такій послідовності: гіпохлорит натрію > хлорне вапно > рідкий хлор > хлораміачна вода. Особливо чітко ця залежність простежується при підвищених дозах хлоруючих агентів.

Експериментальними дослідженнями показано, що при хлоруванні води рр. Десна та Дніпро різними хлоруючими агентами в дозах від 3 до 10 мг/л (тобто реагентами та дозами, які застосовують на ВС) у воді утворюється ХФ та трихлоретилен (ТХЕ), проте, перевищення ГДК відмічено тільки по ХФ. Основна кількість ХФ та ТХЕ утворюється у перші 30 хвилин контакту окисника з необробленою водою і в подальшому їх вміст зростає (в середньому на 26%). Рівень вмісту цих сполук з підвищенням дози активного хлору поступово

зростає при окисленні хлорною водою, а при використанні хлорного вапна та хлораміачної води різке збільшення виявляється при збільшенні дози від 3 до 5 мг/л, а гіпохлориту - від 5 до 7 мг/л.

Результати цих досліджень дозволили скласти загальну картину щодо забруднення хлорованої питної води України ХОС, визначити найбільш небезпечні регіони (населені пункти) з високим вмістом ХОС у питній воді та підвищеним ризиком для здоров'я населення від споживання такої води, обґрунтувати низку профілактичних заходів по попередженню або мінімізації утворення ХОС на ВС.

Наукове обґрунтування та розробка шкали оцінки канцерогенного ризику для здоров'я людей від споживання питної води, що містить хлорорганічні сполуки.

Встановлено, що при споживанні протягом життя питної води з вмістом ХФ на рівні 0,06 мг/л (ГДК в Україні), можна очікувати розвиток 0,8 випадків на 10 тис. людей, що відповідає «низькому» (прийнятному) канцерогенному ризику, з вмістом ХФ на рівні 0,2 мг/л (ГДК в Росії) - «середньому» канцерогенному ризику.

Норматив ХФ - 0,006 мг/л відповідає «допустимому» ризику онкозахворюваності. Він стосується фасованої питної води, яка повинна мати якість, ліпшу за якість водопровідної води централізованої системи господарсько-питного водопостачання. Гігієнічні нормативи щодо вмісту чотирьохлористого вуглецю (ЧХВ), ТХЕ та дибромхлорметану відповідають «низькому» канцерогенному ризику.

Розроблено шкали щодо визначення канцерогенного ризику для здоров'я споживачів хлорованої питної води для канцерогенних ХОС (ХФ, ЧХВ, ТХЕ, дибромхлорметану), які рекомендуються для використання в практиці санітарно-епідеміологічної служби. Результати моніторингу хлорованої питної води на вміст ХОС, розрахунки ризиків новоут-

ворень, шкали включені в розроблені методичні вказівки „Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води“.

Результати проведених досліджень стали науковою базою для обґрунтування шляхів попередження або зменшення утворення токсичних ХОС при хлоруванні поверхневих вод. Досягнення цієї мети можливо шляхом заміни хлорування на інші альтернативні методи обробки, а також за рахунок впровадження більш безпечних хлорних технологій з використанням менш реакційних реагентів, зокрема хлораміачної води. Надійним заходом щодо видалення ХОС з хлорованої води може стати використання на ВС фільтрів із завантаженням ефективними сорбційними матеріалами або локальних систем для доочищення питної води у побуті.

Шляхи щодо попередження або мінімізації забруднення питної води ХОС.

- Ефективна охорона водних об'єктів від забруднення ХОС та органічними речовинами-попередниками ХОС.
- Заміна хлорування стічних вод на альтернативні безхлорні методи обробки.
- Доочищення стічних вод від органічних речовин-попередників (найбільш привабливим є біологічний метод із застосуванням фільтрації води через волокнисті насадки із закріпленою мікрофлорою).
- Очищення зливових поверхневих стічних вод.
- Дотримання відповідних санітарно-епідеміологічних вимог при веденні водогосподарської діяльності на території водного басейну.
- Модернізація традиційної технології водопідготовки.
- Попередня очистка природної води рід органічних речовин перед її хлоруванням (аерація води в акваторії водозабору, забір води через берегові колодязі, сорбційне або

біологічне очищення, коагуляція на першому етапі очищення тощо).

- Використання комбінованих методів знезаражування вод або використання менш реакційних щодо утворення ХОС хлорних реагентів (зокрема, хлораміачної води).
- Застосування сорбційних фільтрів промислового призначення.
- Перенесення місця вводу хлору у кінець технологічної схеми ВС (ближче до фільтрів).
- Доочищення водопровідної води на місці використання (у побуті).
- Застосування сорбційних фільтрів індивідуального призначення (на водорозбірному крані).
- Використання сорбційних фільтрів колективного призначення (на вході у будівлю).

8.2 Знезаражування води діоксидом хлору

Діоксид хлору - досить відомий і розповсюджений засіб знезаражування питної води, що пояснюється його істотними перевагами в порівнянні із традиційним хлоруванням, зокрема, більшій біоцидній ефективності і відсутності утворення хлорорганічних сполук.

Застосування діоксиду хлору для обробки питної води одержало розвиток тільки з появою комерційної готовності промислового виробництва хлориту натрію, який є дотепер основним вихідним реагентом при виробництві діоксиду хлору. Перше повідомлення про промислове застосування діоксиду хлору для обробки питної води на водоочисній станції Ніагарського водоспаду датується 1944 роком.

В 1977 році 103 водоочисні станції в Сполучених Штатах і 10 у Канаді використовували діоксид хлору для підготовки води; у Європі кілька тисяч підприємств водо-

підготовки застосовували діоксид хлору, головним чином, як фінальний дезінфектант у системах водорозподілу. У США за станом на 1986 рік число устаткування для обробки води діоксидом хлору становило 400 одиниць із тенденцією до зростання.

Слід зазначити, що в СРСР перше дисертаційне дослідження з гігієнічної оцінки діоксиду хлору як засобу для знезаражування питної води було виконано в 1943 році Н.Н. Трахтман на кафедрі комунальної гігієни І Московського державного ордена Леніна медичного інституту. Згодом вивчення діоксиду хлору було продовжено колективом авторів у складі Т.С. Бедулевич, М.Н. Светлаковой, Н.Н. Трахтман.

Апробація промислового використання діоксиду хлору в СРСР уперше була проведена на Томському водопроводі в 1954 році.

Наприкінці 90-х років у містах-супутниках Одеси Іллічівську (Чорноморську) і Южному вперше (мова йде про країни пострадянського простору) було впроваджене устаткування по генеруванню і дозуванню діоксиду хлору, яке успішно експлуатується дотепер. Потім аналогічна технологія впроваджується в м. Жовті Води, Дніпропетровська область. В останні роки діоксид хлору використовується для обробки води в мм. Ізмаїл (Одеська область), Горішні Плавні (Полтавська область) і Києві.

З 2002 по 2012 рік в Україні захищена кандидатська і дві докторські дисертації, присвячені різним гігієнічним аспектам застосування діоксиду хлору в технологіях водопідготовки.

Аналіз хімічних, біологічних, токсикологічних, технологічних, екологічних і економічних аспектів застосування діоксиду хлору у водопідготовці показав наступне.

8.2.1. Хімічний

Діоксид хлору (оксид хлору (IV), двоокис хлору) має молекулярну формулу ClO_2, складається з одного атома хлору і двох атомів кисню. Молекула діоксиду хлору має непарне число електронів - 19.

Кожна з електронних структур, яку можна приписати діоксиду хлору, має один неспарений електрон і можна припустити, що цей неспарений електрон резонує між трьома атомами, а електронна структура є резонансним гібридом.

Діоксид хлору при кімнатній температурі газ жовтозеленого кольору, більш щільний, чим повітря, з різким запахом, має дратівну дію на верхні і нижні відділи дихальних шляхів, ГДК у повітрі робочої зони становить 0,1 г/л (1-й клас небезпеки).

Діоксид хлору чутливий до світла; молекула, поглинаючи світло з довжиною хвилі 365 нм, зазнає наступним перетворенням :

$ClO_2 + h\eta = ClO\cdot + O$ (1)

$ClO_2 + O\cdot = ClO_3$ (2)

$2\ ClO\cdot = Cl_2 + O_2$ (3)

Триоксид хлору димеризуется:

$2\ ClO_3 = Cl_2O_6$ (4)

або розкладається на хлор і кисень:

$2\ ClO_3 = Cl_2 + 3O_2$ (5)

У присутності вологи газоподібний діоксиду хлору поступово перетворюється в суміш кислот HClO, $HClO_2$, $HC1O_3$ і $HClO_4$.

У характерному для питної води інтервалі pH 6-9 діоксид хлору (на відміну від хлору) залишається у водяномурозчині як молекулярно розчинений газ, тому що рівновага реакції

$2ClO_2 + H_2O \leftrightarrow HClO_2 + HClO_3$ (6)

зміщена вліво, а константа рівноваги при 20˚С становить $1{,}2 \times 10^{-7}$.

Стабільність водних розчинів діоксиду хлору залежить від їхньої концентрації, pH, температури, дії світла. Розчини з концентраціями ≥30 г/л нестабільні, тому при синтезі ClO_2 концентрації його в реакторі повинні бути менш 10 мг/л при нормальному тиску і температурі 20 °С, а якщо розчини зберігаються перед дозуванням у воду, концентрація ClO_2 повинна бути менш1 г/л. По закінченню процесу поглинання водою залишковий діоксид хлору зберігається тривалий період часу (навіть у віддалених розгалуженнях водопровідної мережі, аж до кінцевої лінії), тим самим ефективно попереджаючи повторне забруднення води. При застосуванні діоксиду хлору не потрібен високий залишковий вміст дезінфектанта.

У концентраціях 5 - 10 мг/л і при pH = 12 діоксид хлору залишається в розчині як молекулярно розчинений газ протягом від 20 хв. до 3 годин.

Солянокислі 2%-ні розчини діоксиду хлору нестійкі; при зберіганні при +4°С концентрація діоксиду хлору через 24 години становить 30% від початкової; продуктами розпаду є хлориди, хлорати і хлорнуватиста кислота.

При пропущенні газу ClO_2 через лужний розчин утворюються хлорити і хлорати відповідно до реакції:

$$2\ ClO_2 + 2\ OH^- \leftrightarrow ClO^{2-} + ClO^{3-} + H_2O \qquad (7)$$

Діоксид хлору застосовується в технології підготовки питної води як на стадії передокисления природної води (обробка «сирої» води), так і на стадії постзнезаражування (обробка очищеної води). Реагуючи з багатьма органічними і неорганічними сполуками у воді, $C1O_2$ відновлюється залежно від умов і природи відновника до хлорит- ($C1O_2^-$), гіпохлорит- ($C1O^-$) і хлорид- (Cl^-) іонів.

Діоксид хлору більш ефективний, ніж хлор, для видалення присмаків, запахів і кольоровості.

8.2.2 Біологічний

Біоцидна дія діоксиду хлору (ДХ) перебуває в широкому діапазоні pH стосовно різних мікробних об'єктів.

Завдяки високій окисній здатності і мономолекулярному стану ДХ може легко проникати через мембрану бактерії, порушуючи трансмембранний градієнт і проникність мембрани за рахунок інгібування фосфаттрансфераз. У процесі інактивації бактерій діоксид хлору впливає на ферментний ланцюг глюкозооксидази, зокрема на меркаптогрупи (-SH), окиснюючи їх до –S-S-груп, що приводить до втрати активності ензимів.

Слід виділити надзвичайно важливу перевагу діоксиду хлору у порівнянні з озоном - наявність пролонгованої дії (післядії). На відміну від хлору і озону діоксид хлору проявляє двостадійну окисну і біоцидну дію. На першій стадії протікають швидкі реакції окиснення і інактивації мікроорганізмів під дією діоксиду хлору. На другій стадії протікають повільні реакції окиснення, інактивації мікроорганізмів під дією хлорит-іонів, які обумовлюють бактеріостатичну і пролонговану дію діоксиду хлору.

У цьому контексті надзвичайно важливою принциповою перевагою діоксиду хлору перед хлором і озоном є видалення біоплівок і мікробних обростань систем питного і технічного водопостачання і, як наслідок, запобігання утворенню таких. Враховуючи незадовільний санітарно-технічний і епідеміологічний стан водорозподільних мереж переважної більшості населених пунктів, така властивість діоксиду хлору може визначати перспективу його впровадження.

Результати натурних досліджень у процесі гігієнічної апробації впровадження діоксиду хлору в конкретні технологічні схеми водопідготовки показали, що діоксид хлору у

встановлених дозах на рівні 0,5-1,0 мг/лу всіх випадках забезпечував епідемічну безпеку води.

Наприклад, знезаражування води діоксидом хлору в м. Іллічівськ (Чорноморськ) Одеської обл. у 1996 році дозволило знизити рівень захворюваності гепатитом А населення цього міста більш ніж у три рази у порівнянні з аналогічними показниками в інших населених пунктах Одеської області, м. Одесі, Одеській області і в Україні в цілому.

Оцінка ефективності діоксиду хлору у порівнянні з іншими розповсюдженими засобами (озоном, хлором і хлорамінами) підкреслює його істотну перевагу як засобу знезаражування води, яка полягає в оптимальному співвідношенні біоцидної дії, стабільності і післядії як основних критеріїв оцінки хімічних дезінфектантів.

8.2.3 Токсикологічний

На відміну від хлору діоксид хлору окислює органічні речовини з утворенням органічних сполук, що містять кисень (спирти, кетони, альдегіди та ін.), не утворює хлорорганічні речовини (ТГМ, хлорфеноли тощо), не реагує з аміаком та солями амонію з утворенням хлорамінів; не реагує з бромідами з утворенням броматів на відміну від озону.

У процесі окислення та знезаражування діоксид хлору відновлюється до хлорит-аніону (ClO_2^-) та хлорид-аніону (Cl^-); можливе утворення незначної кількості хлорат-аніону (ClO_3^-) та гіпохлорит-аніону (ClO^-).

За даними ВООЗ рекомендована концентрація діоксиду хлору у питній воді не встановлена у зв'язку з його швидким розпадом. Пороговою концентрацією діоксиду хлору за впливом на запах води є 0,45-0,40 мг/л. Присмак інтенсивністю 1-2 бали виявляється при більш високих концентраціях цієї сполуки у воді.

За нормативами США (IBWA, FDA, EPA) для питної води концентрація залишкового діоксиду хлору та хлорит-аніону не повинна перевищувати 1,0 та 0,8 мг/л відповідно.

За рекомендаціями ВООЗ (2004, 2011, 2017 рр.) залишкові концентрації хлорит-аніону та хлорат-аніону не повинні перевищувати 0,7 мг/л. Ці нормативи рекомендовані до затвердження МОЗ на засіданні Комісії з гігієнічного нормування хімічних речовин у воді водоймищ (протокол №1 від 02 лютого 2021 року).

8.2.4 Технологічний

Діоксид хлору використовують у технології підготовки питної води як на стадії передокислення, так і на стадії постзнезаражування.

На стадії передокислення природної води діоксид хлору застосовують у дозах 0,5-5,0 мг/л, що покращує процес коагуляції, видаляє залізо та марганець, запобігає росту водоростей, забезпечує деструкцію деяких токсичних органічних речовин, не призводить до утворення у питній воді тригалогенметанів та інших хлорорганічних сполук.

Можливий надлишок хлоритів видаляють при фільтруванні через активоване вугілля або відновленням його до хлоридів при дозуванні у воду сульфітів, солей двовалентного заліза та інших відновлювачів.

Для знезаражування води, що пройшла очистку, застосовують дози 0,1-0,5 мг/л, при яких залишкові концентрації хлоритів відповідають діючим гігієнічним нормативам.

При знезаражуванні води діоксидом хлору залишкова концентрація реагенту 0,05-0,1 мг/л після 15-30 хв. контакту забезпечує мікробіологічну якість води.

Знезаражування води діоксидом хлору сприяє видаленню та запобігає утворенню біоплівок на внутрішній поверх-

ні труб водорозподільних мереж значної довжини, особливо враховуючи їх незадовільний санітарно-технічний стан.

Для знезаражування води використовують комбіноване застосування діоксиду хлору з іншими окислювачами –озоном, хлором, що попереджує утворення хлоритів, тригалогенметанів, а також зменшує витрати реагентів.

Застосування діоксиду хлору для знезаражування води у технологічній схемі обробки води пов'язане з перевагами, які він має у порівнянні з газоподібним хлором:

- незалежність окислювально-відновлювального потенціалу від pH води;
- значно нижчі концентрації, необхідні для знезаражування води;
- висока біоцидна активність по відношенню до всіх форм мікроорганізмів, включаючи віруси, спори, цисти найпростіших, мікроводорості тощо;
- тривалий пролонгований бактеріцидний ефект у водопровідних мережах;
- запобігання утворенню біоплівок та їх видалення у водопровідних мережах;
- покращення органолептичних (присмак, запах, кольоровість, каламутність) властивостей води;
- відсутність утворення токсичних хлорорганічних сполук;
- відсутність реакції з аміаком та іонами амонію з утворенням хлорамінів;
- екологічна безпечність (хлорити як похідні діоксиду хлору у навколишньому середовищі відновлюються до хлоридів).

Для обробки води діоксид хлору одержують на місці використання у вигляді водного розчину за допогою спеціального обладнання, яке призначене для синтезу розчину діоксиду хлору, розбавлення у разі необхідності та дозування його у проточну водопровідну систему або до резервуару з водою.

До найбільш розповсюджених методів промислового одержання діоксиду хлору відносяться окислення хлоритів або відновлення хлоратів.

Метод отримання діоксиду хлору з хлориту натрію та соляної кислоти найчастіше використовується для знезаражування питної води. Цей метод відповідає вимогам до якості розчину, піддається автоматизації, контролю, безпечний в експлуатації. Хімізм даного процесу наступний:

$$5NaClO_2 + 4HCl = 4ClO_2 + 5NaCl + 2H_2O$$

Для повного перетворення хлорит-аніону у діоксид хлору застосовують 300% надлишок соляної кислоти у порівнянні зі стехіометричними кількостями. Водневий показник (pH) реакційного середовища повинен мати значення 0,5-1,0.

Складовою частиною обладнання є генератори для синтезу діоксиду хлору, де виробляється 2% розчин діоксиду хлору із розбавлених водних розчинів хлориту натрію (7,5%), соляної кислоти (9%) або концентрованих водних розчинів хлориту натрію (24,5%), соляної кислоти (30-38 %) та води, що залежить від продуктивності водоочисних споруд.

