

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Факультет фізичного виховання і спорту  
Кафедра теорії і методики фізичної культури і спорту

**КУРС ЛЕКЦІЙ**

**З ГІГІЄНИ ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ І СПОРТУ**

Івано-Франківськ -2012

ББК 75.081

Курс лекцій з гігієни фізичного виховання і спорту. Ч.1. Гігієна оточуючого середовища / Султанова І.Д. - Івано-Франківськ, 2012.- 136 с.

**Рецензенти:**

Шляховенко О.О., д.м.н., доцент кафедри нормальної фізіології Івано-Франківського національного медичного університету

Білоус І. В., к.м.н., доцент кафедри теорії і методики фізичної культури і спорту Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2012

## **ГІГІЄНА ЯК НАУКА. ФАКТОРИ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ**

**Гігієна** є наукою, що вивчає закономірності впливу чинників оточуючого середовища на організм людини та громадське здоров'я з метою розробки гігієнічних нормативів, санітарних правил і заходів, які б забезпечили оптимальні умови для життєдіяльності, зміцнення здоров'я і запобігання захворюванням.

Термін «гігієна» походить від грецького слова *hygieinos*, що означає «той, що приносить здоров'я».

Сьогодні гігієна – це наука про збереження і покращення громадського здоров'я.

У підручнику Е. Паркса (піонера експериментальної гігієни) призначення гігієни сформульовано так: «Зробити розвиток людини найдосконалішим, життя – найміцнішим, згасання життя - якомога повільнішим, і смерть – якомога більш віддаленою».

Отже, головне завдання гігієни є запобігання захворюванням, тому на перший план висувається вивчення нею природних і соціальних чинників навколишнього середовища та їх впливу на організм людини.

Чинники довкілля поділяються на **фізичні, хімічні, біологічні та соціальні**. Їх вплив може призвести до морфологічних, функціональних, біохімічних зрушень, патологічних та генетичних змін, спричинити зростання захворюваності населення.

Чинники довкілля можуть бути **природними і штучними**.

Природні чинники навколишнього середовища включають хімічні елементи повітря, води, продуктів харчування.

До фізичних належать температура та вологість повітря, барометричний тиск, рух повітря, сонячна радіація тощо.

До біологічних належать мікроорганізми, віруси, гриби, гельмінти.

**Штучні** чинники навколишнього середовища виникають у процесі господарчої діяльності людини. Сюди належать саме ті забрудники повітря, води, ґрунту і продуктів харчування, котрі здатні спричинити в організмі людини патологічні явища. Також сюди належать шум, вібрація, електромагнітні поля, тощо.

Важливою для суспільства є дія психогенних чинників, які проявляють себе у вигляді взаємовідносин у трудовому колективі, характері трудової діяльності і т.п., і які спроможні суттєво впливати на стан здоров'я людини.

Для з'ясування впливу чинників довкілля на організм застосовують різноманітні методи гігієнічних досліджень. Серед них фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні (зокрема, мікробіологічні), соціологічні, описові, що дають змогу вивчити окремі чинники довкілля.

За допомогою морфогістологічних, фізіологічних, біохімічних, клінічних та інших методів оцінюють вплив чинників на здоров'я людини. Впровадженням гігієнічних норм, санітарних правил, запобіжних і оздоровчих заходів займається практична галузь гігієни – **санітарія**.

Санітарія походить від лат. «санітас» - здоров'я, означає застосування досягнень гігієни як науки на практиці.

Самостійні **галузі гігієни**: комунальна, гігієна праці, гігієна харчування, гігієна дітей і підлітків, радіаційна, космічна, гігієна фізичного виховання і спорту.

**Гігієна ФВіС** – це наука про вплив факторів, пов'язаних із заняттям ФКіС на стан здоров'я людей :

- Умов зовнішнього середовища, в яких відбуваються заняття фізичними вправами;
- Організації і змісту занять;
- Об'єму та інтенсивності фізичних навантажень;
- Характеру харчування;

- Технічного оснащення і екіпіровки спортсмена.

**Мета** полягає в профілактиці різних захворювань, пов'язаних з дією факторів ФКіС, підвищення оздоровчої ефективності занять фізичними вправами на основі створення оптимальних умов, організації і змісту занять ФКіС.

**Предметом** гігієни ФВіС є вивчення взаємодії організму людини з різними факторами ФКіС.

**Основне завдання** полягає в розробці заходів для попередження можливого несприятливого впливу різних факторів ФКіС, покращення здоров'я, фізичного розвитку, підвищення загальної і спортивної працездатності осіб, що займаються ФКіС.

До **основних гігієнічних заходів**, які застосовують з цією метою належать:

- Оптимізація умов, режимів і змісту, форм і засобів, що застосовуються в процесі занять фізичними вправами;
- Раціональне харчування;
- Оптимізація фізичних навантажень в процесі занять;
- Загартування.

Заняття фізичними вправами незалежно від їх форми обов'язково повинні сприяти укріпленню здоров'я.

Без дотримання гігієнічних норм в процесі ФВіС неможливо забезпечити оптимальні умови для нормального фізичного розвитку, збереження їх здоров'я, підвищення спортивних досягнень.

Як відомо, здоров'я людини залежить (Е.Н. Вайнер) від генетичних факторів (15-20 %), стану оточуючого середовища (20-25 %), медичного забезпечення (10-15 %), умов і способу життя (50-55 %).

**Стан здоров'я людини в кінцевому результаті визначається об'ємом і потужністю адаптаційних резервів її організму.** Чим вищий функціональний резерв, тим нижча ціна адаптації. Для адаптованої

системи характерна економічність функціонування з метою максимальної економії витрат фізіологічних ресурсів організму.

Опрацювання дієвих заходів щодо запобігання захворюванням вимагає правильного розуміння законів взаємодії соціальних, природних і біологічних умов та їх впливу на здоров'я, в основі яких лежить вчення про єдність і взаємодію людського організму та навколишнього середовища.

Ці положення є відображеними у 5-ти законах гігієни, що запропонував Є.Г. Гончарук (1995):

1. Порушення здоров'я людини може виникати лише за наявності 3-х причин – джерела шкідливості, чинника його передачі і сприйнятливого організму.

2. Закон негативного впливу діяльності людини на навколишнє середовище .

3. Закон негативного впливу на навколишнє середовище природних екстремальних явищ.

4. Закон позитивного впливу на навколишнє середовище людського суспільства.

5. Закон негативного впливу забрудненого природного навколишнього середовища на здоров'я людини.

Важливе місце посідають методи нормування чинників довкілля, що допомагає обґрунтувати **гігієнічні норми** – чітко окреслені рівні, дози або концентрації чинників, які при довготривалій дії на організм людини залишаються безпечними з точки зору збереження нормальної життєдіяльності та здоров'я сучасного суспільства і майбутніх поколінь.

До об'єктів гігієнічного нормування належать **гранично допустимі** для організму людини **концентрації** (ГДК) шкідливих хімічних домішок у повітрі, воді, ґрунті, продуктах харчування, **гранично допустимі рівні** (ГДР) і **дози** (ГДД) шкідливих фізичних факторів середовища

антропогенного походження, зокрема шуму, вібрації тощо, оптимальні і допустимі параметри мікроклімату і оптимальний і допустимий склад добового харчового раціону і питної води.

Отже, гігієнічні нормативи мають законодавчу силу і є юридичною основою для санітарного контролю.

Враховуючи, що в реальних умовах людина відчуває на собі **комбіновану, комплексну і поєднану** дію шкідливих чинників різного походження, і це реальне навантаження визначає можливі зміни у стані здоров'я, введено поняття **максимально допустиме навантаження** - це така максимальна інтенсивність дії усієї сукупності факторів навколишнього середовища, яка не виявляє прямого чи побічного шкідливого впливу на організм людини та її нащадків і не погіршує санітарних умов життя.

Під **комбінованою** дією розуміють сумісну дію двох або кількох чинників однієї природи (наприклад, комбінації отрут; шуму і вібрації; вібрації і охолодження). **Поєднана** дія означає сумісний вплив чинників різної природи (наприклад, фізичних і хімічних; шуму і токсичних речовин; вібрації і токсичних речовин). Про **комплексну** дію кажуть у тих випадках, коли виробничі отрути діють на організм внаслідок надходження різними шляхами (наприклад, пари бензолу можуть надходити в організм через органи дихання і всмоктуватись через шкіру; пестициди потрапляють в організм людини з харчовими продуктами, питною водою і атмосферним повітрям).

Однією з найбільш складних проблем гігієни є виявлення, прогнозування та запобігання так званим віддаленим ефектам впливу чинників навколишнього середовища на організм людини. Під **віддаленими** розуміють такі ефекти, які виникають не відразу після впливу чинника оточуючого середовища чи навіть після його припинення, а через певний, іноді тривалий проміжок часу. При цьому від віддалених

ефектів слід відрізняти ефекти, що виникають внаслідок тривалого хронічного впливу чинників оточуючого середовища, наприклад, хронічні інтоксикації.

Звичайно під **віддаленими ефектами** розуміють онкогенну, мутагенну (генетичні зміни) і тератогенну (зовнішні та внутрішні аномалії розвитку) і ембріотоксичну (ембріолетальну) дію хімічних, фізичних і біологічних чинників середовища. Проте, в дійсності поняття віддалених наслідків впливу чинників оточуючого середовища є ще більш широким і до них слід відносити також виникнення і розвиток патологічних станів в організмі, зміни в органах і системах і, нарешті, прискорення процесів старіння та скорочення тривалості життя, якщо вони пов'язані із впливом хімічних, фізичних чи біологічних чинників середовища.

**Мета гігієни** – здоров'я людини. За визначенням ВООЗ «Здоров'я – це стан повного фізичного, душевного і соціального благополуччя, а не тільки відсутність хвороб і фізичних недоліків».

На думку П.В.Бунзена, **здоров'я** – це такий психофізіологічний стан людини, який характеризується не тільки відсутністю патологічно змінених окремих органів і систем, але і такими функціональними резервами організму людини, які є достатні для її ефективної біологічної і соціальної адаптації та збереження високої фізичної і розумової працездатності.

В оцінці здоров'я виділяють дві ознаки:

**Соціальну** як міру працездатності, соціальної активності;

**Особистісну** – це здоров'язберігаюча стратегія індивідуального життя людини, ступінь панування його над собою і обставинами життя.

Ознаки індивідуального здоров'я:

- Оптимальна реакція організму на умови життєдіяльності на всіх рівнях його організації;



- Динамічна рівновага його в цілому, його окремих функціональних адаптивних систем з зовнішнім середовищем;
- Здатність людини повноцінно виконувати основні соціальні функції;
- Здатність організму людини пристосовуватись, адаптуватись до постійно змінних умов існування, підтримувати сталість внутрішнього середовища (гомеостаз), забезпечувати нормальну і різнобічну життєдіяльність;
- Відсутність хвороб, тобто оптимальне функціонування організму без ознак захворювань або функціональних порушень;
- Повне моральне, фізичне, психічне і соціальне благополуччя людини.

Один з важливих показників стану здоров'я – рівень розвитку ведучих адаптивних систем організму людини.

На думку А.Г.Сухарева (одного з ведучих гігієністів Росії), **індивідуальне здоров'я** – складний багатовимірний динамічний процес постійного, активного пристосування організму до мінливих умов оточуючого середовища.

Несприятливі фактори оточуючого середовища можуть негативно впливати на здоров'я як окремої людини, так і великих груп населення.

Одне з найважливіших завдань фізичної культури полягає в тому, щоби допомогти конкретній людині виробити високу стійкість до дії комплексу несприятливих чинників оточуючого середовища.

Один з найважливіших елементів здоров'я – високий рівень функціонування ведучих адаптивних систем організму і соціальна дієздатність.

Найбільш інформативний критерій обернених ранніх змін в стані індивідуального здоров'я – функціональний стан ведучих адаптивних систем організму і характер їх вікового розвитку.

**Функціональний стан** – стан людини в цілому з точки зору ефективності її діяльності.

Ознакам порушення функціонального стану є:

Порушення самопочуття зниження працездатності, якість сну (поява безсоння), апетит, підвищена дратівливість, емоційна нестійкість; збільшення маси тіла більш ніж на 10 кг від належної; підвищення ЧСС в стані спокою більше 80 уд/хв. і при переході з положення лежачи в положення стоячи – більше 100 уд/хв.; метеочутливість, поява задишки при виконанні легких фізичних навантажень; підвищення пітливості без фізичних навантажень; часті головні болі і головокружіння; відчуття втоми після нічного сну.

Комплексний вплив соціальних, біологічних екологічних факторів при певних умовах може приводити як до покращення здоров'я людини, так і до його погіршення, особливо в дітей і підлітків.

Саме анатомо-морфологічні особливості цього віку визначають високу чутливість організму, що росте, до дії комплексу несприятливих факторів оточуючого середовища. В зв'язку з цим необхідні засоби і методи оптимізації морфологічного і функціонального розвитку дітей і підлітків, а також індивідуальної корекції різних порушень функціонального стану.

З метою **діагностики здоров'я** використовують наступні основні методики.

**Огляд і опитування.** При роботі зі здоровими людьми особливу увагу приділяють вираженості та змісту оздоровчої мотивації, а також виявленню факторів ризику. До них належать ті фактори, які сприяють розвитку таких захворювань як ожиріння, атеросклероз, гіпертонічна

хвороба, цукровий діабет, метаболічні імунодепресії, онкологічні захворювання. В зв'язку з цим основними факторами ризику є: надлишкова маса тіла, слабка фізична активність, нераціональне харчування, підвищений артеріальний тиск, психічна перенапруга, а також зловживання алкоголем і куріння.

**Антропометричні підходи.** Одним з показників здоров'я є росто-вагові співвідношення. В залежності від віку і статі суб'єкта, певному росту відповідає певна вага. Для визначення належної маси тіла рекомендують формули:

$$\text{Для чоловіків} \quad \left( \frac{\text{Ріст(см)} \cdot 4}{2.54} - 128 \right) \cdot 0.453$$

$$\text{Для жінок} \quad \left( \frac{\text{Ріст(см)} \cdot 3.5}{2.54} - 108 \right) \cdot 0.453$$

Підвищення маси тіла на 15-29 % - I ступінь ожиріння, 30-49 % - II ступінь, 50-100 % - III ступінь ожиріння, і 100 % - IV ступінь. Ожиріння сприяє розвитку гіпертонічної хвороби цукрового діабету, ішемічної хвороби серця.

**Фізіологічні підходи.** Для оцінки стану здоров'я застосовують проби з навантаженням.

*Проба Мартіне.* Оцінюють фізичну працездатність і тип реакції серцево-судинної системи на навантаження. Фізична працездатність визначається приростом пульсу, вираженого у % після навантаження до вихідної величини: приріст пульсу менше 25 % - відмінна фізична працездатність; 25-50 % - добра; 50-75 % задовільна і більше 75 % - погана. Тип реакції ССС на навантаження визначається на основі змін рівня систолічного і діастолічного артеріального тиску. Нормотонічний – характеризується збільшенням систолічного АТ, діастолічний при цьому знижується або не змінюється; гіпертонічний – характеризується значним підвищенням систолічного і діастолічного АТ; гіпотонічний – систолічний АТ

підвищується на невелику величину або не змінюється, діастолічний понижується.

*Гарвардський степ-тест* дозволяє отримати показники необхідні для оцінки стану здоров'я не тільки в момент закінчення навантаження, але і які вимірюються у відновний період. Індекс Гарвардського степ-теста характеризує швидкість відновлення пульсу після виконання фізичного навантаження.

*12-хвилинний тест Купера* визначає рівень тренуваності організму, від якого залежить стан здоров'я. Суб'єкт повинен пройти або пробігти за 12 хв якомога більшу відстань ( до 30 р -2,8 км –відмінний показник).

*PWC<sub>170</sub>*. Для оцінки резервів кардіореспіраторної системи і фізичної працездатності в практиці застосовують субмаксимальні фізичні навантаження. Фізична працездатність визначається шляхом знаходження величини потужності навантаження, при якій ЧСС= 170 уд/хв.

*МСК*. Фізичну працездатність, а відповідно і резерв здоров'я людини визначають по величині МСК. На велоергометрі досліджуваний виконує серію послідовно зростаючих навантажень, в процесі яких реєструється споживання кисню.

**Біохімічні підходи.** Індекс атерогенності, за допомогою якого визначають загрозу розвитку атеросклерозу, що є однією з причин розвитку захворювань серцево-судинної системи. Визначають в крові рівень холестерину і ліпопротеїдів високої і низької щільності, а також вміст тригліцеридів. В нормі цей індекс становить 2,5-3,5. При його збільшенні виникає загроза розвитку атеросклерозу.

## **ГІГІЄНА ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА І КЛІМАТ**

Повітряне середовище являє собою найнеобхіднішу для нашого життя частину довкілля і впливає на всі процеси життєдіяльності організму людини. Живі організми не можуть існувати без постійного поглинання одних газів і виділення інших. Обмін речовин неможливий без процесу дихання. Всі органічні речовини рослин утворюються головним чином за рахунок газів, що поглинаються з атмосфери. Рослини ж. у свою чергу, є джерелом харчування тварин і людей. Здорова людина протягом доби робить майже 20 тис. вдихів і видихів, пропускаючи через легені приблизно 15 м<sup>3</sup> повітря. Без повітря людина може прожити лише 5 хв.

Від якості повітряного середовища залежить фізичний розвиток, здоров'я і працездатність людини. Властивості повітря є основою формування характеру погоди і клімату даної місцевості, що суттєво впливає на стан здоров'я. Атмосфера затримує більшу частину згубних для життя космічних променів, зменшує і послаблює ультрафіолетове (УФ) випромінювання.

В умовах бурхливого розвитку науково-технічного прогресу особливого значення набуває антропогенна діяльність, результатом якої є інтенсивне забруднення повітряного середовища населених пунктів і повітря закритих приміщень димом і шкідливими для здоров'я газами внаслідок викидів промислових підприємств та автомобільного транспорту. Вивчення всіх властивостей повітря є основою для розробки і наукового обґрунтування, а відтак і втілення в життя оздоровчих заходів і рекомендацій. Лише гігієнічні заходи дозволяють нам найраціональніше використовувати довкілля, сприяючи збереженню здоров'я і довголіття.

### ХІМІЧНИЙ СКЛАД АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ТА БІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ЙОГО КОМПОНЕНТІВ

**Атмосфера** як елемент біосфери являє собою газоподібну оболонку, що оточує нашу планету, простягається на тисячі кілометрів від її поверхні і залежно від особливостей складу та властивостей повітря може бути поділена на 5 основних шарів: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу та екзосферу.

Тому за повітря загалом слід вважати суміш газів, які складають атмосферу, а за атмосферне повітря — лише повітря відкритих просторів земної кулі.

З фізико-хімічної точки зору повітря являє собою надзвичайно складну аеродисперсну систему, середовищем якої є гази повітря, а фазою — пилові, парові, бактеріальні та інші, в тому числі і токсичні, аерозолі.

**Атмосферне повітря** має виняткове **гігієнічне значення** порівняно з іншими складовими біосфери. По-перше, повітря, яке вдихає людина, є практично єдиним постачальником кисню. Запас кисню в організмі дорослої людини становить 2500-2700 мл. У 100 мл крові розчинено близько 75 мл кисню, значна частина його (20—25 %) утворює з гемоглобіном сполуку, що носить назву «оксигемоглобін». За 1 хв людина, як правило, витрачає 300—500 мл кисню. Проте, на відміну від багатьох

інших сполук та елементів, організм людини не має внутрішніх депо кисню. Тобто за відсутності доступу екзогенного кисню його запас витрачається протягом декількох хвилин, що призводить до неминучої загибелі.

По-друге, людина вдихає відносно дуже велику кількість повітря (понад 10—12 м<sup>3</sup> на добу); яка безпосередньо контактує з великою (понад 100 м<sup>2</sup>) поверхнею альвеолярної тканини, і газові складові повітря різного характеру, в тому числі і токсичні, фактично одразу переходять у кров, розносяться по всьому організму. За таких умов навіть невеликі концентрації шкідливих речовин у повітрі стають суттєвою загрозою для здоров'я людини. Не випадково під час гігієнічного нормування допустимого вмісту одних і тих самих шкідливих речовин їх допустимі концентрації в повітрі являють собою величину, в сотні і тисячі разів меншу, ніж у воді, ґрунті або продуктах.

Гігієнічне значення повітря визначається його фізичними властивостями, хімічним складом та наявністю домішок різного характеру, в тому числі і токсичних, шкідливих для здоров'я.

Основними хімічними складовими атмосферного повітря є кисень, діоксид вуглецю, азот, озон та інертні гази. **Кисень (O<sub>2</sub>)**, що являє собою безбарвний розчинний у воді газ, є невід'ємним елементом практично всіх органічних речовин, чинником, завдяки якому можливі дихання, горіння, гниття та багато інших життєво необхідних процесів.

В організмі людини вміст кисню становить 65 %. Усі органи, тканини і клітини організму безперервно поглинають (до 25 л за 1 год) кисень, утилізують його та виділяють у навколишнє середовище (до 22,6 л за 1 год) діоксид вуглецю.

Зменшення вмісту кисню в повітрі до 10—12 % є надзвичайно небезпечним явищем, що спочатку характеризується такими проявами, як ослаблення розумової діяльності, нудота, блювання, ураження ЦНС, а

згодом, в умовах зменшення концентрації кисню до 7—8 %, може призвести до смерті.