Генератори повністю автоматизовані і працюють за принципом пропорційного генерування та дозування залежно від потоку води, що обробляється, та дози діоксиду хлору, що необхідна для знезаражування.

Основною метою знезаражування діоксидом хлору води централізованого господарсько-питного водопостачання є епідемічна безпека, хімічна нешкідливість та сприятливі органолептичні властивості питної води.

Знезаражування діоксидом хлору води централізованого господарсько-питного водопостачання необхідно проводити, коли:

• вода джерел водопостачання є епідемічно небезпечною, тобто містить патогенні бактерії, віруси, цисти кишкових найпростіших тощо;

• вода джерел водопостачання має підвищений вміст органічних речовин (для попередження утворення хлорорганічних сполук);

• вода має лужне значення водневого показника;

• водорозподільна мережа знаходиться у незадовільному санітарно-технічному стані.

У загальному випадку доза діоксиду хлору, що вводиться в очищену воду (резервуар чистої води), не повинна перевищувати 0,5 мг/л.

Доза діоксиду хлору, що вводиться на стадії передокислення, визначається експериментально, залежно від якості природної води.

У загальному випадку залишкові концентрації:

- діоксиду хлору у воді після 15-30 хв. контакту повинні мати значення не менше 0,1 мг/л;
- діоксиду хлору у всіх точках водорозподільних мереж повинні бути не менше 0,05 мг/л;
- хлоритів у воді, що надходить до споживачів, не повинні перевищувати 0,2 мг/л.

Порядок здійснення поточного санітарно-епідеміологічного нагляду та лабораторно-виробничого контролю за якістю води, що знезаражена діоксидом хлору, повинен відповідати вимогам чинних нормативних документів.

Доза діоксиду хлору, що вводиться для знезаражування, та залишкова концентрація його у воді після резервуару чистої води перед подачею у водопровідну мережу визначаються автоматичними аналізаторами та реєструються у спеціальному журналі за визначеним інтервалом часу.

При проведенні лабораторно-виробничого контролю залишкові концентрації діоксиду хлору та хлоритів виконують за атестованими методиками.

8.2.5 Екологічний

Встановлено ефективність діоксиду хлору у дозах ≤ 2 мг/л при знезаражуванні вторинно-очищених стічних вод. Визначено безпечний рівень хлоритів для довго - циклічного бентосного гідробіонту - водорості *Ulva rigida*, що складає 1,0 мг/л, і токсикометричні показники хлоритів для короткоциклічних планктонних гідробіонтів: медіанна летальна концентрація LC_{50} для *A. salina* і *D. magna* становить 1,2 та 0,8 мг/л відповідно. Це свідчить про екологічну безпечність діоксиду хлору при знезараженні стічних вод.

8.2.6 Економічний

Повна вартість обробки води діоксидом хлору в м. Гамільтон (штат Огайо, США) становила 3 000 доларів/рік або 0,036/рік/споживача (1974).

При вивченні цієї проблеми Університетом Штату Північна Кароліна в 1983 р. встановлено, що середнє підвищення вартості води становить 1,77 долара/рік/споживача.

Орієнтовний (тобто далеко не повний) соціально-економічний ефект тільки по одному м. Іллічівську (Чорноморську) за рахунок зниження числа хворих гепатитом А за два роки (1995, 1996) становив біля 240 тис. грн. Таким чином, сумарний ефект тільки по населених пунктах, де питна вода є епідемічно небезпечною, слід розглядати як досить значний.

Таким чином, дані літератури і результати проведених досліджень дозволяють заключити, що діоксид хлору є епі-

демічно та екологічно безпечним, токсикологічно нешкідливим, технологічно адекватним і економічно прийнятним засобом обробки води в системах господарсько-питного водопостачання населених пунктів.

8.3 Знезаражування води озоном

Озонування є одним з перспективних методів обробки води з метою її знезаражування і поліпшення органолептичних властивостей. Сьогодні майже 1000 водопровідних станцій у Європі, переважно у Франції, Німеччині й Швейцарії, використовують озонування в технологічній схемі обробки води. Останнім часом озонування почали широко впроваджувати в США і Японії. В Україні озонування використовують на Дніпровській водопровідній станції Києва, у країнах СНД — на водопровідних станціях Москви (Російська Федерація) і Мінська (Білорусь).

Озон (O_3) - алотропічна модифікація кисню, є одним з найбільш сильних окиснювачів (окисно-відновний потенціал, E_0 = 2,07 Вт) і радикалоутворювачів; у кислому середовищі за окисною активності він поступається тільки фтору, перксенат-іону, атомарному кисню, ОН-радикалам і незначному числу інших окиснювачів.

Озон вступає в реакції як диполь, електрофільний і нуклеофільний реактив.

Тепловий ефект при утворенні моля озону з кисню становить 143,64 кДж.

При нормальних температурі і тиску озон є газом блідо-голубого кольору. Він має характерний запах і відчується вже при розведенні 1:500000. Озон конденсується в темно-синю рідину з парамагнітними властивостями. У твердому виді є темно-синіми, практично чорними кристалами.

Молекула O_3 нестійка і при достатніх концентраціях у повітрі при нормальних умовах мимовільно за кілька десятків хвилин перетворюється в O_2 з виділенням тепла. Підвищення температури і зниження тиску збільшують швидкість переходу у двохатомний стан. При більших концентраціях перехід може носити вибуховий характер. Контакт озону навіть із малими кількостями органічних речовин, деяких металів або їх оксидів різко прискорює перетворення.

Озон у водяних розчинах при нормальних умовах і щодо незначних концентраціях, які характерні для його застосування у водних технологіях, розкладається в 5-8 раз швидше, чим у газовій фазі

$$2O_3 \Rightarrow 3O_2$$

Молекула озону легко дисоціює на атом і молекулу кисню:

$$O_3 = O_2 + \cdot O \cdot$$

Атом кисню є радикалом із двома неспареними електронами, вступає в реакцію рекомбінації з озоном:

$$\cdot O \cdot + O_3 = 2O_2,$$

у результаті чого із двох молекул озону утворюються 3 молекули кисню:

$$2O_3 = 3O_2$$

У результаті значної спорідненості озону і кисню до електрона первинними продуктами перетворення цих речовин, як окиснювачів, є озонідний аніон - радикал $O_{3^-} \cdot$ і супероксидний аніон-радикал $O_2^{-} \cdot$:

$$O_3 + e = O_{3^-} \cdot$$
$$O_2 + e = O_{2^-} \cdot$$

За участю води відбувається розкладання озонідного радикала:

$$O_{3^-} \cdot + H_2O = O_2 + OH^- + OH \cdot$$

Для утворення $O_{3^-} \cdot$ необхідний донор електронів. У воді, яка не містить домішок, донором електронів є гідроксильний іон, який має низьку енергію відриву електрона.

$$O_3 + OH^- = O_{3^-}\cdot + OH\cdot$$

У природній воді донорами електронів є органічні сполуки або іони перехідних металів:

$$O_3 + RH = O_{3^-}\cdot + RH^+\cdot$$
$$O_3 + Me^n = O_{3^-}\cdot + Me^{(n+1)}\cdot$$

У системі $O_{3^-}\cdot = O_2 + O^{-}\cdot$ найбільш активною частинкою є аніон-радикал атомарного кисню, тому більшість реакцій $O_3^{-}\cdot$ фактично є реакціями $O^{-}\cdot$.

Для аніон-радикалу атомарного кисню характерно не тільки взаємодія з водою, але і реакція рекомбінації з утворенням пероксидного іона:

$$2O^{-}\cdot = O_2^{2-}$$

Таким образом, зміни проміжних реакцій розкладу озону у воді є $O_3 \rightarrow O_3^{-}\cdot \rightarrow O_2^{-}\cdot \rightarrow O^{-}\cdot \rightarrow O\cdot$, внаслідок чого утворюються $OH\cdot$, $Me^{(n+1)}\cdot$, $RH^+\cdot$ і ін.

Доведено, що при озонуванні води утворюються активні форми кисню (АФК), які є вільними радикалами, і гідроксил-радикали.

$$O_3 + H_2O \leftrightarrow O_2 + HO\cdot + HO\cdot$$
(гідроксил-радикал)

Реакційна здатність атомів кисню в багато разів вища, чим озону. Наступні реакції приводять до утворення у воді високих концентрацій активних радикалів $O(^1D)$, $O(^3P)$, H, OH, а також активних молекул O_3, HO_2, H_2O_2, і збуджених часток $O_2(a^1\Delta)$.

Розкладання озону у водних основних розчинах відбувається з утворенням O_{3^-}, аніон-радикалу атомарного кисню O^{-}, супероксидного аніон-радикала O_{2^-} і молекулярного кисню:

$$HO\cdot + OH^- = O^{-}\cdot + H_2O \qquad 2O^{-}\cdot + H_2O = O + 2\,OH^-$$
$$O^{-}\cdot + O = O_2^{-}\cdot$$
$$2O_2^{-}\cdot + H_2O = HO_2^{-}\cdot + OH^- + O_2$$

Встановлено, що надійний ефект знезаражування озоном по санітарно-показових мікроорганізмах, колі-фагам, вірусу поліомієліту буде забезпечений при дотриманні сукупності наступних умов:

- на озонування повинна надходити вода з концентрацією зазначених мікроорганізмів, допустимою для джерел господарсько-питного водопостачання;
- вода, що надходить на озонування, повинна бути мати ступінь освітлення до нормативних вимог, тому що при не повністю освітленій воді можуть зустрічатися нестандартні проби, особливо по вірусах;
- попереднє хлорування, що забезпечує необхідну концентрацію у воді залишкового хлору;
- контакт озону з водою повинен бути не менш 4 хв при забезпеченні залишкового озону протягом усього часу озонування 0,1-0,3 мг/л;
- озон не повинен застосовуватися в якості заключного етапу обробки води, що направляється в систему водопостачання; озоновану воду перед надходженням у мережу необхідно хлорувати з метою введення консерванту.

Принципова схема озонаторної установки полягає в наступному. Компресор забирає повітря, очищає від пилу, охолоджує, сушить на адсорберах із силікагелем або активним оксидом алюмінію (які регенерують продуванням гарячим повітрям). Далі повітря проходить через озонатор, де утворюється озон, який через розподільну систему подається у воду контактного резервуара. Доза озону, необхідна для знезаражування, для більшості типів води становить 0,5-6,0 мг/л. Найчастіше для підземних вододжерел доза озону коливається у межах 0,75-1,0 мг/л, для поверхневих вод — 1-3 мг/л. Іноді для знебарвлення і поліпшення органолептичних властивостей води необхідні високі дози. Тривалість контакту озону з водою повинна бути не менш 4 хв. Непрямим

показником ефективності озонування є наявність залишкових кількостей озону на рівні 0,1-0,3 мг/л після камери змішування.

Відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 тривалість обробки води озоном повинна бути не менш 4 хвилин.

З гігієнічної точки зору, озонування є одним з найкращих методів знезаражування води. Внаслідок озонування досягається надійний знезаражуючий ефект, руйнуються органічні домішки, а органолептичні властивості води не тільки не погіршуються, як при хлоруванні або кип'ятінні, але й поліпшуються: зменшується кольоровість, зникають зайві присмак і запах, вода здобуває блакитний відтінок. Надлишок озону швидко розкладається, утворюючи кисень.

Озонування води має наступні певні переваги перед хлоруванням:

1) озон є одним з найсильніших окиснювачів, його окисно-відновний потенціал вище, чим у хлору і діоксиду хлору;

2) при озонуванні у воду не вноситься нічого стороннього і не відбувається будь-яких помітних змін мінерального складу води і pH;

3) надлишок озону через кілька хвилин перетворюється в кисень, і тому не впливає на організм і не погіршує органолептичні властивості води;

4) озон, вступаючи у взаємодію із сполуками, що містяться у воді, не викликає появи неприємних присмаків і запахів;

5) озон знебарвлює і дезодорує воду, що містить органічні речовини природного і промислового походження, що надають їй запах, присмак і забарвлення;

6) у порівнянні із хлором озон ефективніше знезаражує воду від спорових форм і вірусів;

7) процес озонування меншою мірою піддано впливу змінних факторів (pH, температури й т.п.), що полегшує технологічну експлуатацію водоочистних споруд, а контроль над ефективністю не складніший, чим при хлоруванні води;

8) озонування води забезпечує безперебійність процесу обробки води, відпадає необхідність перевезення і зберігання небезпечного хлору;

9) при озонуванні утворюється значно менше нових токсичних речовин, чим при хлоруванні. Переважно це альдегіди (наприклад, формальдегід) і кетони, які утворюються в порівняно невеликих кількостях;

10) озонування води дає можливість комплексної обробки води, при якій може одночасно досягатися знезаражування і поліпшення органолептичних властивостей (кольоровість, запах і присмак).

Разом з тим, світовий досвід свідчить, що синтез озону є процесом енергоємним, технологічно складним, а озонування води найбільш дорогим методом знезаражування і окиснення.

З гігієнічної і медико-екологічної точок зору застосування озонування як самостійного засобу знезаражування води в системах централізованого господарсько-питного водопостачання неможливе. Це пояснюється необхідністю як додаткового сорбційного доочищення води, так і обов'язкового введення фінального дезінфектанту (хлору, хлорамінів, діоксиду хлору), що пролонгує знезаражуючий ефект у водорозподільних мережах.

Аналіз сучасних гігієнічних та технологічних аспектів застосування озону як засобу знезараження води показав суттєві недоліки озонування, які полягають у наступному.

- Високі витрати електроенергії.
- Утворення побічних кисеньвмісних органічних сполук, броматів.

• Обов'язкова стадія адсорбції на активних вугіллях після озонування.

• Органічні продукти окиснення мають мутагенну активність.

• Незначний період післядії.

• Озон не застосовується на стадії постзнезараження, тому що не має післядії.

• У водопровідних системах стимулює ріст мікроорганізмів. Застосовується в локальних системах підготовки питної води.

8.4 Знезаражування води ультрафіолетовим (УФ) опроміненням

Ультрафіолетове випромінювання (від лат. ultra – «за межами») – це невидиме оком людини електромагнітне випромінювання, що займає спектральну область між видимим і рентгенівським випромінюваннями в межах довжин хвиль 100-400 нм.

На відкритому повітрі головним джерелом УФ-випромінювання є сонце. Частково воно поглинається верхніми шарами атмосфери. У приміщенні УФ-випромінювання виникає при використанні стерилізаторів для медичних та косметичних інструментів, у соляріях для формування засмаги, у процесі застосування різних медичних діагностичних і терапевтичних приладів. У промисловості УФ-випромінювання утворюється при зварювальних роботах, причому його рівень настільки високий, що може призвести до серйозного пошкодження очей і шкіри. Флуоресцентні лампи, які широко використовуються для освітлення на роботі та вдома, також є джерелами УФ-випромінювання, але рівень його дуже незначний і не становить серйозної небезпеки.

УФ-діапазон має три складові: УФ-А, УФ-В і УФ-С, причому остання є найбільш короткохвильовим та високоенергетичним ультрафіолетовим випромінюванням з діапазоном довжин хвиль 200 - 280 нм. Однак, воно здебільшого поглинається верхніми шарами атмосфери. УФ-В-випромінювання має довжину хвиль від 280 до 315 нм і вважається випромінюванням середньої енергії, що представляє небезпеку для органу зору людини. УФ-А-випромінювання – це найбільш довгохвильова складова ультрафіолету з діапазоном довжин хвиль 315 - 380 нм, яка має максимальну інтенсивність до моменту досягнення поверхні Землі. УФ-А-випромінювання найглибше проникає в біологічні тканини, хоча його шкідлива дія є меншою, ніж у УФ-В-променів.

Метод УФ-дезинфекції води вперше був випробуваний ще на початку XX століття. У перших роботах з дослідження впливу ультрафіолетового випромінювання на живі організми був виявлений оптимум довжин хвиль для інактивації мікроорганізмів, що перебуває в області 250-266 нм, і побудована крива бактерицидної дії. Встановлено, що найбільшу бактерицидну дію мають ультрафіолетові промені з довжиною хвилі від 200 до 295 нм. Максимум ефективності розташовується близько 254 нм.

Розуміння механізму УФ-знезаражування було досягнуто в 1960-х рр. при зіставленні дії ультрафіолету з реакціями, що відбуваються в молекулах. Так, встановлено, що інактивація бактерій відбувається в основному за рахунок необоротних ушкоджень ДНК. Іншим впливом УФ-випромінювання на мікроорганізми є ушкодження клітинних мембран.

Інактивація мікроорганізмів під дією УФВ з довжиною хвилі 50 - 260 нм відбувається за рахунок ушкоджень бактеріальної ДНК. Основними мішенями при цьому є азотисті основи нуклеотидів – пурини і піримідини. Дані, отримані за

останні десятиліття, свідчать, що не тільки короткохвильове, але й УФВ з довжиною хвилі 280 - 400 нм здатне індукувати фотодеструктивні реакції в ДНК. У результаті обробки УФВ поряд із ДНК ушкоджуються РНК, мембранні та білкові структури бактеріальної клітини.

В процесі поглинання УФ-променів нуклеїновими кислотами, які є основою клітин, відбуваються їх денатурація і фотоліз. Оскільки нуклеїнові кислоти є найважливішим складником апарату спадковості, то такі процеси будуть призводити до пошкодження молекул ДНК та спричиняти припинення росту й поділу клітин, а у випадку збільшення дози опромінювання – їх загибель.

Ступінь інактивації мікроорганізмів під дією УФ-випромінювання пропорційна інтенсивності випромінювання (мВт/см^2) і часу опромінювання (секунди).

Для досягнення заданого ступеня знезараження води УФ-випромінюванням необхідно враховувати основні фактори, що впливають на процес знезараження. До таких факторів відносять:

- потужність джерел УФ-випромінювання і раціональне використання його в УФ-установках знезараження води;
- поглинання УФ-випромінювання водою, що знезаражується;
- закономірності відмирання різних мікроорганізмів під дією УФ-випромінювання.

УФ-опромінювання повинно застосовуватися для забезпечення знезараження води до нормативної якості за мікробіологічними показниками, необхідні дози вибираються на підставі необхідного зниження концентрації патогенних та індикаторних мікроорганізмів.

Конструктивно джерела УФ-випромінювання поділяються на лампи з відбивачами та лампи із захисними кварцовими чохлами.

УФ-лампи з відбивачами використовуються в установках із незануреними джерелами випромінювання. Ці лампи розташовуються над вільнопроточною водою, тобто в установках відсутній безпосередній контакт ламп із водою.

УФ-лампи із захисними кварцовими чохлами використовуються в установках із зануреними джерелами випромінювання. Лампи із захисними чохлами розташовуються у потоці води, що обтікає їх з усіх боків. Захисні чохли виготовляються із кварцового скла та призначені для стабілізації температурного режиму ламп.

Установки УФ-знезараження повинні забезпечувати рівномірний розподіл дози опромінювання в повному об’ємі води, що знезаражується. Рівномірність опромінювання досягається за рахунок турбулентності потоку внаслідок високої швидкості руху води та наявності спеціальних «вирівнювальних» пристроїв.

Основний елемент установки УФ-знезаражування – лампа, що служить джерелом ультрафіолетового випромінювання. Існує два основні види бактерицидних ламп: ртутні, газорозрядні низького (НД), середнього (СД) і високого (ВД) тиску. Лампи низького тиску мають високий КПД перетворення електричної енергії у випромінювання й порівняно невисоку (до 200 Вт) одиничну потужність, найчастіше – від 15 до 30 Вт.

Необхідними передумовами ефективного знезаражування води є певні показники якості води, яка знезаражується, тобто питної води: кількість зважених часток – не більше 1,5 мг/л; жорсткість – менше 7 ммоль/л; загальний вміст заліза – не більше 0,3 мг/л; марганцю – не більше 0,1 мг/л; сірководню – не більше 0,05 мг/л; твердих зважених часток – менше 10 мг/л; мутність – не більше 2 мг/л; кольоровість – не більше 35 градусів; число загальних коліформ – не більше 1000 в 1 л.

Виходячи з економічних міркувань, УФ-устаткування найбільш раціонально розташовувати наприкінці очисних споруд для опромінення води з найбільш високим коефіцієнтом пропущення УФ-променів. Але це не єдиний варіант. Застосування ультрафіолетового опромінення на різних етапах водопідготовки дозволяє (крім основного завдання – підвищення бар'єрної ролі) попутно вирішувати і інші завдання, пов'язані зі знезаражуванням.

У ряді випадків використання УФ-опромінення на етапі первинного знезаражування дозволяє створити умови для скорочення хлорування і зниження, таким чином, утворення хлорорганічних сполук у ще неочищеній воді. За результатами досліджень і досвіду експлуатації УФ-станцій на воді поверхневого джерела під впливом опромінення загальне мікробне число знижується не менш ніж на 2 порядки.

Застосування УФ-знезаражування на етапі первинної обробки води поверхневих джерел знижує навантаження на наступні етапи водопідготовки, підвищує бар'єрну роль споруд відносно забезпечення епідемічної безпеки, у тому числі, у відношенні стійких до хлорування мікроорганізмів. При цьому якість води, прийнятної для УФ-знезаражування, має досить широкий діапазон.

У тих випадках, коли параметри води не дозволяють використовувати УФ-опромінення на етапі первинного знезаражування, можливий варіант розміщення блоку ультрафіолетового знезаражування в середині схеми водопідготовки (після освітлення).

УФ-опромінення на заключному етапі водопідготовки забезпечує надійне знезаражування за всіма показниками, у тому числі відносно вірусів і збудників паразитарних захворювань. Однак, це не виключає необхідності застосування хлорвмісних реагентів перед подачею води в мережу.

Вдалою є комбінація УФ-знезаражування і хлорамонізації. Зв'язаний хлор меншою мірою сприяє утворенню хлорорганічних сполук і довше зберігається в мережі, а його недостатньо висока ефективність відносно стійких мікроорганізмів повністю компенсується УФ-опроміненням.

Застосування схем глибокого очищення (озоносорбції і мембранної фільтрації) також не виключає використання УФ-опромінення. У таких схемах УФ-знезаражування, поряд із забезпеченням додаткового бар'єра відносно збудників захворювань, вирішує проблему збільшення загального мікробного числа після вугільних фільтрів.

В УФ-установках повинно передбачатися очищення кварцових чохлів (без вилучення з камери знезаражування), тому що в процесі їх роботи накопичуються відкладання органічного і мінерального походження на внутрішній поверхні бактерицидної лампи. На практиці застосовуються системи очищення двох типів: механічна і хімічна. У першому випадку очищення проводиться за допомогою щіток і електроприводу, у другому – шляхом циркуляції через установку води з додаванням невеликих доз харчових кислот за допомогою промивного насоса, що входить у комплектацію УФ-установки.

Таким чином, сучасний підхід до забезпечення епідемічної безпеки питної води має на увазі використання багатоступінчастої схеми очищення і знезаражування, а застосування УФО дозволяє забезпечити відповідність обробленої води необхідним нормативним значенням за мікробіологічними показниками та, у ряді випадків, розв'язати ряд експлуатаційних завдань, а також проблему утворення побічних продуктів дезінфекції.

Знезаражування УФО не вимагає введення у воду хімічних реагентів, не змінює фізико-хімічних властивостей і не впливає на смакові якості води. Однак застосування цього

методу має значні матеріальні витрати і не виключає небезпеки повторного зараження води. Бактерицидні установки економічно вигідно застосовувати на водоочисних станціях невеликої продуктивності.

8.5 Комбіновані методи знезаражування води

Комбіноване використання окислювачів, а також суміснe з фізичними методами знезараження та очистки води є сьогодні перспективним.

Правильно підібрані дезінфектанти при комплексній обробці води приводять до виникнення синергічних ефектів (коли дія комплексу дезінфектантів перевищує суму ефектів окремих дезінфектантів). Це забезпечує більш високий антимікробний ефект при збереженні або навіть зниженні доз реагентів, що вводять. Роботи у цьому напрямку широко ведуться в усьому світі.

Сьогодні серед нових технологій очищення та знезаражування води найбільш перспективними є оксидні технології, об'єднані терміном AdvancedOxidationProcesses (AOP), які охоплюють великий діапазон фізичних і хімічних методів, здатних видаляти з води домішки до дуже низьких концентрацій. Сюди відносять методи - УФ, УФ і O_3, УФ і H_2O_2, УФ і O_3/H_2O_2, УФ і TiO_2 тощо. За допомогою цих методів досягається дуже висока ефективність знезараження, обумовлена їх синергічним ефектом, тобто взаємопосиленням окремих впливів від кожного із засобів, що застосовують. Ступінь посилення в ряді випадків досягає величин 10^3 - для мікроорганізмів і 10^2 - для органічних домішок.

Крім того, використання як окислювачів природних для навколишнього середовища речовин - озону і пероксиду водню, здатних легко розпадатися під дією світла, або нерозчинних у воді фотокаталізаторів типу TiO2 забезпечує

екологічну чистоту цих методів на відміну від традиційного хлорування.

Накопичений на сьогодні експериментальний матеріал з обробки рідких середовищ, що містять різні антропогенні домішки та патогенні мікроорганізми, демонструє розмаїття прояву спільного впливу окислювачів на ці об’єкти, а також загальні явища, зокрема, характерну для фотохімічних ланцюгових реакцій граничну залежність ефективності процесу від концентрації окислювача та інтенсивності випромінювання. З іншого боку, серед великого числа публікацій з АОР, лише нечисленні спрямовані на систематичне вивчення явища синергізму при спільній дії декількох агентів.

Особливо перспективне застосування ультрафіолету - озонової технології для окислення і знезаражування води, що обумовлено унікальними властивостями збудженої озоно-кисневої суміші, як середовища для протікання хімічних реакцій. У процесі барботування озону у воді та опромінення УФО у діапазоні 200-300 нм відбувається частковий розпад озону.

Реакційна здатність (окислення) в атомів кисню у багато разів вища, чим озону. Подальші реакції приводять до утворення у воді високих концентрацій активних радикалів O(1D), O(3P), H, OH, а також активних молекул O_3, HO_2, H_2O_2 і збуджених часток O_2 ($a_1\Delta$). Крім того, УФ-опромінення активно впливає на дане середовище.

Експериментально підтверджена перевага знезаражування води спільним впливом озону та УФ-опромінення. Визначено величину синергічного ефекту при ультрафіолет-озоновій обробці водної суспензії *E. coli* та умови виникнення його максимального значення. Показано, що механізм виникнення синергічного ефекту пов'язаний з фотокаталітичним розпадом озону.

Ряд робіт присвячено вивченню ефектів спільної дії ультрафіолету з пероксидом водню. Показано, що процес впливу УФ-променів на озон такий же, як і на пероксиду водню. Відомо, що при опроміненні пероксиду водню ртутними лампами низького тиску відбуваються фотохімічні реакції за рахунок поглинання променів з довжиною хвилі 253,7 нм. За рахунок поглинання бактеріальними клітинами УФ-променів та впливу на них H_2O_2 - радикалів, які утворюються при розпаді, значно підсилюється знезаражуюча дія.

При спільному впливі пероксиду водню з УФ-опроміненням на різні види мікроорганізмів виявлено синергічний ефект, як у випадку попереднього опромінення з наступною обробкою H_2O_2, так і при опроміненні бактерій у присутності H_2O_2 під впливом короткохвильового та довгохвильового УФ-опромінення.

Установлено не тільки синергічний ефект при спільному використанні пероксиду водню та УФ-опромінення при знезараженні води, контамінованої *E. coli*, а також визначені концентраційні пороги, при яких він виникає і досягає максимального значення.

Однак слід зазначити, що для реалізації радикальних процесів при H_2O_2-УФ обробці потрібна висока концентрація пероксиду водню для забезпечення достатньої швидкості реакції, а тому цей процес нездійсненний при підготовці питної води.

Метод УФ-знезараження у комбінації з пероксидом водню розроблено для води, яка інтенсивно забруднена бактеріями та органічними речовинами. За результатами експериментів установлено, що цей метод може успішно конкурувати із традиційним знезараженням хлором води у басейнах та водолікарнях. Пропонується схема очищення води, яка включає фільтр, ультрафіолетову обробку з наступним введенням пероксиду водню у концентрації не менш 20 мг/л.

У літературі зустрічаються відомості про спільне використання УФ-опромінення з хлором. В одних випадках після УФ-обробки до води вводиться незначна кількість хлору, в інших - хлоровану воду піддають УФ-обробці. Є дані з обробки хлорованої води УФ-опроміненням при λ=365 і 253 нм. Поєднання УФ-опромінення і хлору особливо рекомендується для оборотної системи водопостачання (басейни), де цей метод забезпечує високий бактерицидний ефект по відношенню до спорових і хлоррезистентних бактерій та вірусів. При такій обробці у 2-3 рази знижується витрата хлору, спрощується експлуатація хлораторної установки. У більшості випадків хлор вводять до обробленої УФ-опроміненням води для забезпечення післядії.

Взаємопосилення антимікробної дії відзначено при використанні УФ-опромінення з іонами деяких металів - міді і срібла у концентраціях, що не перевищують їх ГДК у питній воді. Оцінено залежність величини синергічного ефекту від дози випромінювання, часу контакту з металами і порядку їхнього введення до води (до або після опромінення). Крім одержання більш високого антимікробного ефекту у такий спосіб дозводяє усунути один з недоліків УФ-опромінення як дезінфектанту - відсутність післядії. Цей метод може бути використаний при тривалому зберіганні обробленої води, для дезінфекції води в басейнах у сполученні з міддю для посилення альгацидної дії.

Розпад окислювачів з утворенням радикалів, що мають більш високий окиснювально-відновний потенціал (ОВП), можливо досягнути при використанні катіонів деяких металів як каталізаторів.

Найбільш виражений антимікробний ефект отримано при спільному введенні до зараженої води пероксиду водню з іонами міді і срібла.

Експериментально обгрунтовано та впроваджено оптимальну схему послідовного комбінованого застосування діоксиду хлору та хлору (хлор-газу чи гіпохлориту натрію) для знезараження питної води: діоксид хлору вводиться на стадії передокислення, а хлор - на стадії постзнезараження. В залежності від якості вихідної води ефективна доза діоксиду хлору на стадії передокислення становить 1,0 – 1,5 мг/л, що в 3-4 рази менше за дозу хлору, достатню для досягнення подібного ефекту.

За такою схемою вже на стадії передокислення поліпшуються органолептичні властивості води, попереджується утворення ТГМ, забезпечується первинне знезараження води, у тому числі щодо вірусів, відбувається часткове окислення органічних сполук, що видаляють згодом у процесі коагуляційного очищення.

Хлорування природної води, що пройшла передокислення діоксидом хлору, призводить до повного окислення хлоритів, які утворилися, до діоксиду хлору, що підвищує ефективність знезараження та забезпечує бактеріостатичний ефект (пролонговану дію) у водорозподільчих мережах.

8.6 Фізичні методи знезаражування води

8.6.1 Знезаражування води ультразвуком

Бактерицидна дія ультразвуку пояснюється, головним чином, механічним руйнуванням бактерій в ультразвуковому полі. Дані електронної мікроскопії свідчать про руйнування клітинної оболонки бактерій. Бактерицидний ефект ультразвуку не залежить від мутності (у межах до 50 мг/л) і кольоровості води. Він поширюється як на вегетативні, так і на спорові форми мікроорганізмів і залежить лише від інтенсивності коливань.

Ультразвукові коливання, які можуть бути використані для знезаражування води, одержують п'єзоелектричним або магнітострикційним шляхом. Щоб одержати воду, що відповідає нормативним вимогам, інтенсивність ультразвуку повинна становити близько 2 Вт/дм^2, частота коливань — 48 кГц в 1 секунду. Ультразвук частотою 20-30 кГц знищує бактерії за 2-5 с.

8.6.2 Термічне знезаражування води

Метод використовують для знезаражування невеликої кількості води в санаторіях, лікарнях, на пароплавах, поїздах та ін. Повне знезаражування води і загибель патогенних бактерій досягається через 5-10 хв. кип'ятіння води. Для цього типу знезаражування використовують спеціальні типи кип'ятильників.

8.6.3 Знезаражування води рентгенівським випромінюванням

Метод передбачає опромінення води короткохвильовим рентгенівським випромінюванням довжиною хвилі 60-100 нм. Короткохвильове випромінювання глибоке проникає в бактеріальні клітки, обумовлює їхні значні зміни і іонізацію. Метод вивчений недостатньо.

8.6.4 Знезаражування води вакуумуванням

Метод передбачає інактивацію бактерій і вірусів при зниженому тиску. Повний бактерицидний ефект досягається протягом 15—20 хв. Оптимальний режим обробки — при температурі 20—60°С і тиску 2,2—13,3 кПа.

Інші фізичні методи знезаражування, такі як обробка γ-опроміненням, високовольтними розрядами, електричними розрядами малої потужності, змінним електричним струмом, використовують обмежено внаслідок їхньої високої енергоємності, складності апаратури, а також через їхню недостатню вивченість і відсутність інформації про можливість утворення шкідливих побічних сполук. Більшість із них сьогодні перебувають у стадії наукових розробок.

8.7 Знезаражування води в польових умовах

Система водопостачання в польових умовах повинна гарантувати одержання якісної питної води, що не містить збудників інфекційних хвороб. З технічних засобів, придатних для поліпшення якості води в польових умовах, особливої уваги заслуговують тканинно-вугільні фільтри (ТВФ): портативні, транспортабельні, прості і високопродуктивні.

ТВФ конструкції М.Н. Клюканова призначені для тимчасового використання (водопостачання в польових умовах, сільській місцевості, на новобудовах, під час експедицій). Очищають і знезаражують воду за методикою М.Н. Клюканова шляхом одночасної коагуляції і дезінфекції підвищеними дозами хлору (суперхлорування) з подальшою фільтрацією через ТВФ. На тканинному фільтруючому шарі затримуються зважені частки, тобто досягається освітлення і знебарвлення води, а на вугільному фільтруючому шарі здійснюється дехлорування.

Для коагуляції використовують алюмінію сульфат — $A1_2(SO_4)_3$ у кількості 100—200 мг/л. Доза активного хлору для знезаражування води (суперхлорування) становить не менш 50 мг/л. У воду одночасно вносять коагулянт і хлорне вапно або ДТСГК (гіпохлорит кальцію) у дозах 150 і 50 мг/л

відповідно. У цьому випадку на коагуляцію не впливає лужність води:

а) із хлорним вапном —

$$A1_2(SO_4)_3 + 6CaOC1_2 + 6H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow 2A1(OH)_3 + 3CaSO_4 + 3CaC1_2 + 6HOCI;$$

б) із ДТСГК —

$$A1_2(SO_4)_3 + 3Ca(OC1)_2 \cdot 2Ca(OH)_2 + 2H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow 2A1(OH)_3 + 3CaSO_4 + 2Ca(OC1)_2 + 2HOC1.$$

Звичайно коагуляція відбувається по реакції алюмінію сульфату з гідрокарбонатами води, яких повинне бути не менш 2 мг-екв/л. В інших випадках воду необхідно підлужувати.

Через 15 хв. після обробки наведеними вище реактивами відстояну воду фільтрують через ТВФ. В очищеній воді визначають залишковий хлор і органолептичні властивості.

Розділ 9

ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Незважаючи на значний розвиток централізованого господарсько-питного водопостачання, у більшості сільських населених пунктів використовують місцеве (децентралізоване) водопостачання, при якому населення бере воду безпосередньо із джерела. Найчастіше в якості джерела водопостачання використовують підземні води (ґрунтові і джерельні). Беруть воду з підземних джерел за допомогою шахтних і трубчастих колодязів або каптажів.

9.1 Гігієнічні вимоги до якості води в шахтних колодязях

За складом і властивостям кринична і джерельна вода, яку використовують без обробки, повинна бути безпечною в епідемічному відношенні, нешкідлива за хімічним складом і мати гарні органолептичні властивості, тобто відповідати загальним вимогам, які пред'являють до доброякісної питної води.

Органолептичні властивості криничної і джерельної води визнають задовільними, якщо вона прозора (прозорість не нижче 30 см по шрифту Снеллена), практично безбарвна (кольоровість — не вище 30° по платиново-кобальтовій або хромово-кобальтовій шкалі), не має сторонніх запахів і присмаків, а інтенсивність природних запахів і присмаків при температурі 20 °С не перевищує 2—3 балів. Посилення запаху, зниження прозорості і підвищення кольоровості

погіршують органолептичні властивості криничної і джерельної води, обмежують її використання, а іноді свідчать про забруднення води в результаті похибок в устаткуванні водозабірних споруд (колодязів або каптажів джерел), неправильного їх розміщення щодо потенційних джерел забруднення або неправильної експлуатації. Іноді причиною зниження прозорості і підвищення кольоровості криничної і джерельної води може бути висока концентрація солей заліза (понад 1 мг/л).