Кожна газова складова атмосферного повітря має певний парціальний тиск. Так, при нормальному тиску 760 мм рт. ст., загальний тиск якого приймається за 100 %, парціальний тиск кисню, вміст якого становить 21 %, дорівнюватиме 160 мм рт. ст. Але у разі зменшення атмосферного тиску зменшуватиметься і парціальний тиск його складових, зокрема кисню. Із цього випливає дуже важливе положення: при зменшенні атмосферного тиску і при збереженні відсоткового співвідношення його газових складових (тобто за наявності в газовій суміші 21 % кисню) парціальний тиск і вагова концентрація останнього також зменшуватимуться (за певних умов до величин, які вже не здатні забезпечити потребу організму в кисні). Парціальний тиск кисню у венозній крові становить 40 мм рт. ст., і для того щоб кисень з артеріальної крові міг «подолати» цей тиск та утворити оксигемоглобін, його тиск в артеріальній крові має перевищувати вказаний рівень і становити принаймні 45—60 мм рт. ст., а це у свою чергу можливо тільки за умови, аби парціальний тиск кисню у вдихуваному повітрі становив не менше як 70—80 мм рт. ст., а в альвеолярній крові — не менше як 55—60 мм рт. ст. У звичайних умовах парціальний тиск становить 160 мм рт. ст., а парціальний тиск в альвеолярній крові — 110 мм рт. ст., що забезпечує потрібний механізм надходження кисню до артерій і перехід його у венозну кров. З підйомом на висоту парціальний тиск поступово знижується, що може призводити до так званої висотної хвороби.

Висоту повітряного середовища з урахуванням найхарактерніших реакцій організму у відповідь на нестачу кисню умовно поділяють на 5 зон:

**1. Індиферентна зона** (0—2 км над рівнем моря). У цій зоні за нормальних умов парціальний тиск кисню в повітрі становить не менше як



125 мм рт.ст., в альвеолярній крові — не менше як 85 мм рт. ст., що повністю забезпечує його нормальний перехід до венозної крові. Для здорових людей підйом на таку висоту не спричиняє несприятливих реакцій.

**2. Зона повної компенсації** (2—4 км над рівнем моря). У цій зоні парціальний тиск кисню в повітрі становить 95—100 мм рт. ст., в альвеолярній крові — 60—70 мм рт. ст. Повноцінна компенсація в здорової людини досягається в межах нормальної фізіологічної адаптації. Зберігаються добре самопочуття, нормальна працездатність. Компенсаторно може збільшуватися частота дихальних рухів та серцевих скорочень.

**3. Зона неповної компенсації** (4—6 км над рівнем моря). Парціальний тиск кисню в повітрі становить 70—80 мм рт. ст., в альвеолярній крові — 55—60 мм рт. ст. За таких умов уже можуть виникати маніфестні прояви висотної хвороби. Унаслідок гіпоксії спостерігаються неадекватні реакції з боку ЦНС (ейфорія), які змінюються проявами пригнічення, гальмування вищої нервової діяльності, порушується координація рухів, з'являються метеоризм та задишка. Для запобігання розвитку хвороби та її більш важким проявам потрібно додаткове вдихання кисню.

**4. Критична зона** (6—8 км над рівнем моря). Без вдихання додаткової кількості кисню перебування на такій висоті неможливе, оскільки парціальний тиск кисню в повітрі зменшується до 55 мм рт. ст., в альвеолярній крові — до 40 мм рт. ст. і перехід кисню до венозної крові припиняється. За таких умов (наприклад, в умовах розгерметизації літальних апаратів) дуже швидко розвивається клінічна картина важкої висотної хвороби, якій також сприяє нестача діоксиду вуглецю, і настає смерть.

5. **Смертельна зона** (8—10 км над рівнем моря). У цій зоні парціальний тиск кисню навіть у зовнішньому повітрі знижений до 40—45 мм рт. ст., що повністю виключає його наявність в артеріальній крові. Крім проявів, описаних вище, відбуваються вихід розчинних газів у кров, емболія різних органів і тканин. Смерть настає миттєво швидко.

**Діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>)** — це безбарвний розчинний у воді газ, що міститься в чистому атмосферному повітрі в кількості 0,03—0,04 % та має своєрідний запах і кислуватий присмак.

Його фізіологічна роль полягає у цілеспрямованому впливі на процеси дихання. Діоксид вуглецю, або вуглекислий газ, є адекватним подразником дихального центру і забезпечує регуляцію системи дихання.

**Гігієнічне значення діоксиду вуглецю** зумовлене тим, що у разі перевищення його нормативних значень (а вуглекислий газ, як правило, не справляє шкідливого впливу на організм) можна стверджувати про накопичення різних **антропотоксинів** (індол, скатол, меркаптан та ін.), тобто газоподібних речовин, котрі є продуктами життєдіяльності людини, і шкідливо впливають на оточуючих. Отже, фактично діоксид вуглецю є важливим відносним показником ступеня чистоти повітря, де перебуває людина.

Розглядаючи **гігієнічне значення азоту (N<sub>2</sub>)**, слід зазначити, що хоч він і входить до складу всіх білкових структур, у нормальній газовій суміші, на думку більшості дослідників, суттєвого фізіологічного значення не має (азот — від грец. «нежиттєвий») і відіграє головним чином роль розчинника для кисню та підтримує атмосферний тиск. Тому зменшення парціального тиску азоту не спричиняє маніфестних негативних реакцій.

Проте існують дані, що свідчать про можливість безпосереднього засвоєння азоту з повітря, але такі реакції можливі лише у разі перебування людини в умовах підвищеного атмосферного тиску. За певних умов це призводить до розвитку важкого професійного захворювання —

декомпресійної хвороби. Виконання деяких робіт під водою (водолазні роботи та ін.) або під землею (метробудівельні роботи та ін.) тісно пов'язане з перебуванням працівників у зоні підвищеного тиску. Під впливом підвищеного парціального тиску в подібних умовах у крові збільшується кількість розчинених газів. Зокрема, якщо за нормального тиску в 100 мл крові розчинено близько 1 л азоту, то в людини з масою тіла 70 кг після перебування протягом 1 год під тиском 3 ата вміст азоту збільшується до 3,5—4,5 л.

Більша частина розчиненого в крові азоту переходить до деяких внутрішніх органів (насамперед до жирової тканини, білої речовини мозку, трубчастих кісток, жирових складок синовіальних оболонок суглобів) і розчиняється в їх тканинах. При зменшенні тиску (за так званої декомпресії) починається зворотний процес, тобто перехід азоту з тканин до крові і виділення з повітрям, яке видихується (десатурація). Якщо в тканинах багато розчиненого азоту, а декомпресія відбувається швидко, кров не встигає рівномірно розчинювати азот і останній може накопичуватися в ній у вигляді різного розміру пухирців. Останні залежно від локалізації, розміру, виду тканин здатні спричинювати аероемболії, які у свою чергу призводять до аеротромбозів, порушень нормального функціонування органів та тканин і зумовлюють клінічну картину гострої або хронічної декомпресійної хвороби. Важкість її значною мірою залежить від вихідного значення тиску повітря, з якого починалася декомпресія. Доцільно використовувати для вдихування газові суміші з меншим ваговим вмістом азоту, наприклад «геліокс», тобто суміш повітря з інертним газом гелієм.

Певне **гігієнічне значення** має наявність в атмосферному повітрі **озону ( $O_3$ )** — однієї з алотропних модифікацій кисню. Озон — газ із своєрідним запахом, завдяки якому шкідлива короткохвильова ділянка УФ-спектра (менше ніж 280 нм) затримується у верхніх шарах атмосфери.

У невеликих кількостях озон утворюється у фізіотерапевтичних кабінетах, під час роботи бактерицидних УФ-випромінювачів.

Унаслідок взаємодії з органічними речовинами озон легко розпадається, виділяючи атом кисню і, отже, активно окислює практично всі речовини, що забруднюють повітря. Тому саме озон вважають критерієм чистоти повітря. Ще однією галуззю застосування озону слід вважати практику організації водопостачання, де він є одним із найкращих за ефективністю засобом знезараження питної води.

**Інертні гази (неон, аргон, гелій та ін.) знаходяться в атмосферному повітрі у незначній кількості і суттєвого значення для людини не мають.**

**Сірководень** утворюється внаслідок процесів гниття білкових речовин.

В атмосфері містяться також водяна пара та інші колоїдні домішки.

Водяна пара впливає на тепловий баланс людини.

В атмосфері міститься також порох космічного походження, до складу якого входять залізо, нікель та інші елементи і який проникає в атмосферу під дією сил гравітації, електромагнітного поля Землі і світлового тиску. В атмосферу може поступати порох і внаслідок викидів вулканів. Він відрізняється великою дисперсністю і може розноситися повітряними течіями на великі відстані.

Велике практичне значення має наземний порох, як то: ґрунтовий, рослинний, дим від лісних пожеж, морський порох.

Сформоване постійне співвідношення газів у складі атмосфери дуже часто порушується антропогенним вмістом. В атмосфері з'являються сторонні, невластиві їй хімічні та інші домішки, що забруднюють повітряний простір.

**ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА**

В епоху науково-технічної революції поряд із природними джерелами забруднення, що мають різне походження — біологічне (біогенне) і небіологічне (абіогенне), все більшого значення набувають джерела антропогенного походження. До **біогенних джерел** належать гази і тверді частинки, що потрапляють в атмосферу внаслідок розпалу органічних речовин, а також прижиттєві виділення рослин, тварин і мікроорганізмів. Гази і порох абіогенного походження виділяються в повітря при викидах вулканів, з гейзерів і гарячих джерел, унаслідок порохових бурь, лісових і степових пожеж, до них належить і космічний порох, що насичує переважно верхні шари атмосфери.

Антропогенне втручання створює реальну загрозу існуванню на нашій планеті людей, рослин і тварин. Збільшенню забруднення повітряного середовища сприяє збільшення густоти населення, розвиток промисловості і транспорту, згоряння палива, освоєння космічного простору, застосування отрутохімікатів у сільському господарстві, транспортування нафтопродуктів, випробовування ядерної зброї. За останні 100 років, за даними ООН, населення світу потроїлось, а міське населення зросло більше ніж у 5 разів. Така концентрація населення в містах докорінно змінила економічні, соціально-гігієнічні, екологічні і санітарно-технічні умови життя.

Речовини, що забруднюють атмосферу, внаслідок метеорологічних процесів поширюються на великі відстані, і це призводить до глобального забруднення повітряної оболонки Землі.

Щорічно в атмосферу Землі потрапляють десятки мільйонів тонн шкідливих газів і пороху, зокрема, понад 150 млн т сірчаного газу, більше ніж 200 млн т оксиду вуглецю, більше ніж 40 млн т вуглеводнів, 20 млн т оксиду азоту тощо. Унаслідок згоряння палива в атмосферу щорічно потрапляє близько 20 млрд т діоксиду вуглецю. Загалом, щороку в атмосферу викидається понад 500 млн т різних хімічних речовин. Усі

забруднення змішуються з атмосферними газами, частинками попелу і пороху, дрібненькими краплинками рідини і утворюють аерозолі — дими і тумани, які огортають населені пункти.

У промислових центрах та інших населених пунктах джерелами забруднення атмосферного повітря є транспорт, промислові підприємства і теплові електростанції, печі будинків і ґрунт. Промислові підприємства і теплові електростанції викидають в атмосферу велику кількість різноманітних домішок. Однак основними джерелами забруднення атмосфери в економічно розвинених країнах є згоряння палива і відпрацьовані гази автотранспорту.

Найпоширенішими забруднювачами, що виявлені в атмосфері практично кожного міста і промислового центру, комітет експертів ВООЗ назвав суспендовані речовини (порох різного вмісту), оксид сірки, оксид азоту, оксид вуглецю і оксиданти.

Чорна металургія є джерелом виділення в атмосферу газів від домен, що містять залізорудний пил, оксиди сірки, оксид вуглецю, фенол, оксиди азоту, аміак, арсен, марганець, бензол, піридин, порошок тощо. Доменний газ містить також азот, оксид і діоксид вуглецю, смолисті речовини, арсен, свинець, ртуть тощо.

Кольорова металургія дає небезпечні викиди сірчаного газу, пороху, свинцю, оксиду арсену, олова, сурми, оксиду міді, оксиду заліза, цинку. Виробництво кольорових металів (алюмінію, магнію, титану, берилію) також утворює небезпечні викиди.

Хімічна промисловість є джерелом надзвичайно великої кількості різноманітних шкідливих речовин, що забруднюють атмосферу. Найбільше значення мають виробництва сірчаної кислоти, азотних добрив і суперфосфату, які викидають в атмосферу оксиди азоту, сірчаний газ і пари сірчаної кислоти. Суперфосфатне виробництво є джерелом викидів фтору, а виробництво хлору супроводжується виділенням хлору і

хлоридної кислоти. Нафтопереробні і нафтохімічні заводи забруднюють атмосферне повітря вуглеводами, сірчанним газом, сірководнем, органічними сульфідами, оксидом вуглецю і багатьма іншими речовинами. Целюльозно-паперова промисловість викидає порошок, сірчаний ангідрид, інші сірчані сполуки, сірководень, меркаптани тощо. Машинобудівна промисловість є джерелом викидів порошку, оксиду вуглецю, оксидів різних металів, вуглеводнів, парів кислот, ксилолу, толуолу і багатьох інших речовин. Будівельна промисловість, зокрема цементні заводи, зумовлюють виділення великої кількості цементного порошку, що надає навколишній місцевості специфічного вигляду.

Промислове забруднення атмосферного повітря залежить від характеру кожного окремого підприємства, від використаної сировини і випущеної продукції.

Великої шкоди повітряному середовищу завдає згоряння палива, оскільки воно рідко буває повним і в атмосферу потрапляє надмірна кількість твердих частинок палива, що не згоріло, попелу і шкідливих газів. Одним із найтоксичніших інгредієнтів, що потрапляють в атмосферу, є продукт неповного згоряння — оксид вуглецю. Унаслідок цього утворюються велика кількість діоксиду вуглецю, вуглеводні або окислені речовини, сірчаний ангідрид, оксид азоту, сажа, що являє собою недопалені частинки вугілля або інших видів палива, дими у вигляді аеродисперсної системи, що складається з дрібненьких частинок і порошку, вугілля, а також із частинок попелу або породи. Загрозливим є забруднення повітря від теплоелектроцентралей, паливом для яких служать кам'яне вугілля, торф, нафта і природний газ.

Останнім часом усе більшого значення в забрудненні повітря набуває автомобільний транспорт. Відпрацьовані гази автомашин містять понад 200 різних компонентів, що є продуктами повного і неповного згоряння палива. До них належать оксид вуглецю, що є найбільш токсич-

ною речовиною; оксиди азоту, що включають оксид азоту і діоксид азоту; вуглеводні, зокрема алкани, циклани, а також ароматичні сполуки, в тому числі канцерогени; альдегіди — формальдегід, аліфатичні альдегіди і ароматичні альдегіди; сажа, що має властивість адсорбувати канцерогенні речовини.

Усі зазначені забруднювачі атмосферного повітря підлягають різним перетворенням та змінам і стають більш токсичними для здоров'я. Вони утворюють у повітрі смог. Розрізняють смог лондонського і лос-анджелеського типу. Смог лондонського типу виникає за похмурої погоди, яка сприяє значному накопиченню сірчистого ангідриду і його трансформації у більш токсичний аерозоль сірчаної кислоти. Інші компоненти атмосферних викидів посилюють несприятливу дію сірчистого ангідриду.

Фотохімічний туман, який вперше спостерігався в Лос-Анджелесі, характеризується тим, що внаслідок взаємодії в атмосфері різноманітних газів під дією УФ-випромінювання утворюються фотохімічні речовини. Вони називаються фотооксидантами і частіше є продуктами фотохімічних перетворень викидів автотранспорту. Характерним прикладом фотохімічної реакції є фотодисоціація діоксиду азоту, яка найсильніше поглинає випромінювання у видимій і УФ-частинах сонячного спектра і відіграє превалюючу роль в атмосферних фотохімічних процесах. Кисень перетворюється на атомарний кисень з пізнішим утворенням озону. Діоксид азоту, сірчистий газ, альдегіди під впливом УФ-випромінювання, котре сприяє підвищенню вмісту озону і окисників у повітрі, взаємодіють із молекулярним киснем і утворюють атомарний кисень. Реакція його виділення з альдегідів і сірчистого газу є зворотною. Діоксиди азоту утворюють атомарний кисень та оксид азоту. Ці продукти, взаємодіючи з молекулярним киснем, утворюють і відновлюють діоксид азоту. Діоксид азоту може знову брати участь у наступних реакціях або перетворюватись



на азотну кислоту. Остаточними продуктами реакцій атомарного кисню й озону з речовинами, що забруднюють повітря, можуть бути формальдегід, вищі альдегіди і полімери різного складу. В атмосфері можуть відбуватися й інші численні фотохімічні реакції. Кисень переходить в озон у присутності діоксиду азоту, перекисних радикалів тощо.

Фотооксиданти, що утворюються в атмосфері внаслідок взаємодії реакційноздатних вуглеводнів і оксидів азоту під дією УФ-радіації, наприкінці дають такі високотоксичні речовини, як пероксиацетилнітрат (ПАН), пероксибензоїл нітрат тощо.

Якість атмосферного повітря України незадовільна. В її атмосферу щорічно потрапляє понад 300 кг забруднень на кожного мешканця. Вміст небезпечних для здоров'я хімічних речовин при цьому перевищує припустимі рівні в 5—20 разів.

## ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНЬ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА ЗДОРОВ'Я І УМОВИ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ

Постійні атмосферні забруднення несприятливо впливають на загальну захворюваність населення. Доведено прямий зв'язок між інтенсивністю забруднення повітря і станом здоров'я, а також ростом хронічних неспецифічних захворювань, зокрема таких, як атеросклероз, хвороби серця, рак легенів тощо. Забруднене повітря значно знижує імунітет. Забруднення впливають на органи дихання, сприяючи виникненню респіраторних захворювань, катарів верхніх дихальних шляхів, ларингіту, ларинготрахеїту, фарингіту, бронхіту, пневмонії. Вони спричиняють серцево-судинні та інші захворювання, зумовлюють виникнення віддалених наслідків, тобто мутагенну, канцерогенну, гонадотоксичну, тератогенну, алергенну, ембріотоксичну і атеросклеротичну дію.

Першочерговими наслідками атмосферних забруднень є розвиток специфічних захворювань і отруєнь.

Дедалі більший вплив на організм людини справляє смог. Фотохімічний туман, що утворюється в повітрі міст, спричиняє сльозотечу, різання в очах, сухий кашель, нудоту, головний біль, стискання в грудях, задишку, загальну слабкість. Він є причиною розладів функцій органів дихання, що нерідко завершуються утворенням злоякісних пухлин. Систематичне вдихання фотооксидантів стає причиною зменшення маси тіла, зниження активності ферментів у крові і зниження потреби в кисні, зменшення вітамінного балансу, а також патологічних змін у внутрішніх органах і ЦНС.

Забруднення атмосферного повітря діоксидом сірки частіше призводить до виникнення таких захворювань як хронічний і астматичний бронхіт, бронхіальна астма, емфізема легенів. Такі явища особливо характерні для дітей.

Несприятливо діє на організм оксид вуглецю. Він міститься в атмосферному повітрі в кількостях, здатних підвищити вміст карбоксигемоглобіну, що погіршує стан тканинного дихання, негативно впливає на функцію ЦНС і серцево-судинної системи. Наявність оксиду вуглецю в організмі стає причиною скарг, особливо у регулювальників руху, на головний біль, запаморочення, порушення сну, зниження пам'яті і уваги, задишку, біль у ділянці серця тощо.

Наростаюче забруднення повітря свинцем сприяє нагромадженню його в печінці, селезінці, нирках та інших органах. Свинець, що міститься у відпрацьованих газах автомобільного транспорту, прискорюючи розпад еритроцитів, діє як протоплазматична отрута. Свинцеве отруєння викликає також функціональні зміни вищої нервової діяльності. Основними скаргами внаслідок свинцевого отруєння є головний біль, запаморочення, підвищена роздратованість, швидка втомлюваність, порушення сну.

Дуже небезпечними для людини є сполуки азоту — нітриту і нітрати, що потрапляють у повітря з відпрацьованими газами автомобілів і під час

внесення мінеральних добрив. Деякі з них є вихідними продуктами для синтезу канцерогенних речовин. Вдихання оксидів азоту є причиною розвитку емфіземи легенів, звуження дихальних шляхів, набряку легенів.

Численні також дані щодо небезпечної дії вуглеводнів, що потрапляють в організм людини під час дихання. Ароматичні вуглеводні, особливо 3,4-бензпірен, що містяться в недопалених фракціях диму, відрізняються своєю канцерогенною дією.

Довготривале забруднення повітря відбивається також на генетичному апараті людини. Це призводить до зниження народжуваності, народження недоношених або ослаблених дітей, до їх розумової та фізичної відсталості.

В Україні негативного впливу атмосферних забруднень зазнає близько 17 млн осіб, або 34% всього населення. Вади розвитку дітей у містах із забрудненням навколишнього середовища зустрічаються в 3—4 рази частіше, ніж у відносно чистих, хвороби органів дихання реєструються удвічі частіше, загальний рівень захворюваності населення на 25—40% вищий, вищий також рівень алергічних, онкологічних, серцево-судинних та інших захворювань. Генетичні наслідки забруднення будуть проявлятися через багато десятиліть.

Вплив атмосферних забруднень поширюється і на рослинний, і на тваринний світ. Викиди заводів зумовлюють ураження всіх видів рослинності — декоративні і фруктові дерева, чагарники і ліси, сільськогосподарські культури і навіть трав'яний покрив. Токсичні речовини порушують структуру листя і погіршують обмін речовин. Забарвлення листя змінюється, воно деформується і відмирає, а потім патологічний процес поширюється на весь рослинний організм. Найнебезпечнішими для рослин є сполуки сірки і фтору. Унаслідок надлишку в повітрі сірчаного ангідриду листя дерев темніє, зморщується і опадає, а голки хвойних дерев стають спочатку темночервоними, а потім

засихають. Листя культурних рослин знебарвлюється, опадає, і рослини гинуть. Листя і квіти під дією фтору бліднуть, укриваються плямами і опадають. Велику шкоду зеленим насадженням завдають оксид вуглецю, хлор і хлористоводнева кислота, а також вуглеводні, зокрема бензол, антрацен, бензпірен. Особливо небезпечні для рослин відпрацьовані гази автомобілів, дія котрих спричинює масове знищення дерев, чагарників і трав. Атмосферні забруднення шкідливо впливають і на тварин. Забруднення атмосферою повітря призводить до ураження очей і верхніх дихальних шляхів свійських тварин і птахів. Спостерігається підвищена смертність бджіл і різке зниження їх чисельності, зменшення кількості меду, який вони продукують, особливо внаслідок отруєння фтором, сполуки якого осідають на квітах. Непоправну шкоду фауні та флорі наносить безконтрольне застосування пестицидів.

Від атмосферних забруднень потерпають і санітарно-побутові умови, зокрема, погіршується мікроклімат, фотохімічний смог знижує прозорість атмосферного повітря, знижується освітленість. Проникаючи в житло, атмосферні забруднення потрапляють на стіни, підлогу, меблі й обладнання. Сірчаний газ, сірчана кислота, продукти фотохімічних реакцій можуть викликати корозію металів, руйнувати будівельні матеріали. Смог руйнує будинки, пам'ятники культури, історичні цінності.

Із забрудненням повітря пов'язані стійкі аномалії хімічних властивостей атмосферних опадів, які насичені сполуками сірки, азоту та іншими речовинами. Це призвело до поступового підвищення кислотності снігу і поверхневих вод. Кислотні дощі, отже, пов'язані з наявністю в атмосферному повітрі сірчаного ангідриду, який перетворюється на сірчану кислоту. Матеріальна шкода, що наноситься атмосферними забрудненнями, дуже велика. Ось чому питання контролю і боротьби з атмосферними забрудненнями набули вже глобального характеру.

## ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВІТРЯ ТА ЇХ БІОЛОГІЧНА РОЛЬ

Фізичний стан атмосфери, на яку постійно впливає космічний простір і земна поверхня, характеризується величинами, що називаються метеорологічними елементами. До них належать **сонячна радіація, температура, вологість, рух і тиск повітря, електричні явища.**

### **Сонце і його біологічна роль**

Сонце являє собою гігантську розжарену газову кулю, що складається з розжарених парів тих самих елементів, що з них складається Земля та інші небесні тіла. Переважаючим елементом є водень, а відтак гелій. Невичерпність колосальної енергії Сонця пояснюється з точки зору термоядерного синтезу.

Енергію Сонця на межі атмосфери, що падає на  $1 \text{ см}^2$  поверхні, перпендикулярної напрямку променів, протягом 1 хв і виражену в калоріях, називають сонячною постійною. Вона дорівнює  $1,98 \text{ кал-см}^2/\text{хв}$ , або  $7,86 \text{ Дж/хв}$ . Промені Сонця, сягаючи атмосфери, підлягають енергетичним змінам, які зумовлені процесами поглинання, розсіювання і відбиття. Кількість відбитої від Землі променевої енергії, котра виражається у відсотках по відношенню до кількості енергії, що падає на неї, називається альбедо. Максимальна властивість відбиття спостерігається під час падіння променів на сніг, що випав, водну поверхню, пісок, а мінімальна — на вологий фунт, чорнозем. Головною складовою частиною радіаційного балансу є пряма сонячна радіація, напруга якої за рік виростає з півночі на південь. Річний хід інсоляції змінюється з широтою місця. З підйомом на перші 3000 м радіація збільшується на 10% на кожний кілометр. При підйомі на висоту маса атмосфери, яку проходять сонячні промені, зменшується, тому збільшується інтенсивність радіації. Радіація значною мірою поглинається і розсіюється хмарами, туманами і порохом і тому фактична її кількість виявляється нижчою. Сонячна радіація, досягаючи Землі, поглинається ґрунтом і морями, що згодом стають джерелами випромінення. Волога, що міститься у повітрі, затримує

випромінення земної поверхні і навколишніх предметів. Найінтенсивніше випромінення відбувається в напрямі до зеніту і слабше — до горизонту, на шляху до якого променевому потоку доводиться перемагати більшу масу повітря, ніж на шляху до зеніту. Дорожний покрив і ґрунт міста інтенсивно прогріваються сонячними променями і випромінюють велику кількість радіації, ступінь якої визначається висотою будинків і шириною забудови.

Дерева, що ростуть уздовж міських вулиць, і зелені трав'яні смуги значно знижують опромінення пішоходів. Ось чому зелені насадження міста є важливим засобом боротьби з надмірною дією випромінення. На ступінь інтенсивності радіації впливає також забруднення атмосферного повітря.

Сумарна радіація Сонця з кожної точки неба надходить на поверхню Землі у вигляді прямої і розсіяної. Максимум сонячної радіації протягом доби спостерігається о 12-й годині дня, коли Сонце максимально наближується до зеніту. Максимальне напруження радіації в південних широтах спостерігається в березні-квітні, а в північних широтах — у квітні-травні. Другий, найменш виражений, максимум спостерігається в серпні-вересні. Мінімальне полудневе значення спостерігається в грудні, а також у - липні-серпні.

Такий розподіл радіації зумовлений висотою Сонця і прозорістю атмосфери. При безхмарному небі максимум радіації припадає на короткі УФ-промені, для похмурого неба максимум радіації зміщується в більш довгохвильову частину спектра. У річному ході максимум розсіяної радіації спостерігається в червні-липні, мінімум — у грудні, і це в основному визначається висотою Сонця.

Найхарактернішим проявом дії УФ-променів є фотохімічні реакції. Ці промені відрізняються також високою властивістю поглинатися більшістю тіл, включаючи повітря.

**Біологічна дія УФ-променів** багатогранна. У разі дії їх на шкіру виникає характерна реакція у вигляді **еритеми**. Однак ця дія УФ-радіації здійснюється рефлекторним шляхом і тому проявляється не тільки на шкірі, але й на всьому організмі. В організмі виникають первинні фотоелектричні і наступні складні фотохімічні процеси, внаслідок яких і проявляється на шкірі еритема. Доведено відмінність у перебігу шкірної еритемної реакції, що виникає під дією короткохвильових і довгохвильових УФ-променів. Наприклад, довгохвильова УФ-радіація спричиняє підвищення температури шкіри і підвищення кровопостачання її опроміненої ділянки за рахунок розширення судин, а дія короткохвильової УФ-радіації призводить до зниження температури шкіри та її почервоніння.

Засмаглий ефект для окремих довжин хвиль також різноманітний: за довжини хвилі 300 нм відносна одиниця дорівнює 1,7, а за довжини хвилі 370 нм — 0,17, тобто приблизно в 10 разів менше. В основі цієї реакції лежить рефлекторний акт, в якому безпосередньо бере участь ЦНС. Еритема має, як правило, різкі межі і розвивається тільки в місці дії радіації. Характерним є також те, що еритема утворюється тільки після латентного періоду і переходить у загар. На місці еритеми набухають клітини епідермісу, з'являється інфільтрат, згодом настає ороговіння, товщина епітелію збільшується і процес закінчується пігментацією опроміненої ділянки шкіри, тобто загаром. Пігмент меланін, що надає шкірі людини певного кольору, розміщений головним чином у клітинах базального шару епідермісу і утворюється внаслідок дії окислювального ферменту з безбарвних пропігментів — меланогенів. Процес утворення пігменту змінює оптичні властивості шкіри, і це призводить до збільшеного поглинання нею сонячних променів. Чутливість шкіри навесні підвищена порівняно з осіннім періодом. Оптичні властивості шкіри можуть різко змінюватися залежно від ступеня вологості шкіри. Альbedo

загальної радіації від сухої шкіри менше. Чутливість шкіри до УФ-променів підвищується зі збільшенням висоти. Пігментована шкіра значно швидше звикає і значно раніше втрачає чутливість до УФ-променів, ніж непігментована.

УФ-промені виявляють ще більший вплив на очі, зокрема вони пошкоджують переважно передню частину ока, в першу чергу рогівку і кон'юнктиву. Найчастішим ураженням є фотоофтальмія. Вона проявляється після латентного періоду болем в очних яблуках, зниженням гостроти зору, фотопсією, гіперемією і набряком кон'юнктиви, повік і очного яблука, блефароспазмом, слъзотечею, світлобоязню, звуженням зіниць. Хворобу супроводжують загальні симптоми — головний біль, розбитість, безсоння, прискорення пульсу, загальний неспокій (снігова сліпота).

Фотохімічні реакції, що виникають під впливом УФ-променів, сприяють утворенню вітаміну D із провітаміну 7-дегідрохолестерину. Таким чином реалізується антирахітичний ефект УФ-променів. Давно відома також бактерицидна дія УФ-променів, що широко використовується на практиці, зокрема для санації і дезінфекції різних об'єктів навколишнього середовища — повітря, води, харчових продуктів, хірургічних інструментів тощо.

УФ-радіація знезаражує воду від черевнотифозної, кишкової, синьогнійної паличок і холерного вібріона та інших мікроорганізмів. Ця властивість радіації відіграє велику роль у самоочищенні рік і морів. Механізм цієї дії полягає в тому, що в тілі бактерій відбуваються фотохімічні процеси, які ведуть до колоїдно-хімічних змін і знищення бактерій. Крім того, ці промені також змінюють газовий склад атмосфери, а в навколишніх предметах дають фотоелектричний ефект. УФ-промені поглинаються атомарним киснем, азотом і воднем, а нижче — молекулярним киснем. Це призводить до фотодисоціації молекул кисню. Атом



кисню, що звільняється, утворює з молекулою кисню озон —  $O_3$ . Шар озону також поглинає УФ-промені. УФ-промені поглинаються киснем і оксидами азоту. Вони є іонізаторами повітря.

Дія УФ-променів полягає не тільки в стерилізації навколишнього середовища, але й проявляється у підвищенні імунобіологічних властивостей організму людини. Бактерицидна дія УФ-променів на рани, їх здатність швидко виділяти гній, стимулювати кератопластичні функції організму і заспокоювати біль сприяє також прискоренню загоєння ран.

УФ-промені здатні стимулювати фізіологічні функції організму і сприятливо впливати на обмін речовин.

Однак відомі захворювання, що спричиняються УФ-променями. Негативна їх дія проявляється у разі виникнення еритеми з набряком шкіри, супроводжується поганим самопочуттям, неспокійним сном, головним болем і підвищенням температури тіла. Іноді виникає різко виражений дерматит із почервонінням і набряком, з утворенням пухирів. У разі, коли шкіра сенсibiliзована, її чутливість до УФ-променів значно підвищується. Це трапляється, наприклад, у хворих із свинцевою інтоксикацією, у хворих на кір. Визначено також бластомогенну дію УФ-променів з довжиною хвиль 303—280 нм.

Запобігти надлишковому опроміненню можна шляхом виконання гігієнічних рекомендацій під час прийому сонячних ванн або під час виконання фізичного навантаження в умовах відкритої атмосфери.

Сонячне голодування, спричинене недостатнім опроміненням організму людини УФ-радіацією, котра зустрічається в наших широтах особливо взимку, може стати причиною зниження адаптаційних можливостей організму до інфекційних і токсичних агентів, порушення обміну речовин, росту захворюваності.

Гігієнічні заходи в галузі профілактики УФ-голодування передбачають правильне планування населених пунктів, охорону

атмосферного повітря від забруднень, застосування увіолевого зашклення вікон та рекомендації щодо тривалішого перебування людей на відкритому повітрі.

Для цієї мети існують спеціальні фотарії, в яких за допомогою ртутно-кварцових ламп або еритемних люмінесцентних ламп проводяться опромінення різних контингентів людей.

УФ-радіація у складі сонячної радіації вимірюється за допомогою біодози, тобто одиниці, що являє собою найменшу дозу УФ-опромінення, котре викликає на шкірі ледве помітне почервоніння після 8—20 год опромінення. У відповідних приладах біодоза визначається в мікроватах і дорівнює 600—800 мкВт/см<sup>2</sup>. Мінімальна добова профілактична доза для людини, яка не допускає розвитку рахіту, дорівнює 1/8 біодози, або 75—100 мкВт/см<sup>2</sup>, а оптимальною слід вважати 1/4—1/2 біодози, тобто 200—400 мкВт/см<sup>2</sup>.

Видима ділянка спектра утворена видимими променями і знаходиться в проміжному положенні між УФ- і інфрачервоними променями. Діапазон цих хвиль складає 400—760 нм. Видиме проміння характеризується специфічною дією на орган зору. Доведено також дію світла на і шкірні покриви. Видима частина радіації Сонця підвищує рівень життєдіяльності організму, оскільки зміни освітлення мають умовнорефлекторне значення для виявлення добових і сезонних біологічних ритмів. Під впливом видимої радіації бактеріофаг дизентерійних бацил втрачає свою активність.

Інфрачервона сонячна радіація ділиться на короткохвильову (760—1400 нм) і довгохвильову (1500—25 000 нм).

Біологічна дія інфрачервоної радіації полягає в основному в тепловому ефекті. Довгохвильові інфрачервоні промені поглинаються шаром шкіри, а короткі проникають глибше. Непігментована шкіра поглинає 38% інфрачервоних променів, а пігментована — 58%. Поглинаю-

чись тканинами організму, інфрачервоні промені спричиняють підвищення температури опроміненої ділянки шкіри і утворення теплової еритеми. Водночас вони спричиняють загальну реакцію організму, що проявляється зміною температури тіла, кров'яного тиску, прискоренням пульсу, зміною обміну речовин, видільної функції нирок. Спостерігаються також зміни з боку серцево-судинної і дихальної систем, зміни в органі зору, внаслідок чого можуть бути явища сонячного удару.

**Сонячний удар** виникає за рахунок місцевого опромінення голови і потилиці. Кістки черепа пропускають довгохвильові промені, і температура між черепною коробкою і мозком може підвищитись до 41 °С. При цьому з'являється еритематозне запалення мозкових оболонок і виражена дія на мозкові центри, що призводить спочатку до головного болю і запаморочення, а згодом до непритомності, судом, порушення серцево-судинної і дихальної систем. У тяжких випадках може настати смерть.

Природно, що дія сонячної радіації завжди супроводжується комплексом метеорологічних умов, які змінюються і визначають загальний тепловий стан організму. Крім того, необхідно також враховувати значну індивідуальну сприйнятливність до сонячного опромінення.

Таким чином, сонячні промені є великим джерелом енергії і тому вони знайшли широке застосування в геліотерапії і санітарно-гігієнічних заходах.

### **Температура повітря**

Температура атмосфери залежить від температури поверхні Землі, що нагрівається сонячними променями. Нижній шар повітря завжди нагрівається більше, ніж вищі шари. Максимальні температури повітря на висоті двох метрів спостерігаються близько 15-ї години, а мінімальні — перед сходом Сонця, тобто добове коливання температури повітря відповідає температурі поверхневого шару ґрунту. Коливання температури

протягом доби і року різні і залежать від географічної широти місцевості, інтенсивності сонячної радіації, тривалості дня і прозорості атмосфери. Температура, як і інші чинники навколишнього середовища, впливає на процеси теплоутворення і тепловіддачі в організмі. Зниження температури навколишнього середовища сприяє зростанню тепловтрати тіла за рахунок конвекції і проведення, а зниження температури навколишніх предметів призводить до додаткового збільшення тепловтрати за рахунок випромінення. Підвищення температури призводить до зниження тепловіддачі шляхом проведення і випромінення і до збільшення її шляхом випаровування. Усі ці процеси регулюються ЦНС.

Сприятлива дія підвищених температур широко використовується як **термотерапія**. Дія теплових процедур і показання до їх застосування відомі в бальнеотерапії, водолікуванні, у прийманні сухоповітряних ванн тощо.

Водночас дія підвищеної температури навколишнього середовища і, таким чином, надлишкове надходження тепла в організм спричиняють низку несприятливих зрушень у ньому і врешті можуть призвести навіть до **теплового удару**.

Причиною нагрівання організму може бути порушення процесів терморегуляції під впливом надлишкового надходження тепла з навколишнього середовища. Це зустрічається в умовах праці в гарячих цехах, на будівельних об'єктах, в умовах субтропічного і тропічного поясів, особливо при фізичному навантаженні тощо. Якщо за середньої температури людина протягом дня втрачає близько 800 мл поту, то в жарких країнах, де температура повітря становить 37 °С і вище, людина втрачає протягом дня до 5 л поту. За високої температури повітря у поєднанні з фізичною працею потовиділення може досягати 10—12 л за добу. Ступінь перегрівання залежить від багатьох причин і від індивідуальних особливостей організму. Важче переносять перегрівання особи, котрі

хворіють на серцево-судинні, ендокринні захворювання, судинно-вегетативні дистонії тощо. Діти віком до 1 року також важче переносять перегрівання. Перегрівання організму, що призводить до посиленого потовиділення, втрати води і солей, у свою чергу призводить до згущення крові, збільшення її в'язкості, погіршення кровообігу і кисневого голодування.

Водна недостатність настає після втрати 5—6% вихідної маси тіла. Втрата понад 10% води призводить до небезпечних для життя симптомів так званої пустельної хвороби. Зниження маси тіла на 3—4% порівняно з вихідною може відбуватися в літній період року при швидкому переміщенні людини з району, де помірний або холодний клімат, у жаркий. Початок патологічного процесу при тепловому ударі, як правило, гострий, і неврологічні симптоми можуть нагадувати картину інсульту. Іноді може спостерігатися навіть раптова смерть. Найбільш виражені при цьому неврологічні симптоми, що проявляються у зміні свідомості від легких ступенів до коми. Спостерігаються корчі клонічного або тонічного характеру, часто збудження, галюцинації, марення. Пульс у такому разі 120—140 за 1 хв, ниткоподібний, тони серця глухі, виявляється дифузне ураження міокарда, дихання поверхневе, неправильне, гіперемія обличчя змінюється блідістю і ціанозом, кількість сечі зменшується. Температура тіла підвищується до 41—42 °С. Згущення крові супроводжується наростанням у ній залишкового азоту, сечовини і зменшенням хлоридів. Як ускладнення спостерігаються епілептичні напади, гідроцефалія, парези і різноманітні психічні порушення.

Велике значення в запобіганні тепловому удару мають профілактичні заходи. Насамперед це — численні заходи, спрямовані на оздоровлення умов праці в гарячих цехах, що включає використання легкого, пористого і вільного одягу, дотримання правил питного режиму, зміни режиму харчування, відповідне тренування.

Переохолодження організму, викликане дією низької температури навколишнього середовища, призводить до порушення його функцій, а відтак — до патологічного стану. Зниження температури повітря навколишнього середовища зумовлює зростання тепловтрати тілом за рахунок конвекції і проведення, а зниження температури предметів, що оточують людину, призводить до зниження тепловіддачі шляхом випаровування. Усі ці процеси регулюються ЦНС.

Локальне переохолодження спричиняє відмороження з усіма його наслідками, а загальне — гіпотермію з небезпечними для життя порушеннями функцій організму, які можуть призвести до смерті.

Зниження температури тіла людини до 25 °С майже незворотне. Наприклад, при гострій формі охолодження організму смерть може настати протягом однієї години перебування людини у воді температури 0—10 °С. При підгострій і повільній формах смерть настає протягом приблизно чотирьох годин дії холоду.

Холод є сильним подразником, що порушує тепловий баланс організму. Внаслідок його дії настає спочатку фаза компенсації, коли терморегуляторні реакції носять захисний характер, а потім фаза декомпенсації з розвитком явищ гіпотермії. На тлі зниження інтенсивності обміну речовин і дискоординації функцій органів і систем настає гальмування діяльності кори головного мозку і його відділів, що призводить до швидкої сонливості. Пульс стає рідшим, периферичні судини розширюються, зменшується хвилинний об'єм крові (ХОК) і підвищується тиск у системі ворітної вени. Дихання стає рідким і поверхневим, зменшується споживання кисню тканинами, гіперглікемія змінюється гіпоглікемією, пригнічується діурез, виникає метаболічний ацидоз. Смерть настає при переохолодженні організму внаслідок зупинки дихання, фібриляції шлуночків серця, асистолії і колапсу.

Поступове переохолодження може супроводжуватися гіпоглікемією, що є показником виснаження вуглеводних запасів організму.

Охолодження організму супроводжується різким зниженням імунологічної реактивності організму.

Санітарно-гігієнічні заходи, спрямовані на запобігання охолодженню, полягають у правильній організації праці, побуту, харчування, відповідного тренування організму.