У криничній епідемічно безпечній воді вміст загальних колі-форм не повинен перевищувати 1КУО на 100 мл. У цьому випадку у воді не визначають збудників кишкових інфекцій, які мають водний фактор передачі *(табл. 1, додаток 1)*.

Вміст нітратів у криничній і джерельній воді не повинен перевищувати 50 мг/л (*табл. 2, додаток 1*). Перевищення зазначеної концентрації може обумовити водно-нітратну метгемоглобінемію (гострий токсичний ціаноз) у дітей, що перебувають на штучному вигодовуванні, внаслідок використання води з високим змістом нітратів для готування живильних сумішей. Незначне підвищення рівня метгемоглобіну в крові без загрозливих ознак гіпоксії може спостерігатися і у дітей у віці від 1 до 6 років, а також у осіб похилого віку.

Збільшення вмісту амонійних солей, нітритів і нітратів у криничній і джерельній воді може свідчити про забруднення ґрунту, через який фільтрується джерело води, а також про те, що одночасно із цими речовинами могли потрапити патогенні мікроорганізми. При свіжому забрудненні у воді збільшується вміст амонійних солей. Наявність нітратів у воді за умови відсутності аміаку і нітритів свідчить про порівняно давнє надходження у воду азотовмісних речовин. При систематичному забрудненні у воді виявляють як амонійні солі, так і нітрити і нітрати. До збільшення вмісту нітратів у ґрунтових

водах також приводить інтенсивне використання в сільському господарстві азотних добрив. Підвищення перманганатної окиснюваності ґрунтової води понад 4 мг/л свідчить про можливе забруднення легкоокиснювальними речовинами мінерального і органічного походження.

Одним з показників забруднення місцевих вододжерел водопостачання є хлориди. У той же час високі концентрації (понад 300 — 5000 мг/л) хлоридів у воді можуть бути викликані їхнім вимиванням із солончакових ґрунтів. За таких умов концентрація хлоридів підвищується до сотень і тисячі міліграмів на 1 л. Вода із вмістом хлоридів понад 350 мг/л має солонуватий смак і негативно впливає на організм. Для правильної оцінки походження хлоридів слід врахувати їхню наявність у воді сусідніх однотипних вододжерел, а також інші показники забруднення.

В окремих випадках кожний із цих показників може мати й іншу природу. Наприклад, органічні речовини можуть бути рослинного походження. Тому воду з місцевого джерела можна вважати забрудненою тільки за наступних умов:

1) підвищений не один, а кілька санітарно-хімічних показників забруднення;

2) одночасно підвищені санітарно-мікробіологічні показники епідемічної безпеки — загальне мікробне число і загальні колі-форми;

3) можливість забруднення підтверджується даними санітарного обстеження колодязя або каптажу джерела.

9.2 Вимоги до влаштування шахтних колодязів

Під час влаштування колодязів необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Ізолювати колодязь від проникнення поверхневого стоку (дощових і талих вод).

2. Влаштування стінок колодязя проводити переважно монолітним залізобетоном, бетонними або залізобетонними кільцями, а за їх відсутності — керамікою, цеглою, каменем або деревом. Стінки колодязя повинні бути щільними, без шпарин.

3. Каміння для влаштування стінок колодязя повинно бути з міцних стійких порід та укладатись на цементний розчин.

4. У разі використання дерев'яних зрубів слід застосовувати колоди завтовшки не менше ніж 0,25 м, прямі, без глибоких шпарин і червоточин, не уражені грибком, витримані (заготовлені не менше ніж за 5-6 місяців до їх використання). При цьому перевагу необхідно надавати таким породам дерева як модрина, вільха, в'яз чи берест, але можна застосовувати також дуб і сосну (дуб та сосна з початку експлуатації можуть надавати воді присмак та запах). Вінця надводної частини зрубу можна робити з колод або брусів сосни або ялини.

5. Підводну частину стінок колодязя потрібно заглиблювати у водоносний горизонт не більше ніж на один метр для кращого його розкриття та збільшення шару води. При слабкому водоносному потоці необхідно розширити зруб колодязя у нижній частині.

6. У разі влаштування колодязя в галькових, гравійних ґрунтах або у скельних породах, що обвалюються, дно колодязя не закріплюють, а у стінках водоприймальної частини передбачаються створи діаметром 15 — 30 мм, розташовані у шахматному порядку через 0,2 — 0,3 м (дірчатий фільтр) для надходження води в колодязь.

У разі влаштування колодязя у піщаних ґрунтах, на його дні влаштовують зворотний піщано-гравійний фільтр (із декількох шарів ретельно відмитого піску та гравію з укладанням у нижній частині фільтра дрібних фракцій 0,1 — 1,0 мм,

у верхній — великих 2 — 10 мм, при цьому товщина кожного шару 0,1 — 0,15 м, загальна товщина — 0,4 — 0,5 м) або фільтр з пінобетону, а в стінках водоприймальної частини колодязя також влаштовують фільтри з пінобетону.

У разі влаштування колодязя у відкритих котловинах на дні колодязя влаштовують гравійні фільтри.

7. Для опущення в колодязь людини з метою його чистки та ремонту в стінки колодязя необхідно вставити металеві скоби, розміщені у шахматному порядку на відстані 0,3 м одна від одної.

8. Наземна частина колодязя (оголовок), призначена для захисту шахти від забруднення та спостереження за водозабором, влаштовується не менш як на 0,8 м вище поверхні землі. З метою захисту від засмічення оголовок повинен щільно закриватись кришкою з металу чи дерева або мати залізобетонне перекриття з люком, який також закривається кришкою. Зверху оголовка влаштовують дашок, навіс або оголовок вміщують у будку.

9. Для підйому води із колодязя слід застосовувати насоси (краще електрозанурювальні). Зливна труба насоса повинна мати гачок для підвішування відра. У разі неможливості застосування насоса допускається обладнання колодязя коловоротом або міцно прикріпленим «журавлем» з відром для загального користування.

Біля колодязя слід влаштовувати підставку для відер, навколо споруди повинні бути огорожа (радіусом не менше 2 м) з воротами (хвірткою) та стежка із твердим покриттям (від воріт до колодязя).

10. Для захисту колодязя від забруднення поверхневими стоками слід влаштовувати перехоплюючі канави, які відводять стоки від колодязя, навколо колодязя необхідно робити «замок» із гарно замішаної та пошарово утрамбованої глини чи масного суглинку (глибиною 2 м і шириною 1 м) або бетонувати (асфальтувати) майданчик радіусом не менше ніж 2 м на основі з щебеню товщиною 15 — 20 см та з ухилом від колодязя.

Навколо колодязя, розміщеного у водопроникаючих ґрунтах (піски, піщано-гравійні, піщано-галькові) з невеликим (2 м) покриттям супіску, суглинків, необхідно цементувати майданчик радіусом не менше ніж 2 м та з ухилом від колодязя.

9.3 Вимоги до влаштування трубчастих колодязів (свердловин)

1. За своєю будовою трубчастий колодязь є свердловиною, яка обладнана водяним фільтром, водопіднімальною трубою і насосом. Якщо ґрунт, в якому будують колодязь, дуже слабкий або глибина колодязя велика, свердловину необхідно укріпити обсадними трубами. Трубчасті колодязі бувають неглибокі та глибокі. Підйом води з трубчастого колодязя здійснюється за допомогою ручного або електричного насоса.

2. Оголовок трубчастого колодязя повинен бути вище поверхні землі на 0,8 — 1,0 м та герметично закритим, мати кожух та зливну трубу з гаком для відра. Навколо оголовка колодязя влаштовують відмостки, водовідведення та глиняний «замок», а також підставку для відер, як і для шахтного колодязя.

3. Неглибокі трубчасті колодязі (абіссінські) можуть бути індивідуального та громадського користування. Їх необхідно влаштовувати на ділянках, де рівень залягання ґрунтових вод не дуже глибокий — до 7-9 м. Такий колодязь є більш захищеним, ніж шахтний.

Глибокі трубчасті колодязі зазвичай слід використовувати, якщо глибина залягання водоносного шару перевищує 9 м.

9.4 Вимоги до влаштування каптажів джерел

Під час влаштування каптажів джерел необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Забирання води з висхідного джерела здійснюють через дно каптажної камери, з нисхідного — через отвори стін камери. Каптажні камери нисхідних джерел повинні мати водонепроникні стінки (за винятком стіни з боку водоносного горизонту) і дно, що забезпечується влаштуванням глиняного «замка». У камерах висхідних джерел глиняний «замок» потрібно влаштовувати по всьому периметру стін. Матеріалом для стін та дна каптажу джерела повинні бути такі самі матеріали, як і для облаштування колодязів. Водоносний горизонт перекривають стінкою з отворами або пористою плитою з пінобетону.

2. З метою запобігання забрудненню води в каптажі джерела піском (частинками породи) необхідно передбачати засипку з гравію та піску із зростаючою за напрямком руху води величиною зерен (від 0,2 до 10 мм) з боку потоку води, а також відстоювання води, для чого камеру каптажу розділяють переливною стінкою на два відділення, одне з яких — приймальне — для відстоювання води, а друге — для забору освітленої води (обидва обладнують трубопроводами спорожнення).

3. У камері каптажу освітленої води влаштовують водорозбірну та переливну труби діаметром 100 мм і більше, які розраховують на найбільший дебіт джерела. Переливна труба на кінці повинна мати щільну сітку та клапан-захлопку (на водорозбірній трубі наявність сітки не обов'язкова).

Водорозбірну трубу обладнують краном, гаком для підвішування відер та відводять на відстань 1 — 2 м від каптажу джерела. На поверхні землі, де закінчується труба,

влаштовують забрукований лоток для відведення залишків води.

Воду із переливної труби необхідно відводити в інший від водорозбірної труби бік і під нею також обладнати лоток для відведення надлишків води. Переливна труба повинна сполучатися з відвідним лотком методом «розриву струменя».

4. Під краном з каптажу джерела слід влаштувати підставку для відер. Після відповідного переобладнання допускається використання для каптажу резервуара чистої води, обладнаного водорозбірною та переливною трубами тощо.

5. Каптажні камери повинні бути захищені від поверхневих забруднень, промерзання та затоплення поверхневими водами, для чого слід передбачити спорудження глиняного «замка», відвідних канав та брукування біля каптажної споруди. Взимку камери утеплюють для захисту від промерзання такими самими матеріалами, як і шахтний колодязь.

Горловина каптажної камери з люком та кришкою повинна бути вища від поверхні землі не менше ніж на 0,8 м. Над камерою розміщують павільйон, а територію навколо неї огороджують. Огорожа повинна бути радіусом не менше ніж 2 м.

6. Для забезпечення можливості огляду, чистки та дезінфекції каптажу у стінці камери необхідно влаштовувати двері та люки, східці або скоби. Вхід до камери слід розміщувати не над водою, а віднести його у бік, щоб забруднення не потрапляли у воду. Двері та люки повинні бути влаштовані над поверхнею землі не менше ніж на 0,4 м та мати надійні замикаючі пристрої.

Для вентиляції каптажу джерела необхідно облаштовувати вентиляційні труби, виведені не менше ніж на 2 м вище поверхні землі, діаметром не менше ніж 100 мм з дефлектором чи ковпаком із сіткою.

Розміри і кількість стояків вентиляційної системи визначаються згідно з розрахунками у проектній документації.

9.5 Вимоги щодо санації (дезінфекції) шахтних колодязів

Санацію за епідпоказаннями починають з дезінфекції підводної частини колодязя об'ємним способом. Для цього визначають об'єм води в колодязі і розраховують необхідну кількість хлорного вапна чи кальцію гіпохлориту за формулою

$P = (E \cdot C \cdot 100) / H$,

де: P — кількість хлорного вапна чи кальцію гіпохлориту (г);

E — об’єм води в колодязі ($м^3$);

C — задана концентрація активного хлору у воді колодязя (100 — 150 $г/м^3$), достатня для дезінфекції стінок зрубу та гравійного фільтра на дні;

100 — постійний числовий коефіцієнт;

H — вміст активного хлору в хлорному вапні чи в кальції гіпохлориту (%).

Якщо вода у колодязі холодна (+4° C — +6° C), кількість хлорвмісного препарату для дезінфекції колодязя об’ємним способом збільшують вдвічі.

Розрахункову кількість дезінфекційного засобу розчиняють у невеликій кількості води, налитої у відро, до отримання рівномірної суміші, прояснюють відстоюванням і виливають цей розчин у колодязь. Воду в колодязі добре перемішують протягом 15-20 хв. жердинами чи частим опусканням та підніманням відра на тросі, колодязь закривають кришкою і залишають на 1,5-2,0 години.

Після попередньої дезінфекції колодязь повністю звільняють від води за допомогою насоса чи відрами. Перед тим,

як людині спуститись у колодязь, перевіряють, чи не накопичився там CO_2, для чого у відрі на дно колодязя опускають запалену свічку. Якщо вона гасне, то працювати можна тільки в ізолювальному засобі індивідуального захисту органів дихання.

Потім колодязь очищають від предметів, що потрапили в нього, та мулу. Стінки колодязя чистять механічним способом від забруднень та обростання і у разі необхідності ремонтують. Вибраний з колодязя бруд та мул складують у ямі на відстані не менше 20 м від колодязя на глибину 0,5 м, заливають 10 % розчином хлорного вапна чи 5 % розчином гіпохлориту кальцію та закопують.

Для остаточної дезінфекції спочатку зовнішню та внутрішню поверхню стінок колодязя зрошують з гідропульта 5% розчином хлорного вапна чи 3% розчином кальцію гіпохлориту з розрахунку 0,5 л на 1 $м^2$ площі стінок колодязя. Потім вичікують, доки колодязь наповниться водою до звичайного рівня, після чого дезінфікують підводну його частину об'ємним способом із розрахунку 100-150 мг активного хлору на 1 л води в колодязі протягом 6-8 год. Після закінчення зазначеного терміну визначають наявність залишкового хлору у пробі води, яку відбирають, за запахом. Якщо запах хлору відсутній, додають 1/4 чи 1/3 частину від початкової кількості препарату і чекають ще 3-4 години. Після цього відбирають пробу води і направляють її до лабораторії відповідного профілю для бактеріологічного й фізико-хімічного аналізу (не менше ніж 3 дослідження через кожні 24 години).

Дезінфекцію колодязя з профілактичною метою починають з визначення об'єму води в колодязі. Потім повністю відкачують воду, чистять та ремонтують колодязь, дезінфікують зовнішню та внутрішню поверхню стінок колодязя методом зрошення, чекають, поки колодязь наповниться водою, і дезінфікують підводну частину об'ємним способом.

9.6 Вимоги щодо знезараження води в колодязі за допомогою дозувальних патронів

Підставами для знезараження води в колодязі є її невідповідність гігієнічним вимогам за мікробіологічними та паразитологічними показниками безпечності, наявність ознак забруднення води за фізико-хімічними показниками безпечності та якості (знезаражують до виявлення джерела забруднення та отримання позитивних результатів після санації), неефективна санація колодязя, наявність вогнищ кишкових інфекцій в населеному пункті (проводиться після дезінфекції колодязя до моменту повної ліквідації вогнищ).

Воду в колодязі знезаражують за допомогою дозувального патрона за умови обов'язкового контролю її стану. Тривале знезараження води за допомогою дозувальних патронів не може бути ефективним без попередньої санації колодязя.

Дозувальні патрони становлять собою циліндричної форми керамічні з пористими стінками ємності місткістю 250, 500 або 1000 см^3, які заповнюють кальцієм гіпохлориту чи хлорним вапном і занурюють у колодязь.

Для тривалого знезараження питної води необхідну кількість кальцію гіпохлориту, який вміщує 52% активного хлору, розраховують за формулою

$$X_1 = 0{,}07 \cdot X_2 + 0{,}08 \cdot X_3 + 0{,}02 \cdot X_4 + 0{,}14 \cdot X_5,$$

де: X_1 — кількість препарату, що необхідна для заповнення патрона (кг);

X_2 — об'єм води у колодязі (м^3);

X_3 — дебіт колодязя (м^3/год) — визначають експериментально;

X_4 — водозабір (м^3/добу) — визначають шляхом опитування населення;

X_5 — хлоропоглинання води (мг/л) — визначають експериментально.

У випадку застосування хлорного вапна, яке вміщує 25 % активного хлору, розрахункова кількість реагенту збільшується у 2 рази.

Якщо вміст активного хлору у реагенті не відповідає розрахунковому, то здійснюють перерахунок за формулою

$$P = (X_1 \cdot H_1)/H_2,$$

де: P — кількість хлорного вапна чи кальцію гіпохлориту (кг);

X_1 — кількість реагенту, що необхідна для заправки патрона (кг);

H_1 — вміст активного хлору в препараті, що прийнято у розрахунок (52 % для гіпохлориту або 25 % для хлорного вапна);

H_2 — фактичний вміст активного хлору у препараті (%).

Під час знезараження води в колодязі взимку розрахункову кількість препарату збільшують удвічі.

Для визначення дебіту — кількості води (у м^3), що можна отримати з колодязя за 1 годину, протягом певного часу швидко відкачати з нього воду, вимірюючи її кількість, а тоді реєструють час відновлення попереднього рівня води й розраховують за формулою:

$$D = (V \cdot 60)/t,$$

де: D — дебіт колодязя (м^3/год);

V — об’єм відкачаної води (м^3);

t — сумарний час, що складається із часу відкачування та відновлення рівня води в колодязі (хв.);

60 — постійний коефіцієнт.

Перед заповненням патрон попередньо витримують у воді протягом 3-5 годин, потім заповнюють розрахованою кількістю знезаражуючого реагенту, додають 100-300 см^3 води та щільно перемішують (до утворення рівномірної суміш-

ші). Після цього патрон закривають керамічною або гумовою пробкою, підвішують у колодязі та занурюють у товщу води приблизно на 0,5 м нижче від верхнього рівня і на 0,2-0,5 м вище від дна колодязя.

Контроль за концентрацією активного залишкового хлору у воді колодязя проводять через 6 годин після занурення дозувального патрона. Якщо концентрація залишкового активного хлору у воді нижча за 0,5 мг/л, необхідно занурити додатковий патрон та провести після цього відповідний контроль ефективності знезараження.