**Вологість повітря** характеризує вміст водяної пари у повітрі. Вологість повітря характеризується такими величинами, як абсолютна вологість, що являє собою вагу водяної пари на одиницю об'єму, як відносна вологість, що виражає відношення у відсотках фактичного вмісту водяної пари у повітрі до максимально можливого її вмісту за даної температури; як максимальна вологість, що характеризується кількістю водяної пари, яка міститься у повітрі в стані насичення. Дефіцитом насичення повітря називають різницю між пружністю водяної пари, що насичує повітря за даної температури, і фактичною пружністю. Точка роси являє собою температуру, за якої дана абсолютна вологість стає максимальною.

Повітря з відносною вологістю до 55% прийнято вважати сухим, у межах 56—70% — помірно сухим, 71—85% — помірно вологим і вище ніж 85% — дуже вологим.

Кількість водяної пари у повітрі коливається залежно від температури та інших фізико-хімічних властивостей.

На значній висоті абсолютна вологість падає, у тропосфері вона падає від екватора до полюсів. У разі перенасичення повітря водяною парою відбувається її конденсація з утворенням туманів, роси, інію, хмар, дощу, граду і снігу, тобто гідрометеорів. Найбільша кількість атмосферних опадів спостерігається в тропічній зоні.

Вплив вологості на організм людини проявляється у впливі на його тепловий обмін і здійснюється шляхом зміни тепловіддачі за рахунок випаровування води через шкіру і легені. Збільшення вологості утруднює тепловіддачу шляхом випаровування і цим пояснюється погане самопочуття людини під час перебування в теплій і вологій атмосфері. Холодне і вологе повітря збільшує віддачу тепла. Сухе повітря викликає сухість слизових оболонок і їх тріщини.

### **Рух повітря**

Загальна циркуляція повітряних течій охоплює всю атмосферу, здійснюючи таким чином обмін теплом, вологою і домішками, що є в повітрі. Необхідно відзначити особливе значення вітру в переміщенні шкідливих домішок. Ось чому відповідний режим вітру в кожному конкретному районі суттєво впливає на стан здоров'я населення. У різних точках різних регіонів спостерігається закономірна повторюваність напрямів вітру і це також необхідно враховувати при виборі ділянки під будівництво, визначенні провітрюваності кварталів тощо.

Загальна циркуляція повітряних течій відбувається за рахунок неоднакового надходження сонячної енергії на поверхню материків і океанів. Різниця температури поверхні земної кулі зумовлює різноманітне нагрівання атмосфери, що лежить над нею, і це призводить до утворення повітряних течій, рух яких ускладнюється силою обертання планети і силою тертя. Поверхні однакового тиску, що поділяють шари атмосфери, опускаються в напрямку від тепла до холоду. Узимку найбільша швидкість вітру спостерігається у тропосфері в помірних і полярних широтах. Улітку вітер там слабший. У субтропічних зонах різниця між швидкостями вітру менш помітна, хоча тут спостерігаються тропічні урагани. Незважаючи на мінливість повітряних потоків, можна виявити певні їх закономірності в різних районах Землі. Оскільки на екваторі температура повітря протягом року значно вища, ніж в інших широтах, нагріте повітря постійно



піднімається на екваторі вгору і прямує до полюсів. Ці вітри називаються антипасатами. Холодніші маси повітря, що з півночі прямують до екватора, називаються пасатами.

Пасати не є єдиним загальним потоком, що огортає земну кулю. Серед інших повітряних течій є мусони, які виникають на берегах морів і океанів унаслідок постійної різниці температур на материках і океанах. Двічі на рік ці вітри рухаються в протилежному напрямку, утворюючи зимовий і літній мусони. Улітку вони дмуть із моря на сушу, а взимку із суші на море.

Велика кількість повітряних течій меншого масштабу належить до місцевих вітрів. Наприклад, бризи, які дмуть на берегах морів і великих озер. Руйнівну дію справляють тайфуни, урагани, смерчі.

Особливої уваги заслуговують місцеві і дуже потужні повітряні течії, що називаються циклонами і антициклонами. Вони виникають унаслідок інтенсивного місцевого нагрівання або охолодження суші і приносять то ясну суху погоду, то дощі. **Циклони** утворюються навколо місцевості низького тиску і спрямовані до центру цього низького тиску під кутом, через що навколо цієї місцевості утворюється система колових вітрів з обертанням проти годинникової стрілки. Ці вітри переміщуються зі швидкістю 30—40 км/год. **Антициклонами** називаються вітри з протилежним напрямком руху, тобто за годинниковою стрілкою. Антициклони виникають тоді, коли лінія фронту прогинається в бік теплого повітря. Барометричний тиск у його центрі підвищується, і повітря розтікається від центру до країв. На місце повітря, що розтікається, опускається повітря зверху і нагрівається.

Зміна циклонів і антициклонів призводить до зміни погоди. Характерними для циклонів є посилення вітру, який стає рвучким, похмуре, хмарне небо і часто дощ або сніг. За наявності антициклону

спостерігаються протилежні явища, тобто виникає суха, малохмарна погода, слабкий вітер, часто буває штиль.

Вітер впливає не тільки на формування погоди і перемішування газів. Він має велике значення і для повітряного обміну приміщень як один із сильних чинників їх природної вентиляції.

Біологічне значення руху повітря полягає в тому, що він впливає на терморегуляторні процеси. Зниження температури шкіри відбувається вже при невідчутних повітряних течіях. Вітер є не тільки чинником, який сприяє охолодженню організму за рахунок віддачі тепла, але й чинником, який може подразнювати шкірний рецепторний апарат і викликати рефлекторні реакції з боку терморегуляторного апарату. Підвищення швидкості руху повітря до 0,25 м/сек викликає збільшення втрати тепла на 30% порівняно з тепловіддачею при швидкості 0,1 м/сек. Це особливо потрібно враховувати в гарячих мікрокліматичних умовах, де провітрювання є важливим заходом у боротьбі з перегріванням.

### **Тиск повітря**

Повітряна оболонка, що оточує Землю, натискає своєю масою на її поверхню. Тиск, що дорівнює висоті ртутного стовпчика в 760 мм при 0 °С на широті 45° над рівнем моря, вважається нормальним.

Тиск повітря змінюється залежно від висоти шару повітря, густини і прискорення сили тяжіння, котра у свою чергу змінюється зі зміною географічної широти і висоти над рівнем моря. Тиск над материками підвищується взимку і знижується влітку. Коли легкі теплові повітряні маси поступають місцем холодному важкому повітрю, тиск росте. Узагалі, коливання атмосферного тиску на поверхні Землі протягом доби є малими і не перевищують 0,5—1 мм, а протягом року — 20—30 мм рт.ст. Добовий рух тиску має два максимуми — о 10-й годині ранку і о 10-й годині вечора і два мінімуми — о 4-й годині ранку і о 4-й годині дня. Річний рух тиску різноманітний. Його амплітуда в середніх широтах

більша, ніж в екваторіальних. Над материками річний рух виражений чіткіше, ніж над океаном.

Вплив атмосферного тиску на організм найчастіше проявляється в умовах гірського клімату або під час висотних польотів. При цьому знижений тиск діє не як механічний чинник, а через падіння парціального тиску кисню, що зменшується пропорційно падінню атмосферного тиску.

В організмі людини, в його альвеолярному повітрі, з підйомом на висоту парціальний тиск кисню падає ще швидше. Це викликає кисневе голодування, тобто гіпоксію. Ось чому люди не можуть поселятися вище ніж 5200 м, як це спостерігається в Перу, де лише аборигени можуть пристосуватись до таких умов. В Індії зустрічаються поселення на висоті 4000 м, а в Кордильєрах (США) — на висоті 4700 м. Пілоти на висоті 4000—5000 м надягають кисневі прилади.

Гірська хвороба на відміну від висотної розвивається в умовах високогір'я відносно поступово, і її симптоми проявляються через певний проміжок часу після піднімання.

Розрізняють гостру, підгостру і хронічну форми гірської хвороби. Гостра і підгостра форми розвиваються під час піднімання в гору, а хронічна частіше розвивається в аборигенів гір.

Виникнення і перебіг гірської хвороби залежать не тільки від висоти, але й від кліматогеографічних особливостей місцевості, пори року, тренування людей, віку тощо. Клінічна картина гірської хвороби характеризується скаргами на задишку, серцебиття, слабкість, втому, сонливість, головний біль, зниження апетиту, метеоризм, нудоту, іноді блювання, з'являються носові кровотечі. Спостерігаються лабільність настрою, неспокійний сон, посилені дихання і пульс, шкірні покриви і слизові оболонки стають ціанотичними. На висоті 5000 м може бути непритомність. Розрізняють легкий, середній і тяжкий ступені прояву всіх типів гірської хвороби.

Необхідно зазначити, що як варіант перебігу гострої форми гірської хвороби тяжкого ступеня виділяють високогірний гострий набряк легенів. Його виникненню сприяє фізичне навантаження і переохолодження. Характерними ознаками високогірного набряку легенів є різка задишка, що називається диханням загнаної собаки, яка із самого початку супроводжується саднінням у горлі і кашлем із загруднинним болем. Згодом з'являється пінисто-кров'янисте мокротиння. Спостерігається ціаноз, блідість, холодний піт, серцебиття, нудота, м'язовий біль, спрага і сенсорні розлади. Симптоми гострого набряку легенів наростають дуже швидко.

Патологічний стан, що пов'язаний зі швидким підйомом на висоту (авіація), розглядається як особлива форма патології, що називається «висотною хворобою» і характеризується своєрідною клінічною картиною. Виділяють дві основні форми висотної хвороби — колаптоїдну і непритомну. Перебіг висотної хвороби гострий, спостерігається важкий патологічний стан, що проявляється непритомністю. Хвороба розвивається дуже швидко і майже безпосередньо після підйому на висоту. Іноді вона розвивається протягом хвилин або навіть секунд. При цьому людина втрачає критичне ставлення до оточення без скарг на погіршення самопочуття, що визначає особливу небезпеку висотної хвороби.

Профілактика цих патологічних станів полягає в медичному відборі осіб для праці в таких умовах, використанні кисневого обладнання, відповідного одягу і харчування, а для підвищення стійкості організму необхідно тренуватися в умовах барокамери і високогір'я.

Вплив підвищеного тиску в комплексі з іншими чинниками навколишнього середовища спостерігається в практичній діяльності людини при кесонних і різноманітних водолазних роботах.

**Електричний стан атмосфери** знаходить своє віддзеркалення у вигляді електричних явищ, до яких належать **блискавки, іонізація**

**повітря, наявність електричних полів і потоків** тощо. До антропогенних джерел електромагнітних полів діапазону радіочастот належать радіостанції, телевізійні центри, радіолокатори, високовольтні лінії електропередач.

Для попередження несприятливого впливу на ЦНС людини антропогенних джерел електромагнітних полів висота підвішування високовольтних ліній електропередач має бути такою, аби людина не підлягала тривалій дії поля напругою понад 0,5 кВ/м.

**Аероіонізація повітря** відбувається внаслідок радіоактивного випромінення Землі під впливом космічних променів, УФ і корпускулярного випромінення Сонця, внаслідок тихих розрядів біля крон високих дерев і на вершинах гір. Розбризування води біля гірських річок, водоспадів, на узбережжі морів і океанів призводить до виникнення гідроаероіонізації. Краплини води отримують позитивний заряд, а молекули повітря — негативний. Це явище називається **«балоелектричним ефектом»**.

Сутність явища аероіонізації полягає в тому, що при дії на атом або молекулу достатньої кількості енергії один із зовнішніх електронів відщеплюється від атома, внаслідок чого відбувається позитивне зарядження атома, а електрон, що відщепився, приєднується до нейтрального атома і передає йому негативний заряд. Одночасно відбувається процес рекомбінації іонів.

Таким чином, в атмосфері зустрічаються вільні електрони, іони, до складу яких входять окремі молекули, іони, до складу яких входить комплекс молекул, і великі заряджені частинки у вигляді ядер конденсації, частин порошу, диму, краплин туману тощо. Електрони та іони дуже швидко осаджуються на нейтральних молекулах, унаслідок чого утворюються позитивні і негативні молекули, що несуть на собі елементарний заряд. Молекулярні іони, згруповані з нейтральними

молекулами, утворюють стійкий комплекс молекул, які називаються малими, або легкими, іонами. Іони, які осаджуються на твердих і рідких частинках, утворюють великі, або важкі, іони. Існують і середні іони. Між процесами іоноутворення та іонознищення встановлюється іонізаційна рівновага.

На добовий і річний хід коливань аероіонів впливають усі метеорологічні чинники. За нормальних умов в  $1 \text{ см}^3$  повітря міститься близько 450 пар легких іонів, проте ця цифра значно коливається в різних географічних умовах. На деяких курортах знаходять 3000 легких іонів в 1 мл повітря, а в промислових центрах із забрудненим повітрям їх кількість знижується до 100, причому переважають важкі іони. За добу максимальна іонізація спостерігається в передсвітанкові години, а мінімальна — в ранкові і вечірні. Число іонів зростає також у літні та осінні місяці і зменшується в зимові. У високогірних місцевостях їх також значно більше.

Кількість важких іонів залежить від запиленості атмосфери і тому в населених пунктах число їх дуже велике, а над морем, у чистому повітрі полів і лісів їх значно менше. Ось чому біологічним показником прийнято вважати коефіцієнт уніполярності, який дозволяє зрівнювати кількість позитивних іонів з кількістю негативних іонів у повітрі, які більш сприятливо діють на організм людини. Аероіонізація, таким чином, відіграє важливу роль у характеристиці кліматофізичних і гігієнічних особливостей місцевості, житлових, навчальних та інших приміщень.

Біологічне і, головним чином, кліматофізіологічне значення аероіонізації полягає в тому, що позитивний вплив деяких курортів пояснюється саме підвищеною аероіонізацією і особливо наявністю у повітрі аероіонів негативної полярності.

Доведено, що у повітрі закритих приміщень відбуваються значні негативні зміни в іонізаційному стані порівняно з атмосферним повітрям,

що пояснюється зміною метеорологічних умов, скупченням людей та забрудненням повітря.

Відомо, що іони, контактуючи зі шкірою, віддають їй свій заряд. Таке саме явище відбувається в легенях. Отже, іонізоване повітря справляє вплив на електричні заряди клітинних елементів. Іони різного знаку по-різному впливають на організм людини. Прийнято вважати, що позитивний стимулювальний вплив на функції організму справляють легкі негативно заряджені аероіони. Зокрема, встановлено, що аероіони негативної полярності сприятливо впливають на діяльність ЦНС, серцево-судинної, дихальної систем, на обмінні процеси, а також дають десенсибілізуючий ефект. Негативні аероіони прискорюють епітелізацію при загоюванні ран.

Вважається, що діючим чинником аероіонів негативно заряду є негативно заряджений кисень, а позитивного — позитивно заряджений діоксид вуглецю.

Гуморальний механізм дії аероіонів передбачає проникнення аероіонів у кров через альвеолярний епітелій. Нервово-рефлекторний механізм пояснює дію іонізованого повітря на функціональний стан центрів організму і різних органів. Вважається, що посилення метаболізму серотоніну можна розглядати як один із важливих механізмів зміни нейрогуморальної регуляції під впливом негативно заряджених аероіонів.

Аероіонізація використовується як один із методів у фізіотерапії. Широко використовують природну аероіонотерапію, що досягається тривалим перебуванням у місцевостях із чистим, збагаченим аероіонами повітрям. Штучна аероіонізація передбачає використання спеціальних приладів, генераторів аероіонів — аероіонізаторів.

Аероіонотерапію використовують при гіпертонічній хворобі, бронхіальній астмі, атрофічному рахіті, неврастенії, радикуліті і багатьох інших захворюваннях.

До фізичних властивостей повітряного середовища належить також природна радіоактивність.

## КОМПЛЕКСНА ДІЯ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ОРГАНІЗМ

У процесі життєдіяльності людини у неї виробилась здатність постійно утримувати температуру тіла на певному рівні. В умовах комфортного мікроклімату, тобто при оптимальних поєднаннях дії фізичних чинників повітряного середовища на організм, фізіологічні механізми терморегуляції не напружені і в людини є добре теплове самопочуття. В умовах дискомфортного мікроклімату може настати перегрівання або переохолодження.

Найбільш вивченим є спільний і одночасний вплив на людину температури повітря, його вологості і руху. В умовах сухого повітря його підвищений рух полегшує випаровування вологи з поверхні шкіри і легенів. За підвищених температури і вологості різко погіршуються умови для втрати тепла організмом. Вологе і тепле повітря характеризується ще й поганою теплопровідністю. Віддачу тепла в таких умовах утруднює відсутність руху повітря. За температури повітря 18 °C і вище в організмі людини починається виділення тепла. З підвищенням температури виділення водяних парів стає дедалі інтенсивнішим і випаровування вологи з поверхні шкіри відстає від виділення нею поту. Якщо повітря вологе, випаровування припиняється, піт не випаровується і це значно погіршує самопочуття. При незначному русі повітря за таких умов настає відчуття задишки.

Навіть за температури +20 °C і насичення повітря водяною парою фізична праця призводить до порушення терморегуляції.

Холодне і вологе повітря спричиняє посилену втрату тепла організмом. Інтенсивний рух повітря різко посилює охолодження.



В організмі людини потовиділення відбувається постійно, навіть за низьких температур повітря, однак його значення збільшується з підвищенням температури.

Для більшості людей приємне самопочуття відповідає 17,2—21,7 °С ефективної температури. Цей діапазон температур називається **зоною комфорту**, а температури в межах 18,1 — 18,9 °С визначають лінію комфорту. За межами зони комфорту знаходяться такі температури, що вказують на неприємне самопочуття, тобто визначають стан дискомфорту.

Згідно з гігієнічними нормативами мікроклімат житлових приміщень буде найбільш сприятливим, якщо температура повітря досягатиме 18—20 °С, вологість — 30—60%, швидкість руху повітря — 0,1—0,2 м/сек, а температура стін —  $\pm 2$  °С порівняно з нормованою температурою повітря. Досягти таких параметрів можна шляхом відповідного опалення приміщення, провітрювання та кондиціонування повітря. Дуже важливим є підбір одягу і взуття, загартовування, раціональний режим харчування, праці і відпочинку.

Усі метеорологічні явища входять до поняття погоди і клімату і здійснюють суттєвий вплив на організм людини.

### КЛІМАТ І ЙОГО ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я

Під поняттям «**клімат**» слід розуміти багаторічний режим погоди, притаманний даній місцевості, який визначається закономірною послідовністю метеорологічних процесів. Клімат є статистичним режимом атмосферних умов, характерним для кожного даного місця Землі в силу його географічного положення за достатньо тривалий, але обмежений проміжок часу, що охоплює період від декількох років до 10 і навіть до 30 років.

**Погодою** називається сукупність значень метеорологічних елементів у даній місцевості в даний момент часу. Отже, це стан атмосфери, який

безперервно змінюється. Кожний конкретний стан погоди являє собою частковий стан клімату.

Розрізняють 3 типи погоди: 1. Оптимальна, що сприятливо впливає на організм людини, з відносно однаковим ходом метеорологічних елементів. 2. Дратлива — з порушенням оптимального ходу метеорологічних елементів. 3. Гостра — з різкими змінами метеорологічних елементів.

Клімат є результатом метеорологічних процесів, що безперервно відбуваються в атмосфері, його риси залежать від кліматоутворювальних чинників, до яких належать радіаційний баланс Землі, циркуляція атмосфери, гідросфери і характер поверхні Землі.

Сучасний клімат є наслідком взаємодії великої кількості як земних, так і космічних чинників упродовж сотень мільйонів років. Головною його особливістю, внаслідок еволюції кліматичних умов, є створення чітких кліматичних поясів, у кожному з яких можна виділити 4 основні типи клімату: материковий, океанічний, що пояснюється різним впливом суші і морів, і клімат західного і східного узбережжя материків, які зумовлені атмосферною циркуляцією і морськими течіями.

Клімат екваторіального поясу в межах екваторіальної зони з пониженим атмосферним тиском формується під дією інтенсивної сонячної радіації в умовах ясної погоди і значного випаровування. Нагромадженню вологи сприяє перенесення її пасатами з тропічних районів океану. Випаровування в екваторіальному поясі на океанах і материках однакове і тому материковий тип екваторіального клімату подібний до океанічного. Середньомісячна температура материкового типу екваторіального клімату упродовж року коливається в межах +24 ... +28 °С. Річний мінімум нижчий ніж +20 °С, річна кількість опадів досягає 2000 мм, що зумовлює наявність багатой рослиності.

У районі океанів спостерігаються часті дощі і грозовиці. Улітку повітряні маси екваторіального поясу пересуваються в бік тропіків і тоді в

районі цих вітрів збільшується вологість повітря, йдуть дощі, зменшуються добові коливання температури. Узимку вітри дмуть у бік екватора, вологість на материках зменшується і опади практично припиняються.

Клімат помірних широт відрізняється значною циклонністю, вираженою протягом усього року. Для материкового клімату характерна холодна, сніжна зима і тепле літо, а для океанічного — тепліша, ніж на материках, зима і прохолодніше літо. Помірний клімат включає місцевості з ізотермою липня в межах  $+20$  і  $+10$  °С.

Клімат субполярних і полярних регіонів характерний тим, що влітку в районах материкового субарктичного клімату переважають вітри північного напрямку, а взимку — південного. Зима дуже холодна і літо — відносно тепле. Коливання температури тут найбільш виражене. Для океанічного клімату характерні невеликі річні коливання температури, м'яка зима і холодне літо. У полярних регіонах спостерігається сніговий покрив упродовж усього року. У центральних регіонах Арктики і Антарктиди переважає антициклонна погода. Материковий полярний клімат відрізняється дуже холодною зимою і холодним літом. Середньорічна температура нижча ніж  $0$  °С, переважає антициклонний сухий режим. Холодний пояс включає місцевості з липневою ізотермою між  $+10$  і  $0$  °С. Пояс вічного холоду має ізотерму липня нижчу ніж  $0$  °С.