Якщо концентрація залишкового активного хлору у воді значно вища за 0,5 мг/л, витягують один із патронів і проводять відповідний контроль ефективності знезараження. Надалі контролюють концентрацію залишкового активного хлору не рідше одного разу на тиждень, перевіряючи також мікробіологічні показники безпечності питної води.

Періодичність заміни патрона, яку виконують фахівці відповідного напряму підготовки складає 3-4 тижні. Патрон витягують з колодязя, видаляють з нього рештки препарату, ретельно промивають. Для очищення пор від солей кальцію карбонату патрон занурюють у слабкий розчин оцтової кислоти (1:250) на 1-6 годин залежно від інтенсивності осаду. Потім знову промивають чистою водою та висушують, заповнюють кальцієм гіпохлориту чи хлорним вапном і занурюють у колодязь. Така обробка дозволяє використовувати патрон багаторазово.

Розділ 10

ДЕРЖАВНИЙ САНІТАРНИЙ НАГЛЯД І ЛАБОРАТОРНИЙ КОНТРОЛЬ У СФЕРІ ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Відповідно до чинного законодавства забезпечити жителів населених місць доброякісною питною водою в достатній кількості зобов’язані органи державної виконавчої влади, місцевого і регіонального самоврядування (Закон України «Про забезпечення санітарного й епідемічного благополуччя населення», ст. 18). Для розв’язання проблеми раціонального водопостачання населених місць важливе значення має правильно організований і систематичний санітарний нагляд. Державний санітарний нагляд за господарсько-питним водопостачанням здійснює центральний орган виконавчої влади, який реалізує державну політику в сфері санітарного і епідеміологічного благополуччя населення. У сільській місцевості до контролю над місцевим водопостачанням залучають персонал лікарських закладів.

Державний санітарно-епідеміологічний нагляд передбачає контроль над дотриманням юридичними (відомствами, установами, підприємствами і ін.) і фізичними (громадянами) особами санітарного законодавства у сфері водопостачання населених місць і застосування заходів правового характеру до порушників. Державний санітарно-епідемічний контроль над господарсько-питним водопостачанням здійснюється у двох формах: попереджувального і поточного санітарного нагляду. Під час його проведення керуються наступними законодавчими і офіційними документами: Конституцією України, Основами законодавства про охорону здоров’я, Законами «Про забезпечення санітарного і епідемічного благополуччя населення», «Про охорону навколишнього при-

родного середовища», «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», Водним кодексом, санітарними нормами і правилами, державними стандартами, інструктивно-методичними документами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я України.

10.1 Попереджувальний санітарний нагляд

Головна роль у забезпеченні раціонального господарсько-питного водопостачання належить попереджувальному санітарному нагляду.

Попереджувальний санітарний нагляд у процесі організації централізованого господарсько-питного водопостачання передбачає:

1) вибір джерела водопостачання, місця розміщення водозабору і головних споруд водопроводу, а також у встановленні границь ЗСО;

2) розгляд проектів розширення і реконструкції діючих і будівництва нових водопроводів, у тому числі проектів ЗСО;

3) санітарний нагляд під час будівництва водопроводів;

4) участь у прийманні в експлуатацію водопроводів і окремих водопровідних споруд.

Починається попереджувальний санітарний нагляд на стадії вибору джерела водопостачання. У цій важливій роботі, яку проводить комісія фахівців (гідрогеологів, гідробіологів, гідрологів, фахівців в області будівництва і технології водопідготовки, економістів), приймає активну участь представник центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, якому надають особливі повноваження (надалі представник). Остаточний висновок про придатність джерела водопостачання для господарсько-питних цілей дає центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну

політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення (надалі служба).

На стадії вибору джерела господарсько-питного водопостачання представник бере участь у зборі ретроспективних даних про санітарний стан водних об'єктів і навколишньої території в районі майбутнього будівництва водопроводу, визначає місця і строки відбору проб води. Право на проведення аналізів води під час вибору джерела закріплене за лабораторними центрами Міністерства охорони здоров'я України.

У процесі проектування водопроводу служба повинна забезпечити проектну організацію інформацією про санітарний стан території майбутніх ЗСО водного джерела і водопроводу з урахуванням перспектив розвитку народного господарства, житлового будівництва і благоустрою. Велике значення має експертиза проектів будівництва нових і реконструкції наявних водопроводів.

Господарсько-питні водопроводи споруджують по індивідуальних проектах з використанням типових схем окремих споруді вузлів. Під час розгляду проекту господарсько-питного водопостачання необхідно дати оцінку принциповим питанням: чи достатня потужність водопроводу для безперебійного забезпечення населення необхідною кількістю води, чи відповідає дебіт джерела потужності водопроводу, чи належним образом спроектована схема водопідготовки виходячи з якості води джерела водопостачання, чи правильно позначені границі ЗСО, чи досить намічених заходів щодо оздоровлення її території. Усі зазначені питання потрібно розглядати з урахуванням перспектив народногосподарського розвитку населеного пункту або району, на території яких проектують водопровід.

Правильну оцінку проекту представник може дати тільки на підставі власних матеріалів про водні ресурси даної

місцевості, якості води, санітарно-епідемічний стан території району, існуючі джерела забруднення. Ці відомості збирають у процесі поточного санітарного нагляду. Зауваження до проекту повинні підкріплюватися посиланнями на документи чинного санітарного законодавства.

Робота представника на стадії експертизи проекту водопостачання населеного пункту складається з декількох етапів:

1. Ознайомлення з паспортними даними проекту, а саме — назвою проекту, організацією-замовником, організацією-розроблювачем, авторами проекту і ін.

2. Перевірка повноти представлених матеріалів, а саме наявності:

1) пояснювальної записки з характеристикою населеного пункту і перспектив його розвитку, розрахунками загального водоспоживання населеного пункту, обґрунтуванням необхідності будівництва або реконструкції водопроводу, вибором оптимального варіанта схеми водопостачання і обробки води, з розрахунками очисних споруд, їх всебічною характеристикою, характеристикою водоводів і водогінної мережі;

2) графічних матеріалів (ситуаційного плану місцевості, генерального плану населеного пункту, плану майданчика головних водопровідних споруд, плану і профілів водоводів і водогінної мережі);

3) проекту ЗСО з текстовою частиною і графічними матеріалами;

4) додатків.

3. Ознайомлення з офіційними нормативними документами, на підставі яких буде проводитися експертиза проекту.

4. Санітарна експертиза наданих матеріалів. На цьому етапі представник перевіряє розрахунки водоспоживання населеного пункту, дає гігієнічну оцінку правильності вибору джерела водопостачання і місця водозабору, робить висновок

про правильність вибору технологічної схеми обробки води і місця розташування майданчика головних водопровідних споруд, про правильність розрахунків і обладнання окремих споруд водопроводу й водогінної мережі. Дає гігієнічну оцінку проекту ЗСО (правильність обґрунтування границь окремих поясів і достатність передбачених заходів).

5. Складання експертного висновку про можливість і умови реалізації розглянутого проекту. На цьому закінчується робота представника над проектом. Проект може бути погоджений і не погоджений. При неправильному (помилковому) розв'язанні принципових питань у проекті його відхиляють і направляють на доробку, указавши конкретну причину.

10.2 Санітарний нагляд під час будівництва водопроводів

У процесі будівництва водопроводу здійснюють нагляд за виконанням проектних рішень, комплексним будівництвом очисних споруд і мережі, дотриманням строків будівництва. Представники центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополучя населення повинні бути присутніми під час складання акту приймання проведених робіт. Надалі представник повинен щокварталу проводити санітарне обстеження будівництва водопроводу і результати оформляти актом.

Останній етап попереджувального санітарного нагляду — участь представника в роботі робочої і державної комісій із прийому водопроводу до експлуатації. Споруди повинні бути в діючому стані. Робоча комісія перевіряє відповідність будівельно-монтажних робіт проектній документації, дає висновок про результати пробної експлуатації устаткування і гідравлічних випробувань, ухвалює рішення щодо можливості пред'явлення об'єкта до приймання державною комісі-

єю. Державна комісія знайомиться із затвердженим проектом водопроводу, експертним висновком по проекту центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, перевіряє акти проведених робіт, акт приймання робочої комісії, визначає відповідність побудованого об'єкта затвердженому проекту й готовність його до експлуатації. Крім споруд водопроводу, слід оцінити правильність проведення передбачених проектом заходів щодо організації і благоустрою ЗСО джерел водопостачання. Після цього при відсутності зауважень складають акт приймання об'єкта в експлуатацію. Якщо виявляють навіть незначні недоробки, представник не має права підписувати акт державного приймання.

10.3 Поточний санітарний нагляд

Поточний санітарний нагляд повинен сприяти дотриманню правильного технологічного режиму обробки води, своєчасному виявленню дефектів у роботі очисних споруд і мережі та попередженню подачі населенню води, що не відповідає вимогам діючих нормативних документів. Його метою є контроль над вмістом акваторії, санітарним станом території ЗСО, усіх споруд водопроводу, дотриманням обслуговуючим персоналом санітарного мінімуму, своєчасністю проходження ними медичних оглядів.

Згідно із Законом України «Про забезпечення санітарного і епідемічного благополуччя населення» (ст. 26) персонал водопровідних станцій і особи, що обслуговують водонапірні башти, резервуари чистої води іколонки, повинні проходити попередні (до прийняття на роботу) і періодичні медичні огляди. Перед тим, як приступити до роботи, проходять огляд терапевта і дерматолога, флюорографію, обстеження на наявність носіїв збудників кишкових інфекцій і гельмінтів. Надалі

їх оглядають терапевт, дерматолог, їм роблять флюорографію (1 раз на рік), а обстеження на бактеріносійство — за епідемічними показниками. Результати обстеження фіксують в індивідуальних санітарних книжках, які зберігаються на об'єкті. Тих, хто у встановлений строк без поважних причин не пройшли медичний огляд у повному обсязі, не допускають до роботи, їх можуть залучати до дисциплінарної відповідальності.

Через важливу роль доброякісної питної води в оздоровленні умов життя населення центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, не може обмежитися виконанням лише контрольних функцій. Слід виступати ініціаторами заходів щодо поліпшення всієї системи водопостачання населених місць.

Основою поточного санітарного нагляду є паспортизація споруд водопроводу. Паспортизують кожний об'єкт водопроводу (водопровідні станції, зовнішні водорозбірні споруд, водонапірні башти і ін.). Починають із санітарного опису, який містить усі відомості, необхідні для санітарної характеристики об'єкта. Надалі до нього додаються матеріали щодо усіх змін, які відбуваються в стані об'єкта під час його експлуатації, копії актів санітарного обстеження, усіх зауважень санітарного нагляду, пред'явлених адміністрації водопроводу з метою поліпшення роботи, результати лабораторних досліджень.

Успіх поточного санітарного нагляду за господарсько-питним водопостачанням багато в чому визначається організацією систематичного лабораторного контролю якості води, яка надходить у мережу водопроводу, і питної води в точках водорозбору. Розрізняють лабораторно-виробничий контроль, здійснюваний власником водопроводу, і санітарно-лабораторний контроль, який є елементом поточного санітар-

ного нагляду і здійснюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення.

На великих водопроводах, які мають власні аналітичні лабораторії, лабораторно-виробничий контроль якості води проводять силами цих лабораторій відповідно до діючих нормативних вимог. Якість води водопроводів, які не мають власних лабораторій, контролюють пересувні автолабораторії, підлеглі установам водопровідно-каналізаційного господарства області, або лабораторія місцевого лабораторного центру за госпрозрахунковим договором.

Лабораторно-виробничий контроль за якістю води регламентовано діючими нормативними вимогами. Відповідно до них під час аналізу проб питної води в розподільній мережі обмежуються визначенням загального мікробного числа, загальних колі форм і органолептичних властивостей води (кольоровості, мутності, запаху, смаку і присмаку). Місця відбору проб з мережі (з віддалених вуличних водорозбірних колонок, тупикових ліній) і періодичність систематичного контролю відомчими лабораторіями обов'язково погоджують із центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення

Обсяг аналізів води з розподільної мережі залежить від кількості населення, що обслуговується водопроводом.

На всіх водопроводах, на яких воду знезаражують хлором або озоном, щогодини контролюють їхні залишкові кількості. Тому, доцільно на всіх водопроводах, на яких хлорують воду, незалежно від їхньої потужності, впровадити автоматичні аналізатори залишкового хлору. Це суттєво підвищить контрольну функцію показника.

Санітарно-лабораторний контроль над якістю води господарсько-питного водопроводу здійснює територіальний лабораторний центр МОЗ України за власним планом відповідно діючим нормативним вимогам. Це передбачає узгодження всіх видів робіт, які проводяться або плануються на головних спорудах водопроводів і водогінної мережі і пов'язані з ремонтом, реконструкцією, зміною технології очищення і знезаражування води. Територіальний представник центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, за епідпоказаннями погоджує місце введення і дози дезінфектантів та інших реагентів у процесі водопідготовки і графік контролю над залишковою кількістю цих реагентів. У відомчій лабораторії погоджуються графіки періодичності узяття проб, їх загальна кількість і зміст аналізів лабораторно-виробничого контролю над якістю води. Програма для проведення лабораторно-виробничого контролю над якістю води в системах централізованого господарсько-питного водопостачання передбачає відбір проб у місцях водозабору, у процесі обробки води з очисних споруд, перед надходженням у зовнішню водогінну мережу. Періодичність проведення аналізів води в зазначених точках визначають виходячи з потужності водопроводу (обсягу подачі води), а у водорозподільній мережі — з урахуванням кількості населення, що обслуговується.

Лабораторії територіальних лабораторних центрів здійснюють контрольні дослідження якості води з періодичністю, яка визначається типом конкретного вододжерела, обсягом води, що подається населенню, розміщенням точок узяття проб води.

Розрізняють кілька типів контролю над якістю води:

1) повний аналіз або контроль за всіма показниками, регламентованими діючими нормативними вимогами на питну воду. Є обов'язковим під час введення нового водопроводу в експлуатацію або після простою протягом більше 5 діб;

2) скорочений аналіз або контроль за деякими показниками епідемічної безпеки води (загальне мікробне число, загальні коліформи), її хімічний склад (pH, нітрати, залізо, активний залишковий хлор, вміст тригалометанів), органолептичних властивостей (запах, смак і присмак, мутність, кольоровість). Є обов'язковим після капітального ремонту, реконструкції і переустаткування водопроводу та розподільчої мережі, при зміні технології обробки води;

3) загальний фізико-хімічний контроль (визначення речовин, що характеризують показники нешкідливості хімічного складу води);

4) спеціальний контроль епідемічної безпеки питної води (мутність, загальне мікробне число, загальні коліформи, *E. coli*, колі-фаги, патогенні мікроорганізми, за епідситуації — вірусологічні і паразитологічні показники) *(табл. 1 додаток 1);*

5) спеціальний токсикологічний контроль (визначення високотоксичних речовин, за необхідності — біотестування);

6) спеціальний контроль радіаційної безпеки питної води (визначення об'ємної сумарної α- і β-активності,за необхідності її радіонуклідного складу).

Якщо якість води в точці водозабору не відповідає діючим нормативним вимогам за мікробіологічними показниками (загальне мікробне число, загальні коліформи), слід негайно повторно відібрати проби води і провести додаткові дослідження на показники свіжого фекального забруднення (*E. coli*), патогенні мікроорганізми і колі-фаги. При повторному виявленні бактеріального забруднення в двох послідовно взятих пробах води організують посилений контроль над дотриманням режиму в ЗСО і технологією очищення та знезаражування води. Проводять спеціальний контроль епідемічної безпеки питної води перед

надходженням у зовнішню розподільчу мережу і у самій водогінній мережі.

Перед надходженням у зовнішню розподільчу мережу будь-яке відхилення якості води від показників епідемічної безпеки діючих нормативних вимог слід розглядати як наслідки незадовільної роботи очисних споруд водопроводу. При цьому, слід негайно провести спеціальний контроль епідемічної безпеки питної води у водогінній мережі, підсилити контроль над технологією очищення води і підвищити дози реагентів для знезаражування.

У водогінній мережі будь-яке відхилення якості води від показників епідемічної безпеки діючого стандарту слід розглядати як надзвичайно небезпечну епідемічну ситуацію. Необхідно негайно сповістити населення, дитячі і лікувально-профілактичні заклади, підприємства громадського харчування і харчової промисловості. У такій ситуації потрібно проводити спеціальні заходи на спорудах водопроводу по виявленню і ліквідації причини несприятливої епідемічної ситуації.

Порушення санітарно-гігієнічних і санітарно-протиепідемічних правил і норм, а також невиконання виданих на їхній підставі приписів представника центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення,обумовлює відповідальність (дисциплінарну, адміністративну, цивільно-правову, кримінальну) згідно з діючим законодавством.

10.4 Гігієнічні вимоги до безпечності та якості питної води

Питна вода повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному від-

ношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад.

Питна вода за мікробіологічними, паразитологічними, хімічними та радіаційними показниками безпечності має відповідати гігієнічним вимогам, зазначеним у Додатку 1 (табл. 1-6).

У разі підозри щодо можливого забруднення питної води досліджуються додаткові показники, не вказані у додатку 1 (табл. 1-6), якщо це необхідно для захисту здоров'я населення.

Вміст у питній воді шкідливих речовин, не зазначених у цих Санітарних нормах, не повинен перевищувати їх гранично-допустимих концентрацій (ГДК), визначених санітарними нормами для поверхневих вод.

За наявності у питній воді декількох речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості, що належать до I та II класів небезпеки, сума відношення концентрацій (C_1, C_2,..... C_n) кожної із речовин до відповідної ГДК не повинна перевищувати одиницю:

$$\frac{C1}{ГДК1} + \frac{C2}{ГДК2} + \cdots + \frac{Cn}{ГДКn} \leq 1$$

У разі забруднення питної води невідомими токсичними сполуками та хімічними речовинами, для визначення яких відсутні методи дослідження, рекомендується застосовувати допоміжний інтегральний (експресний) показник якості питної води - індекс токсичності питної води, розрахований за результатами біологічних тестів (біотестування):

$$T = \frac{Iк - Io}{Iк} \text{ x } 100\ \%,$$

де: Т - індекс токсичності проби досліджуваної води;

Ік - величина тест-реакції у контрольній пробі;

Іо - величина тест-реакції у досліджуваній пробі.