Клімат України здебільшого помірний, переважно континентальний. Середня температура січня на північному сході коливається в межах від  $-7$  до  $-8$  °С, на Південному березі Криму —  $+2$  ...  $+4$  °С. Середня температура липня коливається в межах від  $+18$  до  $+19$  °С на північному заході і до  $+23$  ...  $+24$  °С — на південному сході. Опадів випадає від  $300$  мм на рік на південному сході, до  $1200$ — $1600$  мм — у Карпатах.

Еволюція клімату показує, що він може змінюватись. Спостерігались глобальні зміни клімату — загальне зниження температури, збільшення на

континенті кількості льоду і снігу, а відтак окремі потепління клімату тощо.

У зміні клімату певну роль відіграє людська діяльність. Перетворення, проведені людиною в різних регіонах Землі, призводять до змін як погодних умов, так і мікрокліматичних і кліматичних показників. У нас у країні побудовано сотні міст, гігантські водосховища, канали, посушливі регіони отримали штучне зрошення, інші території осушені, посаджено нові зелені лісні масиви. Антропогенний вплив на клімат, пов'язаний із розвитком основних галузей економіки, можна звести до впливу таких найважливіших чинників, як вуглекислий газ, порох, теплові відходи. Унаслідок згоряння палива в атмосферу щорічно надходить близько 5 млрд т вуглецю. Наслідком збільшення вуглекислого газу в атмосфері є потепління клімату, відсунення снігової лінії, нестабільність льодового покриву, танення льоду, що веде до підвищення рівня океану, порушення циркуляції атмосфери й океану. Тепловий ефект полягає в підвищенні температури в нижній тропосфері.

В оцінці кліматичних змін велике значення має аерозоль. Деякі його компоненти, такі, як сірка, можуть перетворюватися в  $SO_4$  і, з'єднуючись з вологою, утворювати дрібнодисперсний аерозоль, який складається з маленьких краплинок  $H_2O$ . Аерозоль у тропосфері може впливати на мікроструктуру хмарності і опадів, тобто і на зміну умов проходження радіації в атмосфері і клімату.

У верхній тропосфері збільшується кількість водяної пари за рахунок польотів літаків, що також впливає на клімат.

**Мікроклімат** являє собою сукупність метеорологічних умов на обмеженій території або в закритому приміщенні. У зв'язку із цим в деяких ландшафтних умовах можуть створюватися особливі мікрокліматичні умови.

Вплив чинників навколишнього середовища, що залежать від кліматичних умов, на самопочуття і здоров'я людини вивчає біокліматологія. **Кліматологія** є галуззю біометеорології і вивчає вплив фізичних чинників навколишнього середовища на людину з метою розробки методів їх оцінки в лікувальних і профілактичних заходах; спрямованих на попередження патологічних реакцій, її розвиток пов'язаний із дослідженнями в галузі кліматофізіології, кліматопатології та кліматотерапії. **Термокліматологія** вивчає тепловий баланс організму людини. Комплексна кліматологія виходить із положення, що на організм людини впливають усі погодні чинники. В основу кліматології покладено класифікацію погоди Федорова—Чубукова, в якій погода доби розподіляється на 16 класів, що мають велике кліматофізіологічне і кліматотерапевтичне значення.

Нині математичні розрахунки дозволяють виділити кліматичні умови, які є оптимальними для життя людини. Наприклад, верхню межу можливих для життя умов складає температура близько  $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нижню —  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . **Зоною кліматичного комфорту** вважається досить вузький інтервал температур у  $20\text{—}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , який дещо відрізняється в країнах із різним режимом вологості і вітру. Мінімум смертності від серцево-судинних захворювань у Північній півкулі припадає на літні місяці, а в Південній півкулі в цей час спостерігається максимум смертності. Доведено, що багато вірусів може розвиватися і розмножуватися лише за певних кліматичних умов, що у свою чергу впливає на поширеність найрізноманітніших вірусних захворювань.

Вплив клімату на організм людини пояснюється характером місцевих умов погоди. Тропічний клімат спричиняє явища перегріву, а полярний — переохолодження. Клімат жаркої зони сприяє посиленню процесів тепловіддачі і водно-сольового обміну. Підвищена інсоляція викликає підвищену пігментацію шкіри внаслідок компенсаторної реакції

організму. Морський клімат збагачує організм солями морської води. Його сприятливий вплив послаблює дію жаркої і холодної погоди. Клімат лісів і степів помірної зони сприяє адаптації до помірно холодної і помірно жаркої погоди, до різко виражених сезонних змін року. Клімат степів зумовлює підвищене виділення води шкірою і легеньми і зменшене — нирками. Клімат пустель діє збуджувально, а відтак викликає депресивні реакції. Гірський клімат сприяє посиленню функцій зовнішнього дихання, кровообігу і кровотворення, утилізації кисню тканинами. Дуже сприятливо впливає на організм лісний клімат.

За нинішніх умов опрацьовано спеціальні схеми, які віддзеркалюють основні шляхи впливу кліматичних чинників на організм.

Кліматичні умови і умови погоди тісно пов'язані в життєдіяльності людини з біологічними ритмами. Під **біологічними ритмами** слід розуміти періодичні коливання біологічних процесів у організмі. Наявність біоритмів дозволяє адекватно реагувати на реальні коливання природного середовища. Доведено, що сезонні зміни погоди викликають суттєві зміни обмінних процесів у організмі, зокрема сезонні зміни білкових фракцій крові, фагоцитарної активності нейтрофільних гранулоцитів, рівень еритроцитів і гемоглобіну, імунобіологічної активності тощо. Відхилення біоритмів від норми супроводжується слабкістю, швидкою втомлюваністю, функціональним порушенням діяльності серцево-судинної системи, нейрогенних реакцій, гормональної діяльності. Певні атмосферні умови мають безпосереднє відношення до ступеня концентрації уваги, працездатності і емоціональної рівноваги.

**Кліматопатологія** вивчає залежність патологічних явищ від зміни клімату і включає кліматопатологічні реакції, що виникають унаслідок різкої зміни клімату, і метеопатичні реакції, що виникають унаслідок аномальних змін погоди у звичному кліматі.

Кліматопатологічні реакції можуть бути найрізноманітнішими. Вони виникають переважно в процесі акліматизації. Метеопатичні ж реакції можуть сприяти виявленню прихованих патологічних процесів або загостренню хронічних захворювань. Ці реакції організму з'являються синхронно зі змінами погоди і виражаються в скаргах хворого у поєднанні з об'єктивними ознаками загострення захворювань. Період року і пов'язаний з ним сезонний біоритм набувають особливого значення в діагностиці метеозахворювань. Сезонні зміни погоди ведуть до загострення багатьох хронічних захворювань, зокрема, максимум загострень захворювань серцево-судинної системи припадає на осінньо-зимовий період, загострення виразкової хвороби шлунка і дванадцятипалої кишки зустрічається частіше весною і восени. Доведено, що умови погоди впливають на перебіг ішемічної хвороби серця, який ускладнюється за несприятливої погоди, на перебіг гіпертонічної хвороби. Дуже чутливими до погодних умов виявилися хворі на хронічні неспецифічні хвороби легень, на цукровий діабет та інші захворювання.

До метеотропних захворювань, що пов'язані з географічними чинниками, належить **тепловий і сонячний удар**. Тепловий удар частіше трапляється за температури повітря +30 ... +50 °С і відносній вологості понад 75%, особливо при виконанні фізичної праці.

УФ-радіація спричиняє виникнення фотоеритеми. Блондини щодо фотоеритеми чутливіші, ніж брюнети. Чоловіки менш чутливі, ніж жінки, а найчутливіші діти. Доза сонячної радіації, в 70 разів вища за еритемну, зумовлює бластомогенний ефект — рак шкіри. У переселенців до жарких країн рак шкіри зустрічається частіше, ніж у корінного населення. Це пов'язано зі слабкою пігментацією шкіри у переселенців. УФ-радіація несприятливо впливає також на орган зору, спричиняючи виникнення кератиту, кон'юнктивіту та інших патологічних станів.

Знижена температура повітря на великих висотах, інтенсивна сонячна радіація, велика швидкість вітру і значна сухість повітря сприяють виникненню гірської хвороби. Реакція організму на гірські умови визначається сукупною дією тиску, температури і вологості повітря. Холодна погода супроводжується посиленням симптомів артриту і астми.

Зміни вітрового режиму можуть спричинити патологічний стан, який називається анемопатією. Нерідко сильні вітри сприяють зміні настрою та виникненню інших психічних реакцій.

Доведено залежність коливань захворюваності від зміни сонячної радіації. Швидким змінам геомагнітного поля передують у деяких людей явища раптової різкої слабкості, апатії, пригнічення психіки.

Основними заходами профілактики несприятливих для здоров'я метеореакцій є: 1) підвищення адаптивних можливостей організму. Це досягається у разі відповідного загартовування організму, правильної організації праці, відповідного харчування; 2) щадний режим організму, зокрема, при потребі постільний режим, при перенесенні складних лікувальних процедур, зміні кліматичних умов тощо; 3) лікувальні заходи, що базуються на оперативній інформації про майбутню біотропну погоду. Перед погодними ситуаціями підвищеного ризику призначають відповідні медикаментозні засоби, які підвищують адаптативні можливості організму.

Слід підкреслити, що з гігієнічної точки зору таблиці структури клімату широко використовуються під час проектування міст і помешкань у різних кліматичних зонах, під час вирішення питань санітарно-курортного відбору, у разі кліматофізіологічної оцінки різних видів і одягу та взуття.

Зокрема, такі чинники, як, наприклад, зміни висоти Сонця, виявляють вплив на рішення відносно типу і кількості ізоляційного матеріалу, кута нахилу даху, необхідності і розмірів устаткування для кондиціонування повітря, а також можливості застосування відповідних



систем опалення. Від сонячної радіації залежить орієнтація будинків, використання сонцезахисних споруд, зелених насаджень тощо. Товсті стіни будинків мають велику теплову інерцію і можуть зменшити перепади температур. При проектуванні будинків велике значення мають статистичні дані про повторюваність вітрів різної сили і напрямку в тому місці, де буде розташований будинок, щоб прийняти правильне рішення щодо його конструкції та насаджування дерев, які б захищали від вітру.

**Акліматизація.** У процесі життєдіяльності людина виробила захисні механізми, які допомогли їй легше переносити усі зміни погоди і клімату. Адже все життя людини є, по суті, процесом постійного пристосування організму до умов навколишнього середовища, яке постійно змінюється. Організм людини відрізняється великою здатністю пристосовуватися до різних змін кліматичних умов. Акліматизація — це і є саме той складний соціально-біологічний процес активного пристосування до нових кліматичних умов. Це фізіологічне пристосування, що залежить від умов праці і побуту, від харчування та багатьох інших чинників. Різні зміни фізичних властивостей повітря, переміщення людей в інші кліматичні зони, характер праці і побуту викликають в організмі людини багато реакцій пристосування, що мають свої характерні риси. У формуванні цих реакцій відіграє роль інтенсивність діючих чинників, а також вік людини. Діти, підлітки і юнаки відрізняються високою реактивністю на дію незвичних кліматичних чинників, у той час як у людей літнього віку реактивність знижена, а у маленьких дітей ще слабо розвинені терморегуляторні пристосування. Різка зміна клімату в осіб, ослаблених захворюваннями, може спричинити низку патологічних реакцій. Такі самі реакції можуть з'явитися у метеочутливих осіб. Десинхронізація добового і сезонного ритму метеорологічних чинників ускладнює перебіг адаптаційних реакцій організму. Реакції акліматизації формуються з дитинства і мають спадкову основу.

Таким чином, **акліматизація** є надзвичайно складним процесом, зумовленим ходом еволюційного розвитку, що включає сукупність фізіологічних реакцій, спрямованих на пристосування до нових умов існування.

Необхідно враховувати, що вплив клімату може здійснюватись через воду, їжу та інші чинники навколишнього середовища. Акліматизація залежить від соціально-економічних, гігієнічних і психологічних чинників. Вона може бути пасивною, тобто відбувається природним шляхом, і активною, штучною, тобто організованою самою людиною. Специфічні риси пристосування характерні для того або іншого клімату.

Процес акліматизації має свої фази розвитку. Перша фаза називається початковою, або орієнтувальною, друга — фазою перебудови динамічного стереотипу. У цій фазі розрізняють перший варіант — зрівноваження на новому функціональному рівні і другий варіант — патофізіологічну реактивність. Третя фаза — це фаза стійкої акліматизації. Може спостерігатися несприятливий перебіг адаптативного процесу, і тоді виникають метеотропні реакції, настає дизадаптація.

Перша фаза носить назву фази орієнтації з появою орієнтативних рефлексів і переважанням загальної загальмованості ЦНС. Друга фаза називається ще фазою високої реактивності, або екзальтації, з переважанням процесів збудження ЦНС і можливістю виникнення патологічних станів. Третя фаза — фаза вирівнювання, оздоровлення, яка називається ще фазою нормалізації, або удосконалення адаптації, і яка характеризується зникненням багатьох функціональних порушень.

Акліматизацію необхідно відрізнити від реакції пристосування до штучних виробничих чинників навколишнього середовища, від патологічних явищ і від тренування.

Акліматизація до жаркого клімату має свої відмінні риси, що пов'язані зі специфікою кліматичних умов, а саме: надлишковою сонячною

радіацією, високою температурою повітря з різкими її коливаннями і високою вологістю.

В умовах жаркого клімату забезпечення необхідного збільшення віддачі тепла здійснюється шляхом збільшення кількості циркулюючої периферичної крові, що у свою чергу зумовлює зниження артеріального тиску і ослаблення пульсу. Розширення периферичних кровоносних судин сприяє поліпшенню випаровування вологи з поверхні шкіри. Якщо поверхню тіла огортає гаряче і вологе повітря, випаровування не поліпшується. За таких умов тепловіддача відбувається головним чином шляхом тепловипромінення. У жарких умовах спостерігаються зміни рівня гемоглобіну, зменшення кількості лейкоцитів, збільшення кількості лімфоцитів, спостерігаються зрушення в психоемоційній сфері, зниження нейроендокринної регуляторної функції, обміну речовин, особливо водно-сольового.

У процесі акліматизації, коли людина адаптується і всі функції організму вирівнюються, з'являється значна пігментація, що ослаблює надлишкову дію УФ-радіації.

З метою поліпшення процесу акліматизації з гігієнічної точки зору рекомендується комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію умов життя. До цих заходів належать у першу чергу архітектурно-планувальні, спрямовані на відповідне обладнання житла і умов праці, заходи, спрямовані на оптимізацію харчування, водозабезпечення, відпочинку, особистої гігієни та інших соціальних і гігієнічних умов.

Акліматизація в умовах помірного клімату здійснюється по відношенню до теплового і УФ-режиму місцевості, а також до режиму добової періодики.

Акліматизація до холодного клімату відрізняється специфікою пристосування до різко охолоджуючих чинників і до географічних особливостей місцевості, а також до зміни полярного дня довгою

полярною ніччю і тому характеризується переважанням гальмівних нервово-рефлекторних реакцій, ослабленням процесів терморегуляції, сповільненням шкірно-судинної реакції на охолодження. Інтенсивність обміну речовин і кровообігу також сповільнена. У процесі такої акліматизації розвиваються стійка гіпотензія і брадикардія. Посилено реагує парасимпатична нервова система збільшеним виділенням холінестерази. Можливі зрушення енергетичного обміну, зокрема, з переключенням вуглеводного типу на жировий. Не виключені також психоемоціональні реакції напруженості. Акліматизацію ускладнює УФ-голодування і авітамінози, а також порушення добової ритміки фізіологічних функцій.

Для полегшення акліматизації опрацьовані норми перебування і праці на відкритому повітрі в зимових умовах.

Відомі процеси акліматизації до умов гірського клімату. У аборигенів високогірних районів, як правило, не спостерігаються порушення в діяльності серцево-судинної системи, органів дихання і кровотворення. Вони різко виражені у мешканців рівнин при переїзді в гори, де основними чинниками, що діють на різні регуляторні системи організму, є знижений атмосферний тиск і пов'язаний із ним низький парціальний тиск кисню.

Таким чином, проблема акліматизації є однією з важливих проблем сучасної біології, перед якою відкриваються широкі перспективи подальшого вивчення та розвитку. Необхідно при цьому враховувати, що для людини поряд із фізіологічними механізмами акліматизації вирішальну роль відіграють санітарно-гігієнічні заходи і соціально-побутові умови.

## **ГІГІЄНА ВОДИ І ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ**

### **ГІГІЄНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВОДИ**

Вода є одним із найважливіших елементів навколишнього середовища, необхідним для життя людини, тварин і рослин. Вода бере участь в утворенні структурних елементів організму людини. Загальний вміст води в організмі людини складає близько 65% маси тіла .

Вода має велике значення як розчинник. Фізико-хімічні процеси в організмі відбуваються у водних розчинах, а тканини людини являють собою водно-колоїдні системи. Вода бере участь у процесах окислення, гідролізу та інших реакціях проміжного обміну, процесах травлення. Вона входить до складу секретів і екскретів організму, бере участь у транспортуванні елементів живлення і продуктів обміну в організмі. Випаровуючись із поверхні шкіри і органів дихання, вода бере участь у процесах терморегуляції. У помірних широтах добове споживання води для задоволення фізіологічних потреб організму дорослої людини складає 2 л на добу. Під час важкої фізичної праці, в умовах жаркого клімату і в гарячих цехах втрата води організмом за рахунок посиленого потовиділення може зрости до 5—12 л на добу. У цьому разі зростають втрати натрію хлориду, заліза та інших мікроелементів, вітамінів із потом.

Організм людини погано переносить зневоднення. Втрата 1 — 1,5 л води вже викликає необхідність відновлення водного балансу; сигналом цього є відчуття спраги, яке залежить від збудження «питного» центру, тобто тих відділів ЦНС, які беруть участь у регуляції поповнення водних ресурсів організму.

Якщо втрати води не поновлюються, внаслідок порушення фізіологічних процесів погіршується самопочуття, знижується працездатність, а в умовах високої температури повітря порушуються водно-сольовий обмін, терморегуляція і може настати перегрів організму.

Втрата води в кількості 15—20% маси тіла за температури повітря понад 30 °С є смертельною, а втрата в кількості 25% є смертельною і в умовах низької температури.

Добові потреби організму людини у воді покриваються за рахунок уведення рідин — питної води, чаю та інших напоїв, рідких страв, води, яка міститься в харчових продуктах (1—1,2 л), а також води, що утворюється в тканинах унаслідок окислення харчових речовин (0,3—0,4 л).

Велика кількість води витрачається на гігієнічні, господарсько-побутові і виробничі потреби. Вода необхідна для підтримування чистоти тіла і прання білизни, виготовлення їжі та миття посуду, прибирання житлових і громадських приміщень, поливання вулиць, площ, зелених насаджень тощо.

Вода є важливим чинником загартовування організму і фізичного тренування.

Отже, поліпшення культурних та гігієнічних умов життя міцно пов'язане зі збільшенням використання води на одну особу, яке в сучасних упорядкованих містах складає 150—500 л на добу і більше. Вода може виконати свою гігієнічну роль лише тоді, коли вона має необхідні якості. З гігієнічної точки зору, під **якістю води** розуміють сукупність

властивостей, що визначають її придатність для задоволення фізіологічних, гігієнічних і господарсько-побутових потреб людей.

Якість води визначається її фізичною структурою, органолептичними властивостями, хімічним складом і характером мікрофлори.

Органолептичні властивості води характеризуються комплексом таких показників, як прозорість, колір, смак, запах і температура. Зустрічаються води з поганими органолептичними властивостями: мутні, кольорові, з неприємним запахом і присмаком. Така вода неприємна на смак, гірше вгамовує спрагу.

Люди не вживають таку воду для пиття, навіть якщо вона безпечна для здоров'я, надаючи перевагу органолептично добрій воді з джерел, часто епідеміологічно небезпечних.

**Хімічний склад води.** Природні води різняться між собою за хімічним складом і ступенем мінералізації. Загальний вміст розчинних солей у більшості природних вод — у межах від декількох десятків до 1000 мг/л (прісні води), однак є багато районів, у яких вода для використання характеризується високим вмістом розчинних солей - до 3000—5000 мг/л.

Склад солей природних вод представлений переважно катіонами Са, Mg, Na, K, Fe і аніонами HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>.

У разі вживання високомінералізованих вод в організм надходить до 10—30 % (а за окремими компонентами сольового складу — ще більше) мінеральних солей від їх кількості в харчовому раціоні.

Вода, що містить понад 1000 мг/л мінеральних солей, може мати неприємний смак (солоний, гірко-солоний, в'яжучий), погіршувати секрецію і підвищувати моторну функцію шлунка і кишечника, негативно впливати на засвоєння харчових речовин і спричиняти диспепсичні явища. Вода, що містить багато солей кальцію і магнію, майже непридатна для господарсько-побутових потреб.

Із раніше перерахованих сполук, які входять до складу природних вод, виражені токсичні властивості мають нітрати (аніон  $\text{NO}_3$ ). Нітрати, як відомо, не належать до числа метгемоглобіноутворювачів, але у дітей грудного віку, надходячи до травного каналу з водою, вони внаслідок діяльності кишкової мікрофлори відновлюються в нітрити, які, всмоктуючись, утворюють метгемоглобін. Небезпека для життя настає тоді, коли вміст метгемоглобіну в крові перевищує 50%. Що менший вік дітей грудного віку, то важчий перебіг хвороби. Це пояснюють тим, що у маленьких дітей повністю або частково відсутня метгемоглобінова редуктаза в еритроцитах. Відновленню нітратів у травному каналі сприяє зниження кислотності шлункового соку, яка часто спостерігається у дітей грудного віку, особливо у хворих на диспепсію. Тому водно-нітратна метгемоглобінемія часто розвивається на тлі диспепсії і це значно утруднює діагностику.

У дітей старшого віку і дорослих відновлення нітратів і утворення метгемоглобіну відбувається лише в невеликих кількостях. Це істотно не впливає на стан здорових людей, проте в осіб, хворих на анемію або серцево-судинні захворювання, можуть посилитися явища гіпоксії.

Причиною високого вмісту нітратів у криничній воді є збільшення використання азотних добрив.

Останнім часом значно зріс інтерес до вивчення вмісту мікроелементів у воді: фтору, йоду, стронцію, селену, кобальту, марганцю, молібдену тощо. Це інколи пояснюється значним перевищенням кількості мікроелементів у добовому раціоні води порівняно з надходженням їх з харчовими продуктами.

Збільшення вмісту деяких мікроелементів у воді понад визначені норми може спричинитися до **геохімічних ендемій**. До найпоширеніших на земній кулі геохімічних ендемій водного походження належить **флюороз**, який спричиняється високим (понад 1 — 1,5 мг/л) вмістом у воді



фтору. Ендемічний флюороз реєструється в багатьох країнах. У населених пунктах, де питна вода містить невелику кількість фтору (нижче ніж 0,5 мг/л), спостерігається підвищена у 2—4 рази захворюваність на **карієс** зубів.

У районах, ендемічних щодо зоба, який спричиняється недостатнім надходженням до організму йоду з їжею, використання підземних вод із великим вмістом йоду (30—100 мкг/л) може сприяти зменшенню або припиненню ендемії.

У місцевостях залягання руди спостерігалися випадки захворювань ендемічного характеру серед населення або тварин, які були спричинені високим вмістом свинцю, арсену, ртуті або інших мікроелементів у підземних водах цих районів.

Спуск неочищених промислових стічних вод може призвести до появи токсичних концентрацій арсену, ртуті, свинцю, кадмію, хрому та інших шкідливих домішок у воді відкритих водоймищ.

У зв'язку з широким використанням агрохімікатів для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур і лісонасаджень можливе надходження стійких у навколишньому середовищі пестицидів у воду відкритих водоймищ. Небезпека забруднення води різними токсикантами полягає в тому, що вони нагромаджуються у водних організмах (моллюсках, ракоподібних, рибах), у тканинах яких концентрація цих речовин може на 1—3 порядки перевищувати концентрацію у воді.

Останнім часом велика увага приділяється вивченню радіоактивності природних вод і її гігієнічному значенню. Є підстави думати, що використання вод із підвищеною радіоактивністю для внутрішнього вжитку може призвести до несприятливих генетичних наслідків (збільшення випадків природжених аномалій), збільшення захворюваності на злоякісні новоутворення, хвороби крові та ін.

**Епідеміологічне значення води.** Розглядаючи вплив якості води на здоров'я населення, необхідно особливо підкреслити епідеміологічне значення води, яка є важливим чинником у передачі інфекційних хвороб. Цьому сприяють умови водопостачання, що не відповідають гігієнічним вимогам, і умови санітарної очистки населених місць. Велике значення має і рівень санітарної освіти населення. Погані умови водопостачання і низький рівень санітарної культури, особливо сільського населення, призводять до того, що в країнах, які розвиваються, на долю інфекційних і паразитарних хвороб припадає 43,7% випадків смерті проти 10,8% в економічно розвинених країнах. У сільських районах тропічних і субтропічних країн близько 3/4 усіх хворих госпіталізуються з приводу заразних хвороб, з яких більше ніж половина пов'язані з уживанням недоброякісної води.

Слід відзначити, що в умовах жарких країн збудники холери, черевного тифу, бактеріальної і амебної дизентерії, лептоспірозу і деяких інших хвороб можуть у воді не тільки зберігатися, але і розмножуватися. Крім того, має значення те, що багато жарких країн розташовані в аридній зоні з недостатніми водними ресурсами. Під впливом спеки різко збільшується втрата води, частішає використання води з недоброякісних джерел водопостачання, збільшується ризик інфікування та інвазії. Зараженню часто сприяє порушення водно-сольового балансу, яке призводить до зниження кислотності шлункового соку і ослаблення бар'єрної функції шлунка стосовно деяких збудників. *Entamoeba histolytica* спричиняє дизентерієподібну картину захворювання і часто ускладнюється абсцесами печінки та інших органів.

До інфекційних хвороб, які передаються через воду, насамперед належать гострі кишкові інфекції (холера, черевний тиф, паратифи, бактеріальна і амебна дизентерія, гострий ентерит інфекційного характеру). У США і країнах Західної Європи вони ще в XIX ст. були

справжнім лихом, проявлялись у вигляді страхітливих епідемій і забирали в могилу тисячі людей.

Збудники перерахованих хвороб характеризуються фекально-оральним шляхом передачі, заражують воду, потрапляючи в неї з випорожненнями людей і з побутовими стічними водами населених пунктів. Унаслідок наявності прихованих бактеріоносіїв патогенні мікроорганізми присутні в побутових стічних водах навіть у міжепідемічний період. Особливо небезпечні щодо цього стічні води інфекційних лікарень. Причиною зараження води може бути також судноплавство з викидом нечистот у водоймища, забруднення нечистотами берегів, масові місця купання, прання білизни у невеликому водоймищі, просочування в підземні води нечистот із туалетів, занесення в криниці патогенних мікроорганізмів забрудненими відрами тощо.

Важливою проблемою органів охорони здоров'я є профілактика інфекційних ентеритів, які щорічно забирають до 5 млн життів. Вони особливо поширені серед дітей грудного і раннього віку («дитячі діареї»), у яких вони перебігають особливо важко. Фекально-оральним шляхом передається й амебна дизентерія — захворювання, в основному обмежене зоною жаркого клімату. Вважають, що амебами інфіковано близько 10% популяції людини.

Нині відомо близько 100 видів вірусів, які виділяються з фекалій людини. Доведено, що частина з них може спричиняти захворювання людини за допомогою водного механізму передачі етіологічного чинника. До них належить вірус гепатиту А, вірус поліомієліту, ентеровіруси людини (Коксакі, ЕСНО та ін.), реовіруси, парвовіруси, в тому числі вірус гастроентериту, аденовіруси, ротавіруси та ін. Значення ротавірусів зумовлено тим, що вони мають тропізм до епітелію травного каналу і спричиняють захворювання, що проявляються проносом. До одного з ротавірусів належить вірус «діареї новонароджених». Небезпека

забруднення води вірусами полягає в тому, що вони довгий час (до 200 днів) зберігають інфекційність у воді поверхневих водоймищ і в питній воді. Крім того, багато вірусів значно стійкіші до дії знезаражувальних агентів, ніж бактерії, що спричиняють гострі кишкові інфекції. Має велике значення й те, що дози вірусів, що спричиняють захворювання у людини, можуть бути зовсім невеликими і коливатися від 1 до 100 БОЕ.

Значне поширення мають водні епідемії інфекційного гепатиту (вірус А).

Серед зоонозів, для яких можливий водний шлях зараження, слід назвати лептоспірози, туляремію, бруцельоз і гарячку Ку. Водний шлях є досить частим у передачі нежовтяничного і жовтяничного лептоспірозу. Лептоспіри потрапляють у водоймище із сечею гризунів, свиней і великої рогатої худоби. Захворювання частіше виникає внаслідок використання для пиття води з відкритих водоймищ (ставків, ариків, зрошувальних каналів), а також унаслідок контакту з нею під час купання або прання білизни, тому що лептоспіри потрапляють в організм через слизові оболонки і мікроушкодження в шкірі.

Відомий водний спалах лептоспірозу, причиною якого була недостатньо знезаражена вода сільського річкового водогону. За 0,5 км вище від місця забору води водогоном у річку спускалися без очищення стічні води великого свинарського господарства, в якому серед тварин були хворі на лептоспіроз. Захворювання на лептоспіроз частішають після злив.

З інших зоонозів у сільських місцевостях зустрічаються водні спалахи туляремії внаслідок використання води з криниць, струмків або ставків під час епізоотії туляремії. Збудники туляремії потрапляють у воду з випорожненнями хворих гризунів або у разі контакту води з мацерованими трупами щурів, що загинули від туляремії. Відомі випадки захворювання на бруцельоз унаслідок використання води з погано

обладнаних криниць, в які проникали атмосферні води, що стікали з території тваринницьких ферм.

Вода може бути джерелом передачі епідемічного вірусного кон'юнктивіту (плавальні басейни, озера). Медики стверджують, що нестача води зумовлює грибкові та інші захворювання шкіри через поганий догляд за нею; відзначають, що трахома менше поширена в населених пунктах із достатнім водопостачанням.

Крім патогенних мікробів, із забрудненою водою в організм людини можуть проникати цисти лямблій, яйця аскарид і волосоголовців, личинки анкілостоми, церкарії печінкового дворота, а також мікрофілярії ришти і церкарії шистосом, які спричиняють надто поширені захворювання на дракункульоз і шистосомоз.

Збудники низки хвороб розвиваються не безпосередньо у воді, а у мешканців водоймищ — молюсків (шистосоми та інші трематоди), рачків-циклопів (дракункул). Зараження людей відбувається через вживання сирої або погано очищеної води, внаслідок використання фруктів, зелені або овочів, помитих забрудненою водою, або під час купання, внаслідок ковтання води, а також унаслідок проникнення личинок шистосом в організм через шкіру.

Таким чином, постачання достатньої кількості доброякісної води є дуже важливим оздоровчим заходом і одним з основних елементів благоустрою населених місць.

Успіхи гігієнічної науки і санітарної практики в галузі водопостачання показали, що в сучасних умовах повністю можна запобігти інфекційним і неінфекційним захворюванням водного походження.

## ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ТА ЇЇ САНІТАРНА ОЦІНКА

Вода, що використовується населенням для пиття і господарсько-побутових цілей, повинна відповідати певним **гігієнічним вимогам**:

Мати добрі органолептичні властивості, освіжаючу температуру, бути прозорою, без кольору, не мати будь-якого присмаку або запаху.

Бути придатною за хімічним складом (бажано, щоб хімічний склад був найсприятливіший з фізіологічної точки зору). Шкідливі речовини не повинні бути присутні в концентраціях, небезпечних для здоров'я, або таких, що обмежують використання води в побуті.

Не містити патогенних мікробів та інших збудників захворювань.

Якість води в основному залежить від виду джерела водопостачання і його санітарного стану. Тому відповідність якості води водного джерела гігієнічним вимогам встановлюють на основі санітарно-топографічного обстеження джерела водопостачання і даних лабораторного аналізу води.

Міжнародний стандарт питної води

На основі численних фізіолого-гігієнічних і епідеміологічних досліджень у нашій країні (Держстандарт 383—96), США і деяких інших країнах опрацьовані національні стандарти якості питної води. Для країн, що розвиваються, та інших країн ВООЗ розробила Міжнародний стандарт питної води (МСПВ-73). Він може бути використаний повністю або взятий за основу для розробки національних стандартів, що враховують національні особливості. У кожному стандарті наводяться показники, що характеризують якість питної води, та їх нормативи. Аби визначити відповідність питної води вимогам стандарту, необхідно провести санітарний аналіз води, до якого входять як мінімум органолептичні, клінічні та бактеріологічні дослідження. У деяких випадках за наявності показань вони доповнюються радіохімічними, біологічними і експериментально-токсикологічними дослідженнями.

МСПВ-73 поширюється на воду, що подається господарсько-питними водогонами для задоволення господарсько-побутових потреб у

житлових будинках, культурних, лікувально-профілактичних, дитячих та інших закладах, для виробництва харчових продуктів і для підприємств громадського харчування, для особистої гігієни (душові, лазні), а також на воду, яка подається населенню централізованими системами відкритого гарячого водопостачання.

Вода господарсько-питних водогонів повинна забезпечувати можливість використання її населенням для питних та інших потреб без будь-якої додаткової обробки.

Якщо вода джерела централізованого водопостачання не задовольняє вимог стандарту, вона підлягає відповідній обробці.

Під час проведення санітарного аналізу води визначають показники, які характеризують: а) органолептичні властивості води; б) хімічний склад води та її нешкідливість; в) епідемічну безпечність води.

### **Органолептичні властивості води**

Людина віддає перевагу питній воді з добрими органолептичними властивостями, тобто якомога прозорішій, без кольору, неприємного запаху або присмаку. Вода не повинна містити водні організми, завислі частинки або плаваючі плівки, які можна виявити неозброєним оком.

**Прозорість і мутність води.** Прозорість визначається здатністю води пропускати видиме світло. Ступінь прозорості води залежить від наявності в ній суспендованих частинок мінерального або органічного походження. Воду вважають достатньо прозорою, якщо через 30-сантиметровий шар її можна прочитати шрифт певного розміру ( $h = 4—5$  мм). Якість, протилежна прозорості, називається мутністю. Погіршуючи прозорість води, мутність знижує її органолептичні властивості, а в деяких випадках збільшення мутності свідчить про забруднення води стічними водами або про недоліки в обладнанні криниць, свердловин або каптажних обладнань джерел (каптаж — обладнання джерела, яке включає пристрій стоку для джерельної води, обробку місця виходу з метою запобігання

замулюванню і забрудненню його). Мутні води гірше знезаражуються, і в них утворюються кращі умови для виживання мікроорганізмів. Дуже мутна вода може призвести до подразнення слизової оболонки шлунка і кишечника.

Мутність вимірюється кількістю міліграмів завислих речовин на 1 л води; мутність водопровідної води не повинна перевищувати 1,5 мг/л (Держстандарт 383—96). Згідно з МСПВ-73, рекомендований рівень мутності не повинен перевищувати 5 од., а максимально припустимий рівень (МПП) — 25 од. спеціальної шкали.

Кольоровість поверхневих і неглибоких підземних вод зумовлюється наявністю в них гумінових речовин, які вимиваються з ґрунту і надають воді кольору від жовтого до коричневого. Крім того, колір води відкритого водоймища може бути спричинений розмноженням водоростей (цвітіння) і забрудненням стічними водами. Під час очищення у водопроводах кольоровість води природного походження може бути за бажанням знижена.

Смак і запах води залежать від багатьох чинників. Наявність органічних речовин рослинного походження і продуктів їх розпаду надає воді земляного, мулистого, трав'янистого або болотного запаху і смаку. Унаслідок гниття органічних речовин виникає гнильний запах. Наявність і розкладання водоростей при цвітінні води надають їй рибного або огіркового запаху. Причиною запаху і смаку води може бути забруднення її побутовими і промисловими стічними водами та пестицидами.

Смак і запах глибинних підземних вод виникають від розчинених у них мінеральних солей і газів, наприклад сірководню. За звичайної технології очищення води, що використовується на водогонах, смак і запах води поліпшуються не набагато.

Досліджуючи воду, визначають характер запаху і смаку, а також їх інтенсивність у балах: 1 — дуже слабкий, визначається лише досвідченим



лаборантом; 2 — слабкий, що не привертає уваги споживача; 3 — помітний, що викликає у споживача невдоволення; 4 — виражений, що робить воду неприємною; 5 — дуже сильний, що робить воду непридатною для використання.

Згідно з Держстандартом 383—96, у питній воді інтенсивність запаху або смаку не повинна перевищувати двох балів. Якщо вода має незвичайні запах і смак, що дозволяє припустити можливість техногенного забруднення, то з'ясовують його походження, а потім вирішують питання про необхідність додаткових хімічних досліджень і про можливість використання води.

Освіжаючі властивості води залежать від її температури. Оптимальна температура +10...+14 °С. Вода, що має температуру більше ніж +25 °С, неприємна на смак.

#### **Хімічне дослідження води**

**Активна реакція.** рН більшості природних вод коливається від 6,5 до 9,2. Найкислішими з природних вод є болотисті води, що містять гумінові речовини, лужними — підземні води, багаті на бікарбонати; рН води відкритих водоймищ поза нормами свідчить про забруднення стічними водами. Рекомендується рН 7—8,5, МПР 6,5—9,2 (МСПВ-73).

Щільний залишок характеризує ступінь загальної мінералізації води. Його визначають шляхом випарювання профільтрованої води і висушування залишку за температури 110 °С до постійної маси. Результат вираховують у міліграмах в 1 л води. На основі раніше викладеного рекомендують, щоб щільний залишок води не перевищував 500 мг/л. У районах, де відсутні такі води, за згодою органів охорони здоров'я може бути дозволено використання водопроводами навіть води, яка містить понад 1000 мг солей в 1 л. У багатьох південних країнах доводиться використовувати для питного водопостачання воду, що містить до 2000—3000

мг/л солей, якщо вона не має дуже неприємного смаку і не спричиняє діарею. Місцева дія залежить від складу солей і рівня водоспоживання.

Загальна твердість води переважно зумовлюється наявністю в ній кальцію і магнію, які містяться у вигляді карбонатів, бікарбонатів, хлоридів і сульфатів.

Твердість води вимірюють у міліграм-еквівалентах на 1 л: 1 мг-екв/л твердості відповідає вмісту 28 мг/л CaO або 20,16 мг/л MgO. Воду до 3,5 мг-екв/л твердості називають м'якою, від 3,5 до 7 мг-екв/л — середньої твердості, понад 7 мг-екв/л — твердою і понад 14 мг-екв/л — дуже твердою.

Зі збільшенням твердості води погіршується розварювання м'яса і бобових, збільшується витрата мила, оскільки піна при намилюванні утворюється лише після того, як уся кількість кальцію та магнію води буде зв'язана жирними кислотами мила. Після миття голови через осідання кальцієвих і магнієвих солей жирних кислот волосся стає твердим. Збільшується утворення накипу в парових котлах і радіаторах, що призводить до надлишкових витрат палива, необхідності частого очищення котлів і радіаторів, а інколи до вибухів парових котлів.

При різкому переході від використання м'якої до використання твердої, а особливо сульфатної, води, що трапляється в туристичних або експедиційних умовах, а також унаслідок зміни місця проживання можуть виникнути тимчасові диспепсичні явища.

Існує зворотна залежність між рівнем твердості води і смертністю від серцево-судинних захворювань. Справа в тім, що кальцій багатьох харчових продуктів засвоюється лише на 30%, тоді як кальцій питної води — на 90%. Слід відзначити, що овочі, зварені в м'якій воді, втрачають значну кількість кальцію, а приготовлені на твердій воді навіть збагачуються кальцієм за рахунок осідання його на поверхні овочів. Таким

чином, нормування твердості, а також концентрації кальцію та магнію у воді тепер ускладнилось.

Згідно з МСПВ-73 рекомендується загальна твердість води приблизно 2 мг-екв/л (100 мг/л  $\text{CaCO}_3$ ), а МПР — 10 мг-екв/л; вміст кальцію відповідно 75 і 200 мг/л. Однак є підстави вважати, що, з точки зору сучасних знань, оптимальна твердість води має становити 5—7 мг-екв/л, а вміст кальцію — 150 мг/л. Магній за наявності сульфатів ( $\text{MgSO}_4$  —англійська сіль) може надавати воді своєрідного присмаку, а також спричинювати подразнення кишечника і посилення перистальтики. Тому, якщо у воді міститься до 250 мг/л сульфатів, допускається концентрація магнію до 150 мг/л, якщо ж сульфатів більше, тоді бажано, щоб магнію містилося не більше ніж 30 мг/л (МСПВ-73).

**Залізо.** Залізо міститься у підземних водах головним чином у вигляді бікарбонату закису заліза —  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . Унаслідок контакту води з повітрям бікарбонатне залізо окислюється з утворенням бурих пластівців гідрату окису заліза —  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , який надає воді мутності і кольору. Гуміновокисле залізо, яке міститься в поверхневих водах, є більш стійким.

Якщо вміст заліза у воді підземних джерел перевищує 0,3—0,5 мг/л, зовнішній вигляд води може погіршуватися (опалесценція, мутність), а вміст заліза понад 2 мг/л надає воді, окрім мутності і кольору, неприємного в'язучого присмаку. Крім цього, високий вміст заліза у воді псує смак чаю, при пранні білизни надає їй жовтуватого відтінку і залишає іржаві плями, призводить до посиленого розмноження залізистих мікроорганізмів у водопровідних трубах, що зменшує їх просвіт, а в разі відділення відкладань зі стінок труб погіршує зовнішній вигляд і смак водопровідної води. Бажано, щоб вміст загального заліза у водопровідній воді не перевищував 0,1 мг/л, а максимально припустима концентрація — 1 мг/л (МСПВ-73).

**Хлориди (хлор-іон).** Звичайно в проточних водоймищах вміст хлоридів невеликий (до 20—30 мг/л) і може значно збільшуватись у водоймищах, які не мають відтоків. Незабруднені криничні води у місцевостях із несолончаковим ґрунтом звичайно містять до 30—50 мг/л хлоридів. Вода, що фільтрується через солончаковий ґрунт або осадові породи, багаті на хлористі сполуки, може містити сотні і навіть тисячі міліграмів хлоридів у 1 л, будучи бездоганною в інших відношеннях.