Індекс токсичності питної води, яка не містить неідентифікованих компонентів, не повинен перевищувати 50 % незалежно від використовуваних тест-об'єктів, якими можуть бути дафнії, інфузорії тощо.

Для виробництва питної води надається перевага воді підземних джерел питного водопостачання, надійно захищених від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Джерела питного водопостачання мають бути захищені від забруднення згідно з вимогами законодавства України. Однак, та ж сама мета може бути досягнена за допомогою застосування сучасних водоочисних заходів перед постачанням питної води; за цих умов у технологічному регламенті (або технологічній інструкції) з виробництва питної води зазначаються жорсткіші вимоги до виробничого контролю за показниками питної води, що можуть становити потенційну загрозу для здоров'я споживачів.

Перед використанням джерела питного водопостачання проводять обстеження території водозабору, результати яких повинні містити інформацію про місцеві природні умови, характеристику території розміщення водозабору із зазначенням існуючих та потенційних джерел забруднення.

Проводять попередні періодичні лабораторні дослідження вихідної води, при цьому для необроблених питних вод.

Попередні лабораторні дослідження вихідної води проводять за показниками згідно з додатком 1 (табл. 1-6) з урахуванням місцевих природних умов, санітарного стану джерела питного водопостачання та прилеглої території, а також особливостей подальшої обробки та виду питної води.

Моніторинг стану вихідної води проводять протягом належного часу для того, щоб визначити межі коливання показників безпечності та якості. У разі використання поверхневої води в якості вихідної моніторинг повинен відображати її склад, як мінімум, протягом трьох років.

Проби води з нових свердловин або таких, що тимчасово не використовувались, відбирають після відкачки води, яка повинна тривати до досягнення постійних динамічного рівня та освітлення води. При цьому продуктивність відкачки повинна бути рівною або більшою, ніж проектна.

Результати лабораторних досліджень складу вихідної води та обстеження території розміщення водозабору враховуються під час проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи технологічного регламенту або технологічної інструкції з виробництва питної води.

Склад вихідної води повинен забезпечувати відповідність показників безпечності та якості одержуваної питної води вимогам ДСанПіН2.2.4-171–10з використанням необхідних сучасних технологій водопідготовки або без них.

Під час вибору вододжерела та технології водопідготовки, зокрема, у разі домінералізації питної води, надають перевагу джерелам та технологіям, що забезпечують виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (табл. 7 додаток 1).

Повинні вживатися всі необхідні заходи з метою постачання безпечної та якісної питної води, щоб вона:

а) не вміщувала будь-які патогенні мікроорганізми, паразити та хімічні речовини, які, у сукупності або виявленій концентрації, становлять потенційну небезпеку для здоров’я людей;

б) відповідала вимогам ДСанПіН2.2.4-171–10 (табл. 1-4додатку 1).

Радіаційну безпечність питної води визначають за показниками питомої активності тритію та загальної індикативної дози, наведеними у табл. 5, 6 додатку 1.

В якості попередньої оцінки радіаційної безпечності питної води проводяться вимірювання питомої активності тритію, сумарної альфа-активності та сумарної бета-активності.

Якщо показники сумарної альфа-активності не перевищують значення 0,1 Бк/л, а показники сумарної бета-активності не перевищують значення 1,0 Бк/л, вважається, що загальна доза не перевищуватиме значення 0,1 $м^3$в/рік.

Якщо встановлено, що показники сумарної альфа-активності та/або сумарної бета-активності перевищено, визначаються питомі активності окремих радіонуклідів та розраховується загальна індикативна доза.

Для розрахунку загальної індикативної дози вимірюють активності радіонуклідів урану, радію (^{226}Ra, ^{228}Ra), свинцю (^{210}Pb) та полонію (^{210}Po). У випадку техногенного впливу враховують внесок радіонуклідів штучного походження: цезію (^{137}Cs), стронцію (^{90}Sr) або інших радіонуклідів у залежності від ситуації.

Дозові коефіцієнти для радіонуклідів, які використовують для розрахунку загальної індикативної дози, наведені в додатку 1 (табл. 6). Річний об’єм споживання питної води прийнято на рівні 730 л на людину.

Результати проведеного дослідження радіаційних показників безпечності оформлюються у вигляді протоколу із висновком, де зазначаються отримані значення досліджуваних показників: питома активність тритію, сумарна альфа-активність, сумарна бета-активність, а за потреби питомі активності ізотопів урану, радію (^{226}Ra, ^{228}Ra), свинцю (^{210}Pb) та полонію (^{210}Po), або цезію (^{137}Cs), стронцію (^{90}Sr) або та інших радіонуклідів у залежності від ситуації, а також посилання на відповідні методи досліджень та обладнання.

За наявності ризику для здоров’я людей вживаються профілактичні заходи. Виявляють чинники забруднення питної води, перевагу віддають діяльності, що усуває ці чинники. При цьому виробник питної води (або постачальник водо-

провідної питної води) повідомляє про це орган місцевого самоврядування.

У випадку неможливості поліпшення показників безпечності та якості води централізованої системи питного водопостачання із застосуванням технологічних процесів обробки водопровідної питної води, вказаних в технологічному регламенті або технологічній інструкції, виробник такої води (або постачальник) повідомляє про це центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері житлово-комунального господарства, та центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, якими розробляються та затверджуються рішення щодо необхідних змін та доповнень до державних, міждержавних, регіональних і місцевих програм у сфері питної води, питного водопостачання та водовідведення.

Не допускати забруднення води, що становить потенційну небезпеку для споживачів, оскільки постачання такої води повинно бути заборонено або її використання обмежено. Виробник вирішує, яку діяльність потрібно здійснити, приймаючи до уваги ризики для здоров'я споживачів, до яких призведе затримка постачання або обмеження у використанні такої водопровідної води.

Орган місцевого самоврядування забороняє постачання питної води, що становить загрозу здоров'ю населення, або обмежує її використання (для водопровідної води) та здійснює іншу діяльність, яка необхідна для захисту здоров'я споживачів.

Методи та стандарти визначення показників безпечності та якості питної води мають забезпечувати отримання надійних результатів та можливість їх порівняння.

Виробництво питної води здійснюється за нормативно-технічним документом та відповідно до технологічного ре-

гламенту (або технологічної інструкції) з виробництва питної води, що пройшли державну санітарно-епідеміологічну експертизу та отримали позитивний висновок із встановлення відповідності вимогам санітарного законодавства. У технологічному регламенті або інструкції зазначається: потужність підприємства (об'єм питної води на добу), опис технологічних процесів обробки питної води, дані про джерело питного водопостачання, вид і склад вихідної та питної води, а також мінімальні вимоги до програми виробничого контролю безпечності та якості питної води.

У сфері питного водопостачання населення використовуються матеріали, речовини та сполуки (коагулянти, флокулянти, реагенти для знезараження, консерванти, ємкості, тара, засоби закупорювання, мийні та дезінфекційні засоби, обладнання, устаткування, будівельні матеріали тощо), дозволені для застосування у цій сфері згідно з вимогами законодавства.

Залишкові концентрації хімічних речовин та сполук у питній воді не повинні перевищувати встановлені гігієнічні нормативи.

10.5 Додаткові вимоги до водопровідної питної води

Під час дослідження мікробіологічних показників водопровідної питної води в її пробах визначають загальне мікробне число, загальні коліформи, *E. coli*, ентерококи. У водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел та підземних, що зазнають впливу поверхневих вод, додатково визначають наявність коліфагів.

У разі виявлення в пробах питної води з підземних вододжерел загальних коліформ, *E. coli* або ентерококів, а в пробах питної води з поверхневих вододжерел – загальних коліформ, *E. coli*, ентерококів або коліфагів, – проводять їх визначення в повторно відібраних пробах.

За наявності відхилень від встановлених нормативів у повторно відібраних пробах протягом 12 годин розпочинають дослідження на наявність у питній воді з підземних вододжерел коліфагів та збудників інфекційних захворювань бактеріальної етіології, а з поверхневих вододжерел - збудників інфекційних захворювань бактеріальної та вірусної етіології. У разі виявлення в пробах питної води з підземних вододжерел коліфагів проводять дослідження на наявність збудників інфекційних захворювань вірусної етіології.

За результатами лабораторних досліджень вживаються заходи щодо виявлення та усунення причин забруднення питної води.

Під час обробки питної води відповідними реагентами (окрім знезаражуючих) визначаються не рідше одного разу на зміну вміст їх залишкових концентрацій.

Не рідше одного разу на годину визначаються залишкові концентрації введених знезаражуючих реагентів, що мають становити:

1. У разі знезараження води за допомогою хлору та його сполуками (гіпохлорит натрію, хлорне вапно та інші) у період благополучної санітарно-епідемічної ситуації вміст залишкового вільного хлору у воді на виході із РЧВ має бути у межах 0,3-0,5 мг/л після 30 хвилин контакту хлору з водою, а вміст залишкового зв'язаного хлору - у межах 0,8-1,2 мг/л після 60 хвилин контакту хлору з водою. За наявності у воді і вільного, і зв'язаного хлору дозволяється здійснювати контроль за одним із цих показників: за залишковим вільним хлором (у разі його концентрації понад 0,3 мг/л) або за залишковим зв'язаним хлором (у разі концентрації залишкового вільного хлору меншій ніж 0,3 мг/л). У період ускладнення санітарно-епідемічної ситуації дозволяється хлорувати воду підвищеними дозами активного хлору (5-20 мг/л). При цьому залишковий вміст вільного хлору у питній

воді споживачів має становити ≤ 0,5 мг/л, вміст зв’язаного хлору ≤ 1,2 мг/л.

2. У разі знезараження води за допомогою озону концентрація залишкового озону на виході із камери змішування має становити 0,1-0,3 мг/л після 4 хвилин контакту озону з водою.

3. У разі знезараження води діоксидом хлору залишкова концентрація цієї сполуки після 30 хвилин контакту з водою має становити ≥ 0,1 мг/л.

У випадках невідповідності показників безпечності та якості питної води нормативним вимогам відповідні органи місцевого самоврядування здійснюють інформування та консультування споживачів та/або, за необхідності, надають рекомендації особам, що перебувають у групі ризику. Інформування не здійснюється у випадках, коли центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, вважає, що невідповідність нормативним вимогам є незначною та питна вода не вплине негативно на здоров’я населення.

Невідповідність нормативним вимогам за показниками, наведеними у додатку 1 (табл. 2), вважається незначною, коли заходи з поліпшення цих показників та захисту здоров’я споживачів є достатніми для усунення невідповідності протягом 30 днів, за винятком випадків, коли протягом попередніх 12 місяців була виявлена невідповідність одного показника або більше з цієї ж таблиці 2 додатку 1, що спостерігалася більше ніж 30 днів сумарно.

У випадках невідповідності показників безпечності та/або якості питної води нормативним вимогам виробник питної води (або постачальник водопровідної питної води) повідомляє про це центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного

благополуччя населення, надає висновок про наявність або відсутність загрози здоров'ю людей та надсилає копію висновку до відповідного органу місцевого самоврядування.

Для інформування споживачів щодо обмеженого використання водопровідної води використовуються наступні застереження: «Кип'ятити перед вживанням, приготуванням їжі, чищенням зубів», «Не використовувати для пиття та приготування їжі, чищення зубів. Можливо використовувати для купання, прийняття душу, в унітазах», «Не використовувати для будь-яких цілей, у тому числі для пиття, приготування їжі, чищення зубів, купання, прийняття душу та прання» тощо.

Якщо встановлено, що погіршення стану питної води спричинено внутрішнім водопроводом, який не перебуває на балансі виробника (або постачальника) питної води, та за утримання або технічне обслуговування якого згідно з вимогами законодавства виробник (або постачальник) питної води не несе відповідальності, виробник (або постачальник) питної води:

а) інформує та консультує власників цього внутрішнього водопроводу про заходи з поліпшення проблемних показників безпечності та якості питної води, яких їм необхідно вжити; та/або використовує методи обробки для поліпшення відповідних показників перед її подачею у внутрішній водопровід;

б) інформує та консультує споживачів про додаткові заходи з усунення причин та наслідків погіршення стану питної води, яких їм необхідно вжити.

Це не стосується питної води для громадського використання, а саме громадських будівель (лікарні, школи, дошкільні дитячі заклади та заклади ресторанного господарства).

Відповідальність за безпечність питної води після колективних установок (пристроїв) додаткового очищення водопровідної питної води, встановлених в громадських місцях

(місцях загального користування), покладається на суб'єкта, що здійснює їх експлуатацію.

10.6 Додаткові вимоги до питної води, призначеної для розливу в споживчу тару або тару споживача в пунктах розливу з комерційною метою

Для виробництва питної води фасованої та з пунктів розливу використовують воду підземних джерел питного водопостачання або водопровідну питну воду, яка пройшла додаткову обробку.

Проводяться попередні лабораторні дослідження складу вихідної води, що буде використовуватися для виробництва питної води з урахуванням нормативних вимог. Для необробленої питної води відповідні результати досліджень повинні бути доступні країні, куди імпортується вода, у разі відповідного запиту.

Питна вода вважається необробленою (природною), якщо вона не є об'єктом будь-якої обробки, крім тієї, що використовується для:

- зниження вмісту та/або видалення розчинених газів безреагентними методами (може змінюватися водневий показник);
- насичення діоксидом вуглецю (може змінюватися водневий показник);
- окиснення повітрям та киснем;
- підвищення та/або зниження температури;
- зниження та/або видалення радіоактивних елементів безреагентними методами;
- знезараження фізичними методами.

Для консервування (збагачення) питної води можуть використовуватися діоксид вуглецю, срібло, йод (додаток 1, табл. 2, 3) та інші речовини, дозволені для використання у

питному водопостачанні згідно з вимогами законодавства. Питна вода не повинна вміщувати залишкових кількостей хлору та інших дезінфікуючих засобів.

Питна вода не повинна вміщувати ароматизаторів, підсолоджувачів та інших харчових чи харчосмакових речовин, крім речовин, що нормуються ДСанПіН2.2.4-171–10.

Якщо це можливо, з місць водозаборів до місць розливу транспортувати воду трубопроводами та використовувати обладнання, що контактує тільки з питною водою. Питну воду фасовану зберігати в місцях, захищених від впливу прямих сонячних променів.

На існуючих підприємствах, що використовують одну лінію розливу, перед зміною виду продукції необхідно провести санітарну обробку лінії розливу з використанням мийних і дезінфікуючих засобів, промивання водою з температурою не нижче ніж 80° С та питною водою, що призначена для фасування, відповідно до технологічного регламенту або технологічної інструкції з виробництва питної води. Після санітарної обробки виробничий контроль складу питної води проводиться, як мінімум, за показниками, що можуть змінюватися через проведення зазначених заходів.

Полімерна тара багаторазового використання та тара, що надходить на лінію розливу зі складу зберігання, підлягають миттю, дезінфекції та ополіскуванню питною водою, що призначена для розливу у цю тару, згідно з технологічним регламентом або технологічною інструкцією.

Маркування фасованої питної води здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів». Текст маркування, зокрема, включає: вид питної води в залежності від наявності обробки, очищення (оброблена, очищена, збагачена, необроблена або природна), а також в залежності від хімічних речовин, якими збагачується (домінералізована, фторована, йодована

тощо), ступінь насичення діоксидом вуглецю (сильно-, середньо-, слабо- чи негазована), склад («вода питна» та перелік речовин/сполук, якими збагачено питну воду), фактично виявлений хімічний склад за результатами проведених досліджень згідно з ДСанПіН2.2.4-171–10, вид вихідної води, місцезнаходження підземного джерела питного водопостачання та номер (назва), глибину свердловини, посилання на нормативний документ, згідно з яким виготовлено питну воду. Допускається зазначення відомостей про будь-які види обробки води та особливості складу питної води.

Назви питних вод, що свідчать про їх походження або створюють враження про певне місце походження, зазначаються виключно для необроблених фасованих питних вод. На етикетках з питною водою забороняється зазначати: «мінеральна вода» та інформацію, завдяки якій споживач може сплутати питну воду з природною мінеральною.

На етикетці питної води фасованої забороняється розміщувати інформацію та графічні зображення:

- що можуть збігатися з назвами мінеральних вод;
- що можуть призвести до хибного розуміння споживачами походження, природи, складу чи властивостей питної води фасованої;
- що приписують питній воді властивості, що стосуються лікування захворювань людей (лікувальної, профілактичної або послаблюючої дії).

У пунктах розливу питної води повинен бути інформаційний листок із зазначенням інформації щодо її виду в залежності від наявності обробки, очищення (оброблена, очищена, збагачена, необроблена або природна), а також в залежності від речовин, якими збагачується (домінералізована, фторована, йодована тощо), складу («вода питна» та перелік речовин, якими збагачено питну воду), фактично виявленого хімічного складу за результатами проведених

досліджень згідно з ДСанПіН2.2.4-171–10, умов та терміну зберігання, дати виготовлення, найменування, адреси та телефону виробника і місця її виготовлення, виду вихідної води, місцезнаходження підземного джерела питного водопостачання та номера (назви), глибини свердловини, посилання на нормативний документ, згідно з яким виготовлено питну воду.

Термін зберігання питної води з пунктів розливу у тарі споживача не повинен перевищувати 24 години за умови її зберігання у чистій закритій тарі при температурі від 5°С до 20°С в місцях, захищених від попадання прямих сонячних променів.

Місце реалізації питної води з пунктів розливу слід розташовувати на території з твердим покриттям, що упорядкована та благоустроєна і знаходиться на відстані не менше ніж 50 м від місць забруднення (сміттєзбірники, вбиральні, магістралі з інтенсивним рухом транспорту, автостоянки тощо), має прилавок, до якого підведено трубопровід з металевим краном для розливу питної води (кран слід розташовувати над прилавком на висоті не менше ніж 0,5 м).

Заборонено прокладати обвідний трубопровід від мережі питного водопостачання до крана відпуску питної води споживачам.

10.7 Додаткові вимоги до питної води з бюветів, шахтних (трубчастих) колодязів і каптажів джерел, що використовуються для нецентралізованого питного водопостачання населення

Водозабір природних питних вод облаштовується після проведення санітарно-епідеміологічного обстеження території та лабораторних досліджень, що підтверджують безпечність цього водозабору.