Вода, що містить хлор-іону понад 350—500 мг/л, має солонуватий присмак і несприятливо впливає на шлункову секрецію. Тому рекомендується, щоб вміст хлоридів у водопровідній воді не перевищував 200 мг/л, а МПР — 600 мг/л.

**Сульфати (сульфат-іон).** Сульфати в кількостях понад 400—500 мг/л надають воді гіркувато-солоного присмаку, несприятливо впливають на шлункову секрецію і можуть спричиняти диспепсичні явища (особливо при одночасному великому вмісті магнію у воді) в осіб, які не звикли до води такого складу. Рекомендований рівень сульфатів — 200, а максимально припустимий — 400 мг/л,

У багатьох аридних місцевостях досить часто доводиться використовувати для питного водопостачання солонувату або гірко-солону воду, яка містить до 2000—4000 мг/л солей, в яких концентрації сульфатів, хлоридів, кальцію і магнію перевищують гігієнічні норми.

Шляхом поступової адаптації до вживання місцевих високомінералізованих вод можна у декілька разів знизити частоту виникнення диспептичних порушень. Приїжджим спочатку рекомендується вживати місцеву воду, розведену прісною (або дистильованою) до концентрації солей 800—1000 мг/л. З кожним наступним днем підвищують концентрацію солей у воді на 200—300 мг/л.

Є дані, що протягом 10—12 днів приїжджа людина може адаптуватися до води, яка містить до 2500—3000, а інколи і 4000 мг/л солей.

**Нітрати (нітрат-іон).** Високі концентрації нітратів зустрічаються переважно у воді криниць, які живляться ґрунтовими водами, забрудненими компонентами азотних добрив і продуктами розкладу органічних речовин. Аби запобігти захворюванням на водонітратну метгемоглобінемію, вміст нітратів у воді не повинен перевищувати 45 мг/л, при розрахунку на азот нітратів — 11 мг/л.

**Фториди (фтор-іон).** Фтористі сполуки вимиваються водою з ґрунту і гірських порід. Вміст фтору в природних водах в основному коливається від сотих частин міліграма до 20 мг/л. Вода відкритих водоймищ і неглибоких криниць часто містить мало (менше ніж 0,5 мг/л) фтору. Високі концентрації фтору найчастіше зустрічаються у глибоких підземних водах, які омивають поклади фосфоритних або апатитних конкрецій, а також у поверхневих водоймищах, які живляться багатими на фтор підземними водами.

Деяка кількість фтору необхідна організмові для оптимального розвитку і доброї мінералізації кісток і зубів. Проведені у багатьох країнах дослідження довели, що за інших рівноцінних умов захворюваність на карієс зубів закономірно знижується з підвищенням концентрації фтору у воді. При вживанні води, яка містить 1—1,5 мг/л фтору, захворюваність на карієс зубів мінімальна. Очевидно, через це знижується і захворюваність на серцево-судинні хвороби. Однак в разі збільшення концентрації фтору у воді її вживання несприятливо впливає на організм, спричинюючи **флюороз**. Такі місця на земній кулі називаються осередками **ендемичного флюорозу**. Унаслідок дії надлишку фтору насамперед ушкоджуються зуби. Резорбований у травному каналі фтор діє на чутливі до нього зародки зубів (амелобласти) і порушує формування та мінералізацію емалі. Зовнішнім проявом цього є утворення

так званої плямистої емалі, яка виявляється на постійних, що прорізаються, і рідше на молочних зубах. У разі концентрації фтор-іону у воді до 1,5—2 мг/л ураження характеризується крейдо- і фарфороподібними, інколи слабо пігментованими в жовтий колір плямами на симетрично розміщених зубах (1-й і 2-й ступінь ураження).

При великих концентраціях фтор-іона у воді на зубах з'являються ураження 3-го і 4-го ступеня, які характеризуються пігментованими в коричневий колір плямами і дефектами емалі — ерозіями. Такі зуби спотворюють прикус, характеризуються крихкістю і передчасно стираються.

Ураження зубів є лише одним із симптомів флюорозу. Описані місцевості, в яких населення користувалося джерелами, що містять 5—18 мг/л фтору. У людей, котрі вживали цю воду протягом 10—30 років, крім ураження зубів, спостерігалися випадки генералізованого остеосклерозу з кальцифікацією міжхребцевих зв'язок, що спричиняє обмеження рухомості хребта і деякі порушення кісток, нервової системи і внутрішніх органів.

Оскільки водопостачання залежить від кліматичних умов, МСПВ-73 рекомендує оптимальний вміст фтору залежно від місцевої середньорічної максимальної денної температури повітря. Якщо вона в межах 10—12 °С, то рекомендується вміст фтору 0,9 мг/л, 12,1—17,6 °С — 0,8 мг/л, 17,7-26,2 °С - 0,7 мг/л, 26,3-32,6 °С - 0,6 мг/л. МПР фтору — відповідно 1,7; 1,5—1,3; 1,2—1,0; 0,8 мг/л.

Є деякі хімічні сполуки, які можуть впливати на органолептичні якості води в концентрації значно меншій, ніж токсичні. До них належать мідь, яка надає воді терпкого присмаку і блакитного забарвлення (МСПВ-73 рекомендує рівень до 0,05, МПР — 1,5 мг/л), цинк, який надає воді терпкого присмаку і опалесценції (рекомендований рівень — до 5, МПР —

15 мг/л), марганець, що змінює забарвлення, створює помутніння (відповідно 0,05 і 0,5 мг/л), фенольні сполуки, що надають аптечного присмаку і запаху воді, особливо після хлорування внаслідок утворення хлорфенолів (до 0,001, МПР — 0,002 мг/л), аніонні детергенти, які надають воді специфічного присмаку, утворюють піну, негативно впливаючи на знезараження води (до 0,2, МПР — 1 мг/л), мінеральні масла, які надають воді своєрідного запаху після хлорування (до 0,01, МПР - 0,3 мг/л).

Показники нешкідливості включають регламенти для наступних токсичних речовин: арсен — 0,05 мг/л, кадмій — 0,01, ціаніди в перерахунку на CN — 0,05, свинець — 0,1 (в Україні - 0,03 мг/л), ртуть — 0,001, селен — 22 (в Україні - 0,001 мг/л) тощо. Концентрації шести канцерогенних речовин із групи ПАВ (флюорантен; 3,4-бензфлюорантен; 11,12-бензфлюорантен; 3,4-бензпірен; 1,12-бензперилен; індиго (1, 2, 3 — cd/пірен) не повинні перевищувати 0,2 мкг/л.

Радіоактивність питної води визначають за наявності показників, які дозволяють передбачити підвищену природну активність води або її антропогенне забруднення радіонуклідами.

Звичайно найменш активними є атмосферні води, які вимивають із повітря радіоактивні аерозолі. Збільшена активність атмосферних опадів (за рахунок калію-40, урану-238 та ін.) спостерігається в районах вулканічної діяльності та у великих індустриальних центрах унаслідок забруднення повітря димовими частинками, які потрапляють у нього під час спалювання повітря та інших видів палива.

Більш інтенсивне радіоактивне забруднення атмосферних опадів може спостерігатися в місцях розміщення атомних електростанцій та інших підприємств, які використовують радіонукліди, у разі ненадійного функціонування санітарно-технічного обладнання для дезактивації викидів у атмосферу або аварійних ситуацій.

Природна радіоактивність підземних вод залежить від кількості розчинних радіонуклідів, які містяться в ґрунті і гірських породах, що їх вони омивають. Радіоактивність в основному зумовлена присутністю калію-40, радію-226, радону-222, природного урану тощо. Найменшу активність мають підземні води, що залягають в осадових породах і найчастіше використовуються для водопостачання населення. Звичайно їх активність зростає зі збільшенням мінералізації. Питома їх активність за природним ураном — 10—50 мкг/л, радієм-226 —  $2 \times 10^{12}$  Кі/л, радоном-222 —  $5 \times 10^{-10}$  Кі/л. Води, що залягають у корінних породах (наприклад, у тріщинуватих гранітах), мають більшу активність. Часто значну активність мають лікувальні мінеральні води. Високу активність виявляють підземні води, розміщені близько до місця залягання радіоактивних руд, а також міжпластові води в районах нафтових родовищ. Вибивання їх на поверхню під час буріння призводить до збільшення радіоактивності ґрунтового покриву і водоймищ, в які стікають ці води. Антропогенне забруднення підземних вод спостерігається в разі забруднення ґрунту радіоактивними опадами або твердими чи рідкими відходами об'єктів, які використовують радіоактивні продукти, а також у місцях неправильного захоронення радіоактивних відходів (у водопроникних могильниках).

Ступінь загальної радіоактивності річкових вод зумовлена типом їх живлення, але в більшості випадків вона невелика.

Вода відкритих водоймищ може забруднюватися внаслідок випуску в них неочищених радіоактивних стічних вод.

Унаслідок надходження радіонуклідів у воду відкритих водоймищ відбувається їх розведення, пересування з течіями, а також поглинання дном, де вони нагромаджуються в мулі і гідробіонтах. Нагромаджені у відкладаннях дна радіонукліди можуть надходити у воду, а також мігрувати по біологічному ланцюжку. Концентрація радіонуклідів у гідробіонтах може бути в  $10^2$ —  $10^4$  разів більшою, ніж у воді.



Міжнародний стандарт подає такі безпечні рівні радіоактивності питної води: сумарна  $\alpha$ -активність — 3,  $\beta$ -активність — 30 пКі/л. Ці рівні активності допускаються, якщо вони є середніми в межах тримісячного періоду. Якщо активність перевищує ці рівні, то для вирішення питання щодо придатності води для пиття необхідно виконати радіохімічний аналіз з метою визначення вмісту у воді окремих радіонуклідів.

Для води з джерел водопостачання, крім показників, що нормуються стандартом, визначають хімічні показники можливого забруднення, які мають епідеміологічне значення. До них відносять органічні речовини і продукти їх розпаду: амонійні солі, нітрити і нітрати. Крім нітратів, перераховані сполуки в тих кількостях, в яких вони звичайно зустрічаються в природних водах, не впливають на здоров'я людини. Наявність їх може лише сигналізувати про забруднення ґрунту, через який протікає вода, наповнює джерело води, і про те, що поруч із цими речовинами у воду могли надійти патогенні мікроорганізми.

В окремих випадках кожний хімічний показник може мати іншу природу, наприклад, органічні речовини — рослинне походження. Очевидно, визнати водне джерело забрудненим можливо лише за наявності таких умов: 1) у воді присутній не один, а декілька хімічних показників забруднення; 2) у воді одночасно виявлені бактеріальні показники забруднення, наприклад, кишкова паличка; 3) можливість забруднення підтверджується санітарним обстеженням водного джерела.

Показником наявності органічних речовин у воді є окислення. Воно виражається в міліграмах кисню, що витрачається на окислення органічних речовин, які містяться в 1 л води. Найменше окислення мають артезіанські води — до 2 мг  $O_2$  на 1 л, у водах шахтних колодязів окислення досягає 3,4 мг  $O_2$  на 1 л. Зі збільшенням інтенсивності кольору води окислення зростає. У воді відкритих водоймищ окислення може бути вищим.

Підвищення окислення води понад названі величини свідчить про можливе забруднення джерела води.

Головним джерелом появи амонійного азоту і нітритів у природних водах є розкладання білкових залишків, трупів тварин, сечі, фекалій.

Зі свіжим забрудненням, викидами у воді зростає вміст амонійних солей (перевищує 0,1 мг/л). Як продукт подальшого хімічного окислення амонійних солей нітрити в кількості, яка перевищує 0,002 мг/л, також служать важливим показником забруднення джерела води. Необхідно враховувати, що в глибоких підземних водах можливе утворення нітритів та амонійних солей із нітратів у ході процесів відновлення. Нітрати є кінцевим продуктом окислення амонійних солей. Наявність їх у воді за відсутності аміаку і нітритів свідчить про порівняно давнє надходження у воду азотвмісних речовин, які встигли вже мінералізуватися. Інтенсивне використання азотвмісних добрив також призводить до збільшення вмісту нітратів у ґрунтових водах.

Одним із показників забруднення водного джерела є хлориди, оскільки вони містяться в сечі і різних викидах, але при цьому слід враховувати, що наявність великих кількостей хлоридів у воді (понад 30—50 мг/л) може бути зумовлена і вимиванням хлористих солей із засолених ґрунтів. Для правильної оцінки походження хлоридів слід враховувати характер водного джерела, наявність хлоридів у воді сусідніх однотипних водних джерел, а також наявність інших показників забруднення води.

Бактеріологічне дослідження води. З епідеміологічної точки зору в оцінці якості води мають значення переважно патогенні мікроорганізми. Проте навіть за сучасних досягнень мікробіологічної техніки дослідження води на наявність у ній патогенних мікроорганізмів, а тим більше вірусів, є складним процесом. Такі дослідження не проводяться щодня, а лише за наявності епідеміологічних показників, наприклад, під час спалахів

інфекційних захворювань, якщо виникає підозра щодо водного шляху передачі.

Для оцінки якості води в санітарній практиці широко використовують непрямі бактеріологічні показники забруднення води. При цьому вважають, що чим менше вода забруднена сапрофітами, тим вона менш епідеміологічно небезпечна.

Одним із показників забруднення води сапрофітною мікрофлорою є так зване мікробне число.

**Мікробне число** — це кількість колоній, що виростають при посіві 1 мл води на м'ясо-пептонний агар після 24 год вирощування за температури 37 і 20 °С.

Мікробне число характеризує загальне бактеріальне обсіменіння води. Оцінюючи якість води цим показником, користуються даними спостережень про те, що у воді незабруднених і добре обладнаних артезіанських свердловин мікробне число не перевищує 10—30 в 1 мл, у воді незабруднених шахтних колодязів — 300—400 в 1 мл, у воді порівняно чистих відкритих водоймищ — 1000—1500 в 1 мл, у водопровідній воді у разі її ефективного очищення та знезараження — не перевищує 100 в 1 мл. Вважають, що одноразове визначення мікробного числа є невірогідним порівняно з визначенням його в динаміці. Раптове підвищення мікробного числа може свідчити про забруднення.

Дуже важливим є визначення наявності у воді бактерій групи кишкової палички і *E.coli*, які виділяються з випорожненнями людини і тварин. Наявність їх у воді свідчить про фекальне забруднення і, відповідно, про можливе забруднення води патогенними мікроорганізмами кишкової групи (черевний тиф, паратифи, дизентерія тощо).

Дослідження води на вміст бактерій групи кишкової палички і *E.coli* дозволяють передбачити можливість зараження води патогенною

мікрофлорою в майбутньому і завдяки своєчасному проведенню необхідних заходів дають змогу запобігти йому.

Ступінь обсіменіння води кишковою паличкою виражається величиною колі-титру або колі-індексу.

**Колі-титр** — це найменша кількість досліджуваної води, в якій за відповідною методикою виявляють (виросчують) кишкову паличку. Що менший (нижчий) колі-титр, то значніше фекальне забруднення води.

**Колі-індекс** — це кількість кишкових паличок в 1 л води.

У чистій воді артезіанських свердловин колі-титр звичайно перевищує 500 (колі-індекс менше ніж 2), незабруднених і добре обладнаних криниць — не нижче ніж 100 (колі-індекс не більше ніж 10).

Деякі експериментальні дослідження доводять, що кишкова паличка більш стійка до дезінфікуючих агентів, ніж збудники кишкових інфекцій, туляремії, лептоспірозу та бруцельозу і через це може бути не тільки показником забруднення води, але й індикатором надійності її знезараження, наприклад, у водопроводі.

Згідно з ДСТ 383—96 показниками епідеміологічної безпеки водопровідної води є: колі-індекс не більше ніж 3 (колі-титр не менше ніж 300) і мікробне число не більше ніж 100 в 1 мл.

МСПВ-73 подає більш диференційовані вимоги:

Водопровідна хлорована вода, яка надходить у водорозподільну мережу трубопроводів, не повинна містити ніяких бактерій групи кишкової палички, а тим більше *E.coli* в будь-якій пробі води об'ємом 100 мл.

Водопровідна вода недезінфікована (наприклад, з артезіанських свердловин), що надходить у водорозподільну мережу, не повинна містити *E.coli* в пробі об'ємом 100 мл. За умови відсутності *E.coli* в ній допускається наявність до трьох бактерій кишкової палички тільки в окремих пробах води об'ємом по 100 мл, але лише в тому разі, якщо

санітарно-топографічне обстеження не виявило фактів, які вказують на можливість забруднення води у водному джерелі та резервуарі для її зберігання.

Що ж до бактерій групи кишкової палички (які не завжди є фекального походження), то стандарт вимагає, щоб не менше ніж у 95% проб по 100 мл будь-якого року вони не визначалися. У 5% проб вони можуть визначатися, але тільки в кількостях, які не перевищують 10 бактерій у 100 мл води. Однак кожний випадок виявлення у воді бактерій групи кишкової палички повинен насторожувати — проводять повторне дослідження води і вживають запобіжних заходів.

Якщо водопостачання здійснюється з індивідуальних криниць, бурових свердловин, джерел, наведений раніше бактеріологічний стандарт може виявитися недосяжним. У подібних випадках необхідно вжити всіх можливих заходів, щоб зліквідувати можливість забруднення водного джерела і води і зменшити вміст бактерій групи кишкової палички у воді до рівня менше ніж 10 у 100 мл. Якщо цього не вдається досягти або в 100 мл води повторно виявляється хоча б *E.coli*, то вода даного джерела не придатна для використання без знезараження кип'ятінням або іншими надійними методами.

Що значніше бактеріальне забруднення води, то важче вона знезаражується і то більша можливість потрапляння патогенної мікрофлори у водогінну воду. Тому в Україні стандарт передбачає такі вимоги до води джерел централізованого водопостачання: для джерел, призначених для використання з одним хлоруванням, колі-індекс повинен бути не більше ніж 1000, для джерел, вода яких має використовуватися після освітлення, знебарвлювання і хлорування, колі-індекс не повинен перевищувати 10 000. Якщо доводиться використовувати джерела водопостачання з більш забрудненою водою, зокрема в густо населеній місцевості з низьким рівнем санітарної культури мешканців, повинні

використовуватися, крім коагуляції та фільтрації, найбільш надійні методи знезаражування води, наприклад, подвійне хлорування, перехлорування, хлорування з післяпереломними дозами тощо.

Стандарт зазначає, що в окремих випадках бактеріологічний аналіз води може бути доповнений визначенням фекального стрептокока. Виявлення його у воді, в якій присутні бактерії групи кишкової палички (за відсутності *E.coli*), підтверджує фекальну природу забруднення. У фекаліях тварин стрептококів більше, ніж кишкових паличок. Тому якщо відношення кількості кишкових паличок до стрептокока перевищує 4, то можна вважати, що вода забруднена фекаліями людини. Якщо зазначене співвідношення менше ніж 1, то вважають, що забруднення тваринного походження.

Нині переважає думка про те, що в хлорованій воді, яка містить вільний хлор, активні патогенні віруси, як правило, відсутні, якщо відсутні бактерії групи кишкової палички. Через те під час звичайного аналізу води вірусологічне дослідження не проводять. У ситуаціях, зумовлених епідеміологічними обставинами, вдаються до вірусологічних досліджень води в регіональних лабораторіях. Якщо в 1 л не знаходять жодної бляшкоутворювальної одиниці (БУО) вірусів, то можна вважати, що вода в цьому відношенні безпечна для пиття.

## ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

### **Атмосферні води**

За відсутності інших джерел питної води в аридній зоні для постачання водою окремих родин, а інколи і великих груп населення, широко використовують атмосферні дощові води. Досить часті такі поєднання: атмосферну воду використовують для пиття і приготування їжі, а воду з відкритих водоймищ або неупорядкованих криниць — для інших цілей.

Атмосферна вода слабо мінералізована (до 30—50 мг/л), дуже м'яка, без кольору, через невелику кількість солей не дуже приємна на смак. Вміст завислих частинок і мікрофлори залежить від способу її збирання та зберігання. Кількість атмосферної води, яку можна зібрати, залежить від площі водозбірного майданчика та середньої кількості опадів для даної місцевості. Якщо кількість опадів дорівнює 1000 мм на рік, то з 1 м<sup>2</sup> можна зібрати з урахуванням втрат на випаровування близько 0,8 м<sup>3</sup> води. Атмосферну воду вважають не повністю безпечною в епідеміологічному відношенні і в разі використання для пиття її рекомендують знезаражувати.

### **Підземні води**

**Грунтові води.** Потрапляючи на землю, опади частково знову випаровуються, частково стікають по поверхні землі, утворюючи струмки і поповнюючи ріки, озера, частково просочуються в землю через пори водопроникних порід.

Залежно від місцевих умов глибина залягання ґрунтових вод коливається від 1 —2 до декількох десятків метрів. За нахилом водотривкого шару ґрунтові води просуваються з підвищених місць до знижених.

Ґрунтові води використовують для водопостачання, оскільки вони характеризуються прозорістю і незначним забарвленням. Кількість розчинних солей зростає відповідно до глибини залягання, але в більшості випадків незначно. За наявності дрібнозернистих порід, починаючи з глибини 5—6 м, ґрунтові води вільні від бактеріального забруднення.

У разі забруднення ґрунту нечистотами існує небезпека зараження ґрунтових вод патогенними мікроорганізмами. Ця небезпека тим більша, чим інтенсивніше забруднення і чим глибше воно занесене в ґрунт (чим більші зерна породи і чим вище залягання ґрунтових вод). У місцях, де

залягають тріщинуваті породи або вапняки з карстовими ходами, бактеріальне забруднення може поширюватися на сотні метрів.