Результати геологічних та гідрогеологічних досліджень, лабораторних досліджень складу підземної води (за наявності) повинні містити інформацію щодо глибини залягання підземних вод, напрямку їх потоку у плані населеного пункту, орієнтовної потужності водоносного шару, можливості взаємодії з водозаборами, що існують чи проектуються на сусідніх майданчиках, та з поверхневими водними об'єктами (ставок, болото, водоймище, річка тощо), а також фактичних значень показників безпечності та якості підземної води.

Результати санітарно-епідеміологічного обстеження території повинні містити інформацію про місцеві природні умови, характеристику території розміщення водозабору із зазначенням існуючих та потенційних джерел забруднення.

Місця влаштування бюветів, колодязів і каптажів джерел розташовують на незабрудненій та захищеній території, яка знаходиться вище за напрямом руху ґрунтових вод на відстані не менше ніж 30 м від магістралей з інтенсивним рухом транспорту та не менше ніж 50 м (для індивідуальних колодязів - не менше ніж 20 м) від вбиралень, вигрібних ям, споруд та мереж каналізації, складів мінеральних добрив та отрутохімікатів, місць утримання худоби та інших місць забруднення ґрунту та підземних вод.

Територію поблизу колодязя, каптажу джерела чи бювету утримують в чистоті та організовують відведення поверхневого стоку.

У радіусі 50 м від бюветів, колодязів та каптажів джерел не дозволяється здійснювати миття транспортних засобів, водопій тварин, влаштовувати водоймища для водоплавної птиці, розміщувати пристрої для приготування отрутохімікатів та іншу діяльність, що може призвести до забруднення ґрунту та води.

Забороняється влаштовувати бювети, колодязі та каптажі джерел у місцях, що затоплюються, зазнають розмивів,

зсувів та інших деформацій, на понижених та заболочених територіях.

Забороняється використовувати для підйому води із колодязя чи каптажу джерела громадського користування ємкості, які приносять споживачі, а також набирати воду із відра загального користування посудом, що належить споживачам.

Для утеплення і захисту колодязів та каптажів джерел від замерзання можна використовувати пінобетон, мати із чистої соломи, сіна, стружки тощо, але при цьому зазначений матеріал не повинен потрапляти у водозабір. Забороняється використовувати для цієї мети тваринницький гній, перегній та інше.

Щойно побудовані бювети, колодязі та каптажі джерел вводять в експлуатацію лише після їх санітарно-гігієнічного обстеження та заповнення Санітарного паспорта.

Санітарний паспорт оформляється власником бювету, колодязя чи каптажу джерела спільно з посадовою особою органу місцевого самоврядування у двох примірниках та ними підписується. Один примірник Санітарного паспорта знаходиться в закладі органу місцевого самоврядування, другий - у власника цієї споруди. Продовження терміну дії Санітарного паспорта реєструється щорічно в обох примірниках.

Колодязі та каптажі джерел необхідно влаштовувати з дотриманням нормативних вимог.

10.8 Виробничий контроль безпечності та якості питної води

Виробничий контроль безпечності та якості питної води проводиться виробником питної води (або постачальником водопровідної питної води) в будь-якій атестованій лабораторії.

Виробничий контроль безпечності та якості питної води за всіма показниками згідно з додатком 1 проводять після введення в експлуатацію новозбудованих систем та періодично у найнесприятливіший період року як мінімум перед надходженням у розподільну мережу (для водопровідної питної води) та перед розливом (для інших видів вод):

– для питної води з поверхневих джерел питного водопостачання – не рідше, ніж один раз на рік – при потужності – < 20 000 м^3/добу, не рідше, ніж один раз на сезон – при потужності – ≥ 20000 м^3/добу;

– для питної води з підземних джерел питного водопостачання або після додаткової очистки водопровідної питної води – не рідше, ніж один раз на рік.

Безпосередньо після переобладнання, реконструкції, капітального ремонту системи водопостачання та змін в технології водопідготовки як мінімум визначаються лише ті показники, що можуть змінюватися через проведення зазначених заходів.

Під час виробничого контролю безпечність та якість питної води контролюють як мінімум перед надходженням у розподільну мережу (для водопровідної питної води) або перед розливом (для інших видів вод) за органолептичними та мікробіологічними показниками згідно з додатком 1:

– для питної води з поверхневих джерел питного водопостачання: не рідше, ніж один раз на тиждень (кожного дня у весняно-осінній період) – при потужності підприємства < 4 000 м^3/добу; не рідше, ніж один раз на добу – при потужності – ≥ 4 000 м^3/добу;

– для питної води підземних джерел питного водопостачання або після додаткової очистки водопровідної питної води: не рідше, ніж один раз на місяць – при потужності підприємства < 100 м^3/добу; не рідше, ніж один раз на тиждень – при потужності – 100 – 4 000 м^3/добу; не рідше, ніж три

рази на тиждень – при потужності – 4 000 – 10 000 м³/добу; не рідше, ніж один раз на добу – при потужності ≥ 10 000 м³/добу.

У разі отримання негативних результатів лабораторних досліджень у двох пробах питної води фасованої з однієї партії хоча б за одним з показників безпечності та якості (крім мікробіологічних) підприємство вилучає з обігу всю партію продукції, встановлює причини забруднення води та вживає заходів щодо їх усунення.

У разі виявлення у пробі питної води фасованої коліформних бактерій підприємство вилучає з обігу всю партію продукції, проводить дослідження води з визначення *E. coli*, встановлює причини забруднення води та вживає заходів щодо їх усунення.

У разі зберігання питної води, що призначена для розливу у тару споживачів, у стаціонарних або транспортних (автоцистернах) ємностях їх спорожняють та обробляють не рідше, ніж один раз на 48 годин, або така питна вода перед розливом знезаражується, або її безпечність та якість аналізується не рідше, ніж один раз на 48 годин за органолептичними та мікробіологічними показниками згідно з додатком 1.

Виробничий контроль за показниками, що вміщуються у вихідній воді в понаднормативних кількостях та видаляються спеціальними методами (опріснення, детоксикація, дезодорація, дезактивація, знезалізнення, дефторювання тощо), та якими збагачують питну воду (домінералізація, фторування, йодування, тощо) здійснюється не рідше, ніж один раз на зміну, а при потужності підприємства < 5 м³/добу – як мінімум, один раз на місяць.

У разі знезараження питної води контролюють його ефективність та приймають всі необхідні заходи з метою мінімізації забруднення питної води побічними продуктами без шкоди для знезараження.

З урахуванням епідемічної ситуації та за наявності потенційних ризиків для здоров'я людей центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, може вимагати від виробника питної води (або власника системи, постачальника водопровідної питної води): проводити натурні обстеження системи водопостачання, додатково досліджувати питну воду у відповідних пунктах відбору проб, вносити зміни до програми виробничого контролю, а також надавати всю необхідну інформацію про якість питної води, технологічний процес її виробництва, експлуатацію обладнання та виробничий контроль.

Задля проведення виробничого контролю методи, що використовуються для визначення показників безпечності та якості питної води, приводяться у відповідність до нормативних вимог. Задіяні у виробничому контролі лабораторії можуть використовувати також альтернативні методики аналізу, якщо вони ними валідовані, та метрологічні характеристики цих методик не гірші за визначені у ДСТУ ГОСТ 27384-2005 «Вода. Норми похибки вимірювань показників складу і властивостей».

10.9 Додаткові вимоги до контролю якості питної води бюветів, шахтних (трубчастих) колодязів і каптажів джерел, що використовуються для нецентралізованого питного водопостачання населення

Періодичний контроль показників безпечності та якості питної води бюветів, колодязів та каптажів джерел здійснюється їх власниками.

Протягом перших трьох місяців експлуатації бюветів, колодязів та каптажів джерел здійснюється контроль за органолептичними (таблиця 2 додатку 1) та мікробіологічними

показниками (таблиця 1 додатку 1) один раз на місяць, а надалі - один раз на сезон.

Власники бюветів, колодязів чи каптажів джерел як мінімум один раз на рік проводять планове обстеження цих споруд, їх поточний ремонт, чищення та дезінфекцію (санацію). Після кожного ремонту або чищення проводять дезінфекцію споруд та знезараження питної води, а також лабораторні дослідження (не менше двох з інтервалом відбору проб води - 24 години) її безпечності та якості згідно з нормативними вимогами, після чого вноситься відмітка у Санітарний паспорт щодо продовження його дії.

У разі проведення цих робіт вживають заходи щодо уникнення додаткового забруднення питної води.

У разі, коли після чищення та дезінфекції бюветів, колодязів чи каптажів джерел стан питної води не покращується, використовувати її для питних потреб забороняється. На бюветі, колодязі чи каптажі джерела вивішують інформаційну табличку «Вода для пиття не придатна» і проводять повторні чищення та дезінфекцію з подальшим лабораторним контролем їх ефективності.

У разі погіршення епідемічної ситуації в населеному пункті та невідповідності показників епідемічної безпеки вимогам цих Санітарних норм воду у бюветах, колодязях чи каптажах джерел додатково знезаражують, а у разі епідпоказань проводять їх санацію.

Санацію шахтного колодязя проводять згідно з вимогами ДСанПіН2.2.4-171–10.

Знезараження води у колодязі за допомогою дозувальних патронів проводиться згідно з вимогами ДСанПіН2.2.4-171–10.

У випадках, коли санація шахтного колодязя та знезараження води у ньому не призвели до покращення її стану або відсутні дозувальні патрони для проведення знезараження води, використовувати таку воду для питних потреб заборонено, на шахтному колодязі вивішують інформаційну табличку «Вода для пиття не придатна».

У разі виходу з ладу обладнання, різкого зменшення дебіту та небезпечності питної води власник бюветів, колодязів чи каптажів джерел вживає відповідних заходів щодо покращення водопостачання.

Після демонтажу наземного устаткування шахтних колодязів засипку (тампонаж) шахти здійснюють чистим ґрунтом, бажано глиною, з щільною утрамбовкою. Над ліквідованою шахтою роблять насип висотою 0,2-0,3 м з урахуванням усадки ґрунтів.

10.10 Державний моніторинг за показниками безпечності та якості питної води

Державний моніторинг безпечності та якості питної води проводиться органом місцевого самоврядування з метою збирання, оброблення, збереження та наукового аналізу інформації про якість питної води та визначення відповідності показників безпечності та якості питної води нормативним вимогам.

Виконавцю державного моніторингу безпечності та якості питної води забезпечується безперешкодний доступ на територію підприємства питного водопостачання, харчової промисловості, до зон санітарної охорони джерел питного водопостачання, в громадські будівлі та приміщення.

Виконавець державного моніторингу безпечності та якості питної води має право оглянути зазначену територію, зони, будівлі та приміщення, взяти проби (у тому числі питної води, що призначена для розливу у споживчу тару та тару споживача з комерційною метою), вимагати всі необхідні документи, робити виписки або їх копії.

Проби, що відбираються для державного моніторингу безпечності та якості питної води, повинні відображати стан питної води протягом року.

Державний моніторинг безпечності та якості питної води здійснюється згідно з програмою державного моніторингу, що має відповідати мінімальним нормативним вимогам.

У випадках невідповідності показників безпечності та якості питної води нормативним вимогам та за наявності ризику для здоров'я людей орган місцевого самоврядування негайно повідомляє про це виробника (або постачальника для водопровідної питної води) та центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, та впроваджує інші заходи. У разі підозри на антропогенне забруднення природної води орган місцевого самоврядування негайно повідомляє про це Державну екологічну інспекцію України.

Задля проведення державного моніторингу безпечності та якості питної води повинні використовуватися атестовані методи.

За умови забезпечення такої самої точності отриманих результатів допускається застосування інших методів. У разі використання альтернативних методів накопичують інформацію стосовно таких методів та їх еквівалентності.

10.11 Державний санітарно-епідеміологічний нагляд у сфері питного водопостачання населення

Державний санітарно-епідеміологічний нагляд у сфері питного водопостачання населення здійснює центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, згідно з чинним санітарним законодавством.

Державний санітарно-епідеміологічний нагляд здійснюється вибірковими перевірками дотримання санітарного законодавства на об'єктах водопостачання населення за планами органів, установ та закладів центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення, один раз на квартал, а також позапланово залежно від санітарної, епідемічної ситуації та за зверненнями громадян.

ПІСЛЯМОВА

За даними ВООЗ, загальне число людей, які вмирають через неякісну і небезпечну питну воду, перевершує число жертв усіх форм насильства, включаючи війни та збройні конфлікти.

Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» передбачає «наближення вимог державних стандартів на питну воду, технологій обробки питної води, а також засобів вимірювання й методів оцінки до відповідних стандартів, технологій, засобів і методів, прийнятих у Європейському Союзі».

Однак, моніторинг інфекційної захворюваності в Україні свідчить, що кожний 2-3-й спалах кишкових інфекцій пов'язаний із вживанням неякісної питної води.

Станом на 2004 р. згідно оцінок ЮНЕСКО за рівнем раціонального використання водних ресурсів і якості води, включаючи наявність очисних споруд, Україна серед 122 країн миру займала 95 місце.

Закон України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України на 2006 - 2020 роки» слід визнати не виконаним. Оскільки системний підхід до впровадження міжнародних зобов'язань із питань якості води в Україні відсутній, внаслідок чого системи централізованого водопостачання і каналізації перебувають в аварійному стані.

Застарілість систем водопостачання (30-40 років) та аварійність водогінних мереж за останні 25 років збільшилася у 15 разів.

Наслідком для здоров'я населення є друге місце серед розвинених країн за рівнем смертності від захворювань, викликаних вживанням неякісної води.

За даними ДЗ «Український центр з контролю та моніторингу захворювань МОЗ України» (2015 р.) із загальної кількості

водопроводів не відповідали санітарним нормам через відсутність зон санітарної охорони – 75,6 %, необхідного комплексу очисних споруд – 18,8%, знезаражуючих установок – 16,2 %.

Ще у 2008 р. опубліковано аналітичний огляд «Шляхи вдосконалювання нормативно-правового і регуляторного забезпечення діяльності підприємств, які надають послуги централізованого водо-теплопостачання і водовідведення» у рамках проекту Агентства США з Міжнародного розвитку «Розширення досвіду реформування сфери комунальних послуг». У ньому зазначається наступне: оскільки якість джерел водопостачання (особливо поверхневих) в Україні суттєво погіршилася, для забезпечення відповідності води нормативним вимогам необхідно впроваджувати нові технології водоочищення, що потребує інвестицій у цю сферу на рівні 200 млрд грн.

На думку Джерарда Шварца, президента Асоціації цивільних інженерів США, яку він висловив ще в 2004 році, «відсутність достатніх за обсягом федеральних інвестицій в інфраструктуру водопостачання впродовж найближчих 20 років поставить під загрозу здоров'я населення, стан навколишнього середовища і розвиток економіки США».

Аналіз ситуації із якістю питної води свідчить про реальну загрозу її біологічної контамінації для здоров'я населення на індивідуальному і популяційному рівнях.

Вищезазначене свідчить про гостру необхідність перейти від констатації фактів руйнації як сфери водопостачання та водовідведення, так і системи їх санітарно-епідеміологічного контролю, до створення системи поетапного усунення цієї катастрофічної ситуації, яка є однозначною загрозою національній безпеці країни.

Це передбачає термінове виконання наступних заходів.

1. *Створення незалежного міжвідомчого, тобто підпорядкованого Прем'єр Міністру України, Центру води, діяльність якого, по-перше, буде ґрунтуватися на відпо-*

відному Законі України, по-друге, буде мати максимально можливе фінансування із відповідними статтями бюджету на поточні роки, по-третє, для якого державними інституціями будуть створені всі сприятливі умови для залучення вітчизняних та закордонних інвестицій у цю надважливу сферу економіки.

2. *Створення в рамках Центру потужного аналітичного підрозділу з новітнім програмним апаратом для комплексної оцінки і прогнозування проблеми води в цілому, починаючи від стану всіх водних ресурсів і закінчуючи технологіями очищення води в кожному конкретному випадку.*

3. *Визначення стану проблеми «Вода та водообумовлені інфекції» щодо епідемічної безпечності питної води.*

4. *Докорінне вдосконалення до рівня сучасності експериментальних досліджень з гігієни води. Це стосується, наприклад, вивчення наступних принципових питань:*

- *фундаментальні та прикладні дослідження біоплівок у системах водопостачання;*
- *забруднення поверхневих водойм, які значною мірою евтрофовані, ціанобактеріями та ціанотоксинами з оцінкою їх впливу на здоров'я населення;*
- *оцінка контамінації води стійкими органічними забруднювачами (СОЗ): хлорорганічними пестицидами (ХОП), поліхлорованимибіфенілами (ПХБ) та поліциклічними ароматичними вуглеводнями (ПАВ);*
- *визначення рівнів забруднення поверхневих водойм фармпрепаратами та гормонами, які широко досліджуються у всьому світі;*
- *математичне моделювання впливу води різного походження (питної, рекреаційної тощо) на стан здоров'я населення;*

5. *Оцінка вкладу зливових вод в містах та селищах в мікробне та хімічне забруднення поверхневих та підземних вод.*

6. *Оцінка рівнів забруднення рекреаційних вод та його вплив на виникнення талассогених інфекцій.*

7. *Гармонізація із рекомендаціями ВООЗ нормування хімічних показників якості та безпечності питної води.*

8. *Розробка, затвердження та поетапна реалізація Державної програми «Рекреаційна екогігієна».*

9. *Переформатування ролі води у житті людини від епідемічної безпечності та хімічної нешкідливості цієї рідини у «воду здоров'я», яка завдяки сучасним технологіям буде не просто втамовувати спрагу, а слугуватиме потужним джерелом життєво важливих речовин (від мікроелементів до пробіотиків та антиоксидантів широкого спектру дії). Це є не що інше як аналогія принципової зміни парадигми сучасної медицини від «медицини хвороб» до «медицини здоров'я», що передбачає майбутнє за профілактичною медициною.*

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення». Назва Закону в редакції Закону № 2047-VIII від 18.05.2017. Із змінами, внесеними згідно із Законами № 2196-IV від 18.11.2004, ВВР, 2005, № 4, ст.95; № 997-V від 27.04.2007, ВВР, 2007, № 33, ст.440; № 2479-VI від 09.07.2010, ВВР, 2010, № 49, ст.571; № 2756-VI від 02.12.2010, ВВР, 2011, № 23, ст.160; № 3610-VI від 07.07.2011, ВВР, 2012, № 7, ст.53; № 4434-VI від 23.02.2012, ВВР, 2012, № 42, ст.526; № 5459-VI від 16.10.2012, ВВР, 2013, № 48, ст.682; № 1602-VII від 22.07.2014, ВВР, 2014, № 41-42, ст.2024; № 124-VIII від 15.01.2015, ВВР, 2015, № 14, ст.96; № 191-VIII від 12.02.2015, ВВР, 2015, № 21, ст.133; № 1540-VIII від 22.09.2016, ВВР, 2016, № 51, ст.833; № 2047-VIII від 18.05.2017, ВВР, 2017, № 29, ст.314; № 2059-VIII від 23.05.2017, ВВР, 2017, № 29, ст.315; № 2119-VIII від 22.06.2017, ВВР, 2017, № 34, ст.370; № 2189-VIII від 09.11.2017, ВВР, 2018, № 1, ст.1; № 2417-VIII від 15.05.2018, ВВР, 2018, № 23, ст.209; № 124-IX від 20.09.2019, ВВР, 2019, № 46, ст.295. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, № 16, ст.112.

2. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» із змінами 1996-2020 рр. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 27, ст.218. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text

3. «Про схвалення концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022-2026 роки». Розпорядження Кабінетом Міністрів України від 28 квітня 2021 р. № 388-р. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/388-2021-%D1%80#Text

4. «Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році». 2020. 353 с.

5. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» 2.2.4-171–10. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року N 400. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за N 452/17747. Режим доступу:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text

6. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. 180 с. Режим доступу: https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn_v.2.5_74_2013.pdf

7. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво 134 с. (Режим доступу:https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1059) із зміною №1 (Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/zmina_1_dbn_v_2_5_64_2012/1-1-0-1859).

8. ДСТУ 4808-2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання» (Чинний від 01.01.2009). Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53159

9. «Положення про порядок проектування і експлуатації зон санітарної охорони джерел водопостачання й водопроводів господарсько-питного призначення» (N 2640-82 від 18.12.82). Режим доступу:http://gostrf.com/normadata/1/4294853/4294853862.pdf

10. Загальна гігієна. Навч. посібник І.І. Даценко та ін. Львів : Світ, 2001. 472 с.

11. Комунальна гігієна. Є.Г. Гончарук та ін. за ред. Є.Г. Гончарука. К. : Здоров'я, 2006. 792 с

12. Прокопов В. О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти / за ред. А. М. Сердюка. Київ : ВСВ «Медицина» 2016. 400 с.

13. Медико-гідрогеохімічні чинники геологічного середовища України. За ред. Г.І. Рудька. Київ – Чернівці : Букрек, 2015. С. 724 с.

14. Вода и водно-обусловленные инфекции. А.В. Мокиенко и др. Одесса. «Лерадрук». 2008. Т.1. 412 с.

15. Вода и водно – обусловленные инфекции. А.В. Мокиенко, и др. Одесса : ООО «РА «АРТ – В». 2008. Т.2. 288 с.

16. Мокиенко А.В., Петренко Н.Ф., Гоженко А.И. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 1. Хлор и его соединения. Одесса : ТЭС, 2011. 484 с.

17. Мокиенко А.В., Петренко Н.Ф., Гоженко А.И. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 2. Диоксид хлора. Одесса : ТЭС, 2012. 604 с.

18. Мокиенко А.В., Петренко Н.Ф., Гоженко А.И. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 3. Озон. Одесса : Фенікс, 2017. 322 с.

19. Мокиенко А.В. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Том 4. Ультрафиолетовое облучение и комбинированные методы. Одесса : Фенікс, 2020. 378 с.

Додаток 1

Таблиця 1

Показники епідемічної безпеки питної води

№ з/п	Найменування показників, одиниці вимірювання	Нормативи для питної води, не більше		
		водопровідної, з пунктів розливу і бюветів	з колодязів і каптажів джерел	фасованої
	Мікробіологічні показники			
1	Загальне мікробне число при t 37°С – 24 год*, КУО/мл	≤ 100 (≤ 50)**	не визначається	≤20*****
2	Загальне мікробне число при t 22°С – 72 год, КУО/мл	не визначається	не визначається	≤ 100*****
3	Загальні коліформи***, КУО/100мл	відсутність	1 / 100 мл	відсутність
4	*Escherichia coli* (*E. coli*)***, КУО/100мл	відсутність	відсутність	відсутність
5	Ентерококи***, КУО/100 мл	відсутність	не визначається	відсутність
6	Синьогнійна паличка (*Pseudomonas aeruginosa*), КУО/ 100 мл	не визначається	не визначається	відсутність
7	Патогенні ентеробактерії, КУО/1 л	відсутність	відсутність	відсутність
8	Коліфаги****, БУО/1 л	відсутність	відсутність	відсутність
9	Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші, БУО/10 л	відсутність	відсутність	відсутність

Паразитологічні показники				
10	Патогенні кишкові найпростіші: ооцистикриптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші, клітини, цисти, кількість/ 50 л	відсутність	відсутність	відсутність
11	Кишкові гельмінти, клітини, яйця, личинки, кількість/ 50 л	відсутність	відсутність	відсутність

Примітки:

* Для 95 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувалися протягом року.

** Через 10 років з часу введення у дію СанПіНу

***Для 98 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

****Визначають додатково у питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд в розподільну мережу, а також в ґрунтових водах.

***** Визначають під час виробничого контролю перед розливом питної води у тару.

Таблиця 2

Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної, з пунктів розливу і бюветів	з колодязів і каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу і бюветів
1. Органолептичні показники					
1	Запах при t 20°С та при нагріванні до 60°С	бали	≤ 2 ≤ 2	≤ 3 ≤ 3	≤ 0 (2)** ≤ 1 (2)**
2	Каламутність	НОК (1 НОК = 0,58 мг/л)	≤ 1,0* ≤ 2,6*- для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1,0)**
3	Кольоровість	градуси	≤ 20*	≤ 35	≤ 10 (20)**
4	Смак і присмак	бали	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2)**
2. Фізико-хімічні показники					
а) неорганічні компоненти					
5	Водневий показник	одиниці pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5

6	Діоксид вуглецю	%	не визначається	не визначається	0,2 - 0,3 - для слабо-газованої 0,31 - 0,4 - для середньо-газованої 0,41-0,6 - для сильно-газованої
7	Залізо загальне	мг/л	0,2 (1,0)[1]	≤ 1,0	≤ 0,2
8	Загальна жорсткість*	ммоль/л	≤ 7,0 (10,0)[1]	≤ 10,0	≤ 7,0
9	Загальна лужність	ммоль/л	не визначається	не визначається	≤ 6,5
10	Йод	мкг/л	не визначається	не визначається	≤ 50
11	Кальцій	мг/л	не визначається	не визначається	≤ 130
12	Магній	мг/л	не визначається	не визначається	≤ 80
13	Марганець	мг/л	≤ 0,05 (0,5)[1]	≤ 0,5	≤ 0,05
14	Мідь	мг/л	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0
15	Поліфосфати (за PO_4^{3-})	мг/л	≤ 3,5	не визначається	≤ 0,6 (3,5)[1]
16	Сульфати	мг/л	≤ 250 (500)[1]	≤ 500	≤ 250
17	Сухий залишок	мг/л	≤ 1000 (1500)[1]	≤ 1500	≤ 1000
18	Хлор залишковий вільний	мг/л	≤ 0,5	≤ 0,5	< 0,05

Продовження таблиці 2

19	Хлориди	мг/л	≤ 250*	≤ 350	≤ 250
20	Цинк	мг/л	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0
	б) органічні компоненти				
21	Хлор залишковий зв'язаний	мг/л	≤ 1,2	≤ 1,2	< 0,05
	Санітарно-токсикологічні показники				
	а) неорганічні копоненти				
22	Алюміній	мг/л	≤ 0,5	не визначається	≤ 0,1
23	Амоній	мг/л	≤ 0,5 (2,6)[1]	≤ 2,6	≤ 0,1 (0,5)[1]
24	Діоксид хлору	мг/л	≤ 0,1	не визначається	не визначається
25	Кадмій**	мг/л	≤ 0,001	не визначається	≤ 0,001
26	Кремній**	мг/л	≤ 10	не визначається	≤ 10
27	Миш'як**	мг/л	≤ 0,01	не визначається	≤ 0,01
28	Молібден**	мг/л	≤ 0,07	не визначається	≤ 0,07
29	Натрій	мг/л	≤ 200	не визначається	≤ 200
1	2	3	4	5	6
30	Нітрати (за NO_3)	мг/л	≤ 50	≤ 50	≤ 10 (50)[1]
31	Нітрити**	мг/л	≤ 0,5 (0,1)[1]	≤ 3,3	≤ 0,5 (0,1)[1]
32	Озон залишковий	мг/л	0,1 - 0,3	не визначається	≤ 0,3
33	Ртуть*	мг/л	≤ 0,0005	не визначається	≤ 0,0005

34	Свинець**	мг/л	≤ 0,01	не визначається	≤ 0,01
35	Срібло**	мг/л	не визначається	не визначається	≤ 0,025
36	Фториди**	мг/л	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5[6] для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5
37	Хлорити	мг/л	≤ 0,2	не визначається	не визначається
б) органічні компоненти					
38	Полікриламід залишковий**	мг/л	≤ 2,0	не визначається	≤ 0,2
39	Формаль-дегід**	мг/л	≤ 0,05	не визначається	≤ 0,05
40	Хлороформ**	мкг/л	≤60	не визначається	≤ 6
в) інтегральний показник					
41	Перманганатна окиснюваність	мг/л	≤ 5,0	≤ 5,0	≤ 2,0 (5,0)**

Примітки:

[1]Норматив, зазначений у дужках, має право використовувати підприємство питного водопостачання до 1 січня 2020 року в окремих випадках, пов'язаних з особливими природними умовами та технологією підготовки питної води, що не дозволяє довести якість питної води до жорсткішого нормативу, про що повинно бути зазначено у технологічному регламенті або іншому документі з описом технологічного процесу виробництва питної води.

Продовження таблиці 2

[2]Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній.

[3]Норматив, зазначений у дужках, установлюється для обробленої питної води, крім обробленої методом хлорування з преамонізацією.

[4]Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води фасованої газованої, питної води з пунктів розливу та бюветів.

[5]pH для газованої питної води.

[6]Норматив встановлюється виключно для питної води фасованої. Для питної води з пунктів розливу та бюветів норматив встановлюється за кліматичними зонами.

[7]Норматив, зазначений у дужках, установлюється для негазованої питної води.

* Речовини I класу небезпеки.

** Речовини II класу небезпеки.

Примітки:

1. У водопровідній питній воді визначаються:

- хлороформ - якщо питна вода з поверхневих вододжерел;
- хлор залишковий вільний та зв'язаний, озон, поліакриламід - у
- разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів;
- формальдегід - у разі озонування води в процесі
- водопідготовки;
- діоксид хлору та хлорити - у разі обробки води діоксидом
- хлору в процесі водопідготовки.

2. У питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів визначаються:

- хлороформ та хлор залишковий - якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода;
- формальдегід - у разі озонування води в процесі водопідготовки або якщо використовується озонована вихідна вода;
- срібло та діоксид вуглецю - у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів чи речовин;
- поліакриламід - у разі використання в процесі водопідготовки
- водопровідної питної води з поверхневого джерела питного
- водопостачання.

Таблиця 3

Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води (чинні з 01.01.2015 р.)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної, з пунктів розливу і бюветів	з колодязів і каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу і бюветів
1	2	3	4	5	6
1. Фізико-хімічні показники					
а) органічні компоненти					
1	Нафтопродукти	мг/л	≤ 0,1	не визначається	< 0,01
2	Поверхнево активні речовини аніонні	мг/л	≤ 0,5	не визначається	< 0,05
2. Санітарно-токсикологічні показники					
а) неорганічні компоненти					
3	Кобальт	мг/л	≤ 0,1	не визначається	≤ 0,1
4	Нікель	мг/л	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,02
5	Селен	мг/л	≤ 0,01	не визначається	≤ 0,01
6	Хром загальний	мг/л	≤ 0,05	не визначається	≤ 0,05
б)органічні компоненти					
7	Бенз(а)пірен	мкг/л	≤ 0,005	не визначається	< 0,002

8	Дибромхлор-метан	мкг/л	≤ 10	не визначається	≤ 1
9	Пестициди	мг/л	≤ 0,0001	≤ 0,0001	≤ 0,0001
10	Пестициди (сума)	мг/л	≤ 0,0005	≤ 0,0005	≤ 0,0005
11	Тригалоген-метани(сума)	мкг/л	≤ 100	не визначається	≤ 10

Таблиця 4

Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води (чинні з 01.01.2020 р.)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної, з пунктів розливу і бюветів	з колодязів і каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу і бюветів
1. Фізико-хімічні показники					
а) органічні компоненти					
1	Феноли леткі	мг/л	≤ 0,001	не визначається	< 0,0005
2	Хлорфеноли	мг/л	≤ 0,001	не визначається	≤ 0,0003
2. Санітарно-токсикологічні показники					
а) неорганічні компоненти					
3	Берилій	мг/л	≤ 0,0002	не визначається	≤ 0,0002
4	Бор	мг/л	≤ 0,5	не визначається	≤ 0,5
5	Стронцій	мг/л	≤ 7,0	не визначається	≤ 7,0
6	Сурма	мг/л	≤ 0,005	не визначається	≤ 0,005
7	Ціаніди	мг/л	≤ 0,05	не визначається	≤ 0,05
б)органічні компоненти					
8	Бензол	мг/л	≤ 0,001	не визначається	≤ 0,001
9	1,2-дихлоретан	мкг/л	≤ 3	не визначається	≤ 0,3
10	Тетрахлор-вуглець	мкг/л	≤ 2	не визначається	≤ 0,2

11	Трихлоретилента тетрахлор-етилен(сума)	мкг/л	≤ 10	не визначається	≤ 1
12	в) інтегральний показник				
	Загальний органічний вуглець (ЗОВ)	мг/л	≤ 8,0	не визначається	≤ 3,0

Таблиця 5

Показники питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи, не більше
Загальна об'ємна активність альфа-випромінювань	Бк/л	≤0,1
Загальна об'ємна активність бета-випромінювань	Бк/л	≤ 1,0

Таблиця 6

Радіаційні показники безпечності питної води

№	Найменування показника	Одиниця вимірювання	Нормативи
1	Сумарна активність природної суміші ізотопів U	Бк/л	≤ 1,0
2	Питома активність ^{226}Ra	Бк/л	≤ 1,0
3	Питома активність ^{228}Ra	Бк/л	≤ 1,0
4	Питома активність ^{222}Rn	Бк/л	≤ 100
5	Питома активність ^{137}Cs	Бк/л	≤2,0
6	Питома активність ^{90}Sr	Бк/л	≤2,0

Таблиця 7

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

Найменування показників	Одиниці виміру	Рекомендовані нормативи, у межах
1. Загальна жорсткість	ммоль/л	1,5 - 7,0
2. Загальна лужність	ммоль/л	0,5 - 6,5
3. Йод	мкг/л	20 - 30
4. Калій	мг/л	2 - 20
5. Кальцій	мг/л	25 - 75
6. Магній	мг/л	10 - 50
7. Натрій	мг/л	2 - 20
8. Сухийзалишок	мг/л	200 - 500
9. Фториди	мг/л	0,7 - 1,2

Додаток 2

Питома середньодобова (за рік) норма споживання питної води

Ступінь благоустрою житлової забудови	Питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання, л/добу на одного жителя
Житлова забудова, обладнана внутрішнім водопроводом і каналізацією:	
без ванн	100-135
з ваннами і місцевими водонагрівачами	150-230
з централізованим гарячим водопостачанням	230-285

Примітка 1.

Питому середньодобову норму питного водоспоживання в межах, зазначених в таблиці 1, визначають залежно від архітектурно-будівельного кліматичного району (згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27), поверховості будинків, прийнятого обладнання, місцевих умов тощо. Наведені питомі середньодобові норми водоспоживання можна зменшувати, а у містах-курортах і в містах з населенням понад 250 тис. жителів можна збільшувати, якщо збільшення середньодобових норм водоспоживання передбачено у чинному генеральному плані цього населеного пункту.

Примітка 2.

Для районів забудови будинками з водокористуванням із водорозбірних колонок середньодобова норма питного водоспоживання на одного жителя приймається від 25 л/добу до 60 л/добу.

Примітка 3.

Невраховані витрати приймаються у відсотках від загального водоспоживання: на першу чергу будівництва:

у малих і середніх містах — 5 %,

у великих і значних — 7 %,

у найзначніших — 10 %;

на розрахунковий строк дії генерального плану:

у малих і середніх містах — 10%,

у великих і значних — 15%,

у найзначніших — 20%.

Примітка 4.

Градація населених пунктів за чисельністю жителів, що в них постійно проживає (згідно з ДБН 360):

- найзначніші (крупніші) — понад 1000 тис. жителів;
- значні (крупні) — понад 500 до 1000 тис. жителів включно;
- великі — понад 250 до 500 тис. жителів включно;
- середні — понад 50 до 250 тис. жителів включно;
- малі — понад 10 до 50 тис. жителів включно.

До малих населених пунктів входять селища міського типу з чисельністю жителів, що в них постійно проживає, від 5 тис. до 10 тис. (включно).

В. В. Бабієнко, А. В. Мокієнко
Б125 Гігієна води та водопостачання населених місць : навчальний посібник /Бабієнко В. В., Мокієнко А. В. – Одеса : Прес-кур'єр, 2021, 000 с.

ISBN 978-617-7797-29-5

Навчальне видання

БАБІЄНКО Володимир Володимирович,
МОКІЄНКО Андрій Вікторович

ГІГІЄНА ВОДИ ТА ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Навчальний посібник

Головний редактор Й. О. Бурчо
Комп’ютерна верстка О. В. Замойська

Формат 60 х 84 1/16. Ум. друк. арк. 0000. Наклад 000 прим. Зам.

Оригінал-макет виготовлено
в редакційно-видавничій фірмі «Прес-кур'єр».
Свідоцтво про внесення видавця до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції серія ДК
№ 3764 від 22.04.2010 р.
(65076, м. Одеса, пл. Б. Деревянка, 1, оф. 717,
тел./факс (0482) 64-96-58, e-mail: pk.gazeta.odessa@gmail.com

Віддруковано з готового оригінал-макета.
Видавництво і друкарня «Астропринт»
65091, м.Одеса, вул. Разумовська, 21. Тел. 7-855-855.
www.astroprint.ua e-mail: astro_print@ukr.net
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК №1373 від 28.05.2003 р.