Інтенсивні зливи часто погіршують якість ґрунтових вод. Зростає їх бактеріальне забруднення, з'являються пестициди, які вимиваються з поверхневих шарів ґрунту.

Ґрунтові води широко використовують у сільських місцевостях шляхом облаштування копаних шахтних чи трубчастих колодязів. Звичайно з шахтного колодязя, який живиться ґрунтовою водою, можна отримати від 1 до 10 м<sup>3</sup> води на добу. Шахтні колодязі є одночасно і резервуаром для зберігання води, яка натікає в нього за ніч.

В окремих випадках ґрунтові води можуть бути використані для облаштування невеликих сільських водогонів.

**Міжпластові води.** Ґрунтова вода у своєму русі вздовж нахилу водонепроникного пласта може проникати в ділянку, де над нею виявиться шар водотривкої породи. У цьому разі вона стає міжпластовою, розміщується між водотривким ложем і водотривким дахом. Залежно від місцевих геологічних умов міжпластові води можуть утворювати другий, третій і т.д. водоносні горизонти. Як правило, міжпластова вода заповнює весь простір між водотривкими шарами, а якщо прорізати її водотривкий дах трубчастим колодязем, то вода в ньому підніметься, а в деяких випадках може навіть вилитися у вигляді фонтана на поверхню землі. Таку міжпластову воду називають напірною, або артезіанською. Глибина залягання міжпластових вод коливається від десятків до тисячі метрів і більше. Такі води часто зустрічаються в аридних зонах. Міжпластові води відрізняються від ґрунтових невисокою температурою (5—12 °С), постійними рівнем і складом. Звичайно вони прозорі, без кольору, часто без запаху і будь-якого присмаку. Концентрація в них мінеральних солей більша, ніж у ґрунтових водах, і залежить від складу породи, в якій вони нагромаджуються і пересуваються.



Міжпластові води можуть бути настільки мінералізованими (дуже тверді, солоні, містять багато солей фтору, заліза або сірководню), що їх неможливо використовувати для господарсько-питного водопостачання без обробки.

Завдяки тривалій фільтрації та наявності водотривкого даху, що захищає міжпластові води від забруднення, останні характеризуються майже повною відсутністю мікроорганізмів, тим більше патогенних, і можуть використовуватися для пиття в сирому вигляді. Експлуатуються міжпластові води шляхом обладнання глибоких трубчастих або, рідше, шахтних колодязів.

Постійний і великий дебіт (від 1 до 200 м<sup>3</sup>/год), а також добрі якості води дозволяють розглядати міжпластові водоносні горизонти як найкраще джерело водопостачання для невеликих і середніх водогонів, більшість яких подають воду населенню в натуральному вигляді, без будь-якого очищення.

Все ж відомі випадки епідемічних спалахів кишкових інфекцій навіть при користуванні міжпластовими водами. Забруднення останніх відбувалося внаслідок надходження води з вищерозміщеного горизонту ґрунтових вод через тріщини у водотривкому даху, через закинуті колодязі та кар'єри, внаслідок затікання води вздовж обсадних труб свердловин, через негерметично обладнане гирло свердловини, при затопленні місця розташування свердловини, під час злив тощо.

Останніми роками описано низку випадків забруднення підземних вод хімічними речовинами. Причиною забруднення був спуск промислових стічних вод у глибокі кар'єри чи яри, причому забруднювачі часто проникали навіть у потік міжпластових вод. Відбувалася також фільтрація промислових стоків із нагромаджувачів стічних вод і хвостоташламосберігачів, дно і стіни яких не мали задовільної гідроізоляції. Такі

самі причини проникнення забруднення в підземні води з могильників, які служать для захоронення особливо небезпечних токсичних відходів.

Хімічне забруднення підземних вод залишається непомітним частіше і довше, ніж забруднення відкритих водоймищ. У цьому разі артезіанські свердловини, що живляться водою забрудненого водоносного горизонту міжпластових вод, перестають використовувати через різке погіршення органолептичних якостей води (вода набуває запаху нафти, ароматичного запаху, солоного присмаку тощо) або через неприпустимі концентрації токсичних речовин. При цьому швидко поліпшити якість такої води переважно неможливо і джерело надовго вибуває з ладу.

**Джерела.** Підземні води можуть самостійно виходити на поверхню землі. Тоді вони мають назву джерел, з яких утворюються ключі або струмочки. Виходити на поверхню можуть як ґрунтові, так і міжпластові води, якщо відповідний водоносний горизонт розрізується внаслідок падіння рельєфу, наприклад, на схилі гори, в глибокому яру. Такі джерела називаються низхідними. Якщо ж в яру або річковій долині переривається перший водотривкий шар, то напірна міжпластова вода, яка міститься під ним, виходить на поверхню у вигляді висхідного, що б'є ключем, джерела. Якість джерельної води залежить від водоносного горизонту, що живить джерело, і від обладнання каптажу, тобто споруд для забирання води. При достатньому і постійному дебіті джерела використовують для облаштування водогонів у невеликих населених пунктах.

Вивчення випадків забруднення джерельних вод показує, що найчастіше воно відбувається поблизу місця їх виходу, де стоншується перекриваючий шар породи.

З метою запобігання забрудненню підземних вод під час експлуатації водних джерел необхідно дотримуватись таких основних правил забудови і обладнання криниць та інших каптажних споруд:

1. Місце забудови колодязя повинно розміщуватися вище від рельєфу місцевості і якомога далі від об'єктів, які забруднюють ґрунт. Це місце не повинно заболочуватися або затоплюватися. Під час експлуатації необхідно оберігати ґрунт території, що оточує джерело, від забруднення.

2. Стіни колодязя або каптажу мусять бути водонепроникними. У нас довкола верхньої частини стін колодязя звичайно облаштовують так званий глиняний замок, щоб поверхневі води не могли просочуватися поблизу і вздовж стін споруди до водоносного горизонту або до колодязя.

Оскільки бактеріальні забруднення проникають у колодязі переважно не з потоком підземних вод, а через «гирло», то забір води повинен проводитися при закритому колодязі, щоб до нього не потрапили зовнішні забруднення.

**Шахтні колодязі.** У сільських місцевостях обладнують копані шахтні колодязі квадратного або круглого січення (площею приблизно 1 м<sup>2</sup>). Відстань від криниці до споживача води не повинна перевищувати 50—150 м.

Місце для колодязя вибирають на підвищенні, не ближче ніж 30 м від можливих джерел забруднення, наприклад, туалету, компосту, конюшні тощо. Якщо туалет розміщений вище, ніж колодязь, відповідно до рельєфу місцевості, то відстань між ними за наявності рихлого дрібнозернистого ґрунту повинна бути не меншою ніж 80—100 м, в інших випадках — 120—150 м. Копуючи колодязь, бажано дійти до другого водоносного горизонту, якщо він залягає не глибше ніж 30 м. Дно шахти колодязя залишається відкритим, а бокові стіни закріплюють матеріалом, який забезпечує водонепроникність. Найчастіше використовують залізобетонні кільця. Місця стику між ними закладають цементом, цеглою чи іншим матеріалом. Поверхню стін цементують, щоб запобігти проникненню води. Глибина водонепроникних стін колодязя повинна бути не меншою ніж 3 м. Стіни колодязя повинні підніматися над поверхнею

землі не менше ніж на 0,8 м. Для будівництва глиняного замка довкола колодязя викопують яму завглибшки до 1—1,5 м, завширшки 1 м і заповнюють її добре утрамбованою жирною (пластичною) глиною. Довкола наземної частини колодязя поверх глиняного замка в радіусі 2 м роблять підсіпку піском і замоцують бетоном, каменем або цеглою з нахилом для стікання випадково розлитої води і атмосферних опадів у бік від колодязя до водопровідного рову. Бетонне оголів'я колодязя має бути заввишки не менше ніж 1 м.

Істотне значення має техніка водозабору з шахтних колодязів. Як свідчить практика, часто забруднення води відбувається через відкрите гирло колодязя під час набирання води забрудненими відрами, принесеними з дому.

Кращим способом підняття води з колодязя необхідно визнати ручний або механічний — насоси з електроприводом. Колодязі, обладнані насосом, щільно закриті і не забруднюються ззовні. За відсутності насоса можна користуватися водопідійомниками стрічкового типу. Якщо воду розбирають відрами, то колодязь має бути обладнаний громадським відром. Довкола колодязя викопують неглибокий рів, який перехоплює дощові води і відводить їх нижче від місця розташування колодязя.

**Трубчасті колодязі.** Якщо ґрунтові води розміщені не глибше ніж 7—8 м, то для їх отримання можна використовувати так звані дрібнотрубчасті колодязі. Дрібнотрубчасті колодязі бурять вручну і обладнують ручним насосом, продуктивність якого 0,5—1 м<sup>5</sup> за 1 год. У багатьох місцевостях дрібнотрубчасті колодязі обладнують шляхом забивання труб у ґрунт. Їх називають абіссінськими. Абіссінські колодязі легко забиваються, очищуються і знову забиваються. Але їх неможливо забивати у твердих, скельових ґрунтах.

Із більш глибоких водоносних горизонтів воду отримують через глибокі трубчасті колодязі, які часто використовують на комунальних водогонах для водопостачання сіл, окремих підприємств і міст.

Для обладнання глибокотрубчастого колодязя за допомогою спеціальних бурових станків у землі бурять свердловину, яка являє собою вертикальну циліндричну шахту діаметром від 50 до 600 мм і завглибшки від 10—15 до 1500 м і більше. Щоб запобігти обвалюванню стін, у бурову свердловину забивають металеві труби, які називаються обсадними. Воду зі свердловини піднімають різними видами насосів, продуктивність яких досягає 100 м<sup>3</sup> за 1 год і більше.

У разі правильного обладнання глибокі трубчасті колодязі забезпечують зберігання чистоти артезіанської води. Але і в цих колодязях вода може забруднюватись, якщо між забрудненою ґрунтовою водою та експлуатованим глибоким водоносним горизонтом є зв'язок.

Забруднення можуть також потрапляти через гирло свердловини. Щоб запобігти цьому, верхню колону обсадних труб на місці входження всмоктувальної труби або інших водоприйомних пристосувань потрібно повністю герметизувати. Простір між обсадними трубами і стінами свердловини (затрубний простір) заливають під тиском цементним розчином. Для водопостачання великих міст використовують десятки свердловин.

Упровадження досягнень науково-технічного прогресу розширює можливості використання підземних вод. Сучасні методи розвідки води виявили, що в багатьох аридних місцевостях на глибині до 500—1000 м розміщені величезні запаси прісних і солонуватих вод, які придатні для різноманітного використання. Сучасні бурові станки і водопідйомні пристрої дозволяють швидко споруджувати і експлуатувати глибокі свердловини. За останні 10 років у багатьох країнах налагоджене масове

виробництво ручних і механічних насосів для піднімання води з копаних колодязів.

### **Відкриті водоймища**

Поверхневі води стікають по природних нахилах до більш низьких місць, утворюючи проточні і непроточні водоймища: струмки, ріки, проточні і непроточні озера.

Відкриті водоймища живляться не тільки атмосферними, але й частково підземними водами.

Відкриті водоймища забруднюються ззовні, тому, з епідеміологічної точки зору, всі відкриті водоймища більшою чи меншою мірою потенційно небезпечні. Відкриті водоймища можуть відігравати певну роль у поширенні інфекцій і гельмінтозів у разі використання води для пиття і харчових цілей (амебіаз, кишкові інфекції, дракункульоз, лептоспіроз тощо), а також під час купання (шистосоматоз, лептоспіроз тощо), у разі використання в їжу риби, ракоподібних, молюсків, водних рослин у сирому чи напівсирому вигляді (дифілоботріоз, клонорхоз, опісторхоз вівері, парагоніmoz, ангіостронгілідіоз, вірусний гепатит тощо).

Особливо сильно забруднена вода в ділянках водоймища, що прилягає до населених пунктів, і в місцях спуску стічних вод промисловими підприємствами і тваринницькими господарствами.

У водоймищах із застійною водою або з незначною течією спостерігається інтенсивне цвітіння води, тобто масовий розвиток планктону із зелених водоростей. Вода забарвлюється в зеленуватий або бурий колір і внаслідок масового відмирання водоростей набуває неприємного запаху і присмаку. Є дані про те, що під час цвітіння води в ній утворюються речовини, не байдужі для організму людини. Цвітіння водоймищ посилюється в разі змивання в них добрив із полів. Той чи інший, хоч би незначний, присмак або запах є у воді майже кожного відкритого водоймища. Вони виникають унаслідок розпаду органічних

речовин у воді і у відкладеннях на дні, а також унаслідок вимивання актиноміцетів і продуктів їх життєдіяльності з ґрунту.

Поверхневі води слабо мінералізовані, м'які, але в проточних озерах і водоймищах концентрація солей у воді може бути значно збільшена внаслідок її випаровування. Для відкритих водоймищ характерна непостійність якості води, яка може змінюватися залежно від сезону року і навіть погоди, наприклад, після злив. Останні змивають у водоймище шкідливі хімічні речовини (пестициди та інші агрохімікати, тверді відходи промисловості тощо) і збудників хвороб, особливо в тих місцевостях, де відсутні туалети, які відповідають санітарним вимогам. Тому якість води після злив різко погіршується: каламутність зростає до 3—10 г/л, колі-індекс — до 1 млн, у воді виявляють значні концентрації пестицидів та інших токсичних речовин.

**Самоочищення водоймищ.** Попри майже безперервне надходження різноманітних забруднень у відкриті водоймища, в більшості з них прогресуючого погіршення якості води не спостерігається. Це потрібно віднести на рахунок тих багатогранних фізико-хімічних і біологічних процесів, які призводять до «самоочищення» водоймища від завислих частинок, органічних речовин, мікроорганізмів та інших видів забруднень.

У разі надходження стічних вод у водоймища вони переміщуються з водою і знижується концентрація забруднень. Потім завислі мінеральні та органічні частинки, яйця гельмінтів і мікроорганізми частково осідають, вода освітлюється і стає прозорою.

Розчинені органічні речовини, що потрапили у воду, мінералізуються за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів, які заселяють водоймище, подібно до того, як це відбувається у ґрунті. Процеси біохімічного окислення закінчуються нітрифікацією з утворенням кінцевих продуктів — нітратів, карбонатів, сульфатів тощо. Для біохімічного окислення органічних речовин потрібна наявність у воді розчиненого кисню, запаси

якого в міру використання поновлюються за рахунок дифузії з атмосфери через водне дзеркало водоймища. У чистих водоймищах насичення води киснем перевищує 50%.

У процесі самоочищення відбувається відмирання сапрофітів і особливо патогенних мікроорганізмів. Вони гинуть унаслідок зменшення у воді поживних речовин, бактерицидної дії сонячного проміння, бактеріофагів та антибіотичних речовин, які виділяються грибами й іншими сапрофітами, і від інших чинників.

Особливу увагу привертає доля у водоймищах вірусів. Завдяки своїй високій стійкості ентеровіруси можуть поширюватися в річках на значну відстань від джерела забруднення. У прибережних районах моря ентеровіруси виявляють на відстані до 7 км від місця викиду побутових стічних вод. Важливо зазначити, що віруси, осідаючи, на довгий час інфікують мул і молюсків. Як правило, інфіковані молюски побутують у забруднених прибережних районах морів і їх широко використовує місцеве населення як харчовий продукт. Є дані, що навіть молюски, виловлені у водах, задовільних за колі-титром, ставали джерелом спалахів інфекційного гепатиту А.

Унаслідок самоочищення забруднена вода стає прозорою, неприємний запах зникає, органічні речовини мінералізуються, частина патогенних збудників гине і вода відновлює ті якості, які вона мала до забруднення. Швидкість самоочищення залежить від потужності водоймища і ступеня його забруднення.

Цінним показником ступеня забруднення води органічними речовинами та інтенсивності процесів самоочищення є біохімічна потреба кисню (БПК). БПК — це кількість кисню, потрібна для повного біохімічного окислення речовин, що містяться в 1 л води, за температури 20 °С. Чим інтенсивніше забруднена вода, тим більша її БПК.



Здатність водоймища самоочищуватися має межі. У разі сильного забруднення органічними речовинами виникає нестача розчиненого кисню і розвивається анаеробна мікрофлора. Унаслідок гнильних процесів вода і повітря над нею забруднюються смердючими газами і водоймище перестає бути не тільки джерелом водопостачання, але і оздоровчим і господарським об'єктом. Зниження вмісту кисню у воді до 1,5—2 мг/л призводить до замору риби, що досягає катастрофічного характеру у разі зниження до 1 мг/л. У невеликих і особливо непроточних водоймищах здатність до самоочищення незначна. Нині самоочисні здатності навіть великих рік та озер США і Західної Європи недостатні для ліквідації забруднень, які вносяться погано очищеними стоками промислових підприємств і опадами, що змивають із полів пестициди та інші агрохімікати.

У разі необхідності використовувати відкрите водоймище для водопостачання необхідно, по-перше, віддати перевагу великим і проточним незарегульованим водоймищам; по-друге, оберігати водоймище від забруднення побутовими і промисловими стічними водами, а також пестицидами; по-третє, надійно знезаражувати воду. Часто, крім знезараження, потрібно ще очищувати воду від завислих речовин і забарвлення, а в деяких випадках — і від токсичних домішок.

Останнім часом відкриті водоймища все частіше використовують як джерела водопостачання для водогонів. Це пояснюється розвитком і вдосконаленням техніки очищення і знезараження води, а також тим, що величезні потреби водопостачання сучасних великих міст не можуть бути забезпечені підземними водами.

З огляду на викладене про гігієнічну характеристику джерел водопостачання в першу чергу слід орієнтуватися на напірні, міжпластові (артезіанські) води. Якщо неможливе їх використання, вишуковують інші в такому порядку:

- а) міжпластові безнапірні води, в тому числі джерельні;
- б) ґрунтові води;
- в) відкриті водоймища.

### **Санітарна охорона водоймищ**

У багатьох країнах охорона водоймищ від забруднень збудниками інфекційних захворювань ще продовжує залишатися пріоритетною проблемою.

Однак у зв'язку з індустріалізацією, зростанням кількості промислових стоків, прогресуючою хімізацією сільського господарства (пестициди, азотні та інші добрива) швидко зростає актуальність захисту водоймищ і від хімічного забруднення.

Забруднюючи водоймище, хімічні речовини можуть погіршувати органолептичні властивості води, надаючи їй неприємного присмаку, запаху або кольору. Вони можуть також згубно впливати на флору і фауну води, спричиняючи загибель риби і пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, які беруть участь у процесах самоочищення. За певних концентрацій токсичні речовини небезпечні для здоров'я людини. Вживання забрудненої ними води може призвести до гострої або хронічної інтоксикації.

Велику небезпеку являє собою спуск у водоймище стічних вод, що містять радіоактивні речовини, особливо довгоживучі радіонукліди. Останні, як і стійкі токсичні речовини, можуть нагромаджуватися в тканинах водних організмів, що створює потенційну небезпеку вторинного забруднення води і підвищення концентрації радіоактивних речовин у тканинах риб і водоплавних птахів.

Негативно відбивається на якості води або процесах самоочищення водоймища спуск стічних вод, що містять кислі або лужні сполуки, забарвлені речовини, залишки нафти або продуктів її переробки.

Слід зауважити, що розташовані у населеному пункті підприємства часто без очищення скидають свої стоки у міську каналізацію, через що погіршується хімічний склад господарсько-фекальних вод, насамперед за рахунок збільшення концентрації важких металів, арсену та інших токсичних речовин.

Водні ресурси країни є державною власністю і підлягають охороні від забруднення і виснаження. У нашій державі основу водного законодавства складає Держстандарт 383 — 96 «Вода питна», що передбачає необхідність першочергового задоволення питних і побутових потреб населення, і тому велике значення надається гігієнічним вимогам до стану даних водних об'єктів і якості води в них. Існують також «Правила охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Ці правила вимагають проведення заходів, що виключають необхідність спуску стічних вод у водоймища. Цього можна досягти шляхом раціоналізації технологічного процесу, повторного використання підприємством стічних вод після їх очищення (так званий зворотний цикл), шляхом скиду стічних вод на земельні угіддя для зрошення й удобрення.

Правила дозволяють випуск стічних вод у водоймища лише в тому разі, коли цьому неможливо запобігти. Стічні води перед випуском у водоймище, що використовується для водопостачання населення або харчових підприємств, мають бути очищені до такого ступеня, щоб після змішування та розведення водою водоймища в найгірших умовах вони відповідали наступним вимогам: 1) не погіршували значно органолептичні властивості води, а також зовнішній вигляд водоймищ; 2) не погіршували процеси самоочищення, що проходять у водоймищі, та життя водної фауни й флори; 3) не вносили у водоймище патогенних мікроорганізмів або шкідливих речовин у концентраціях, токсичних для населення, яке використовує воду для пиття.

Реалізація цих правил вимагає наукового обґрунтування гранично допустимих концентрацій (ГПК) шкідливих речовин у воді. Гігієністи визначили такі концентрації для більш ніж 700 різноманітних хімічних речовин, які можуть забруднювати водоймища. Методики наукових досліджень, які виконуються для обґрунтування ГПК хімічних речовин, полягають у тому, що кожен речовину досліджують у трьох напрямках: санітарно-токсикологічному, органолептичному і загальносанітарному.

### ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

До числа традиційних методів, які найчастіше застосовують для поліпшення якості води на водогонах, належать: освітлення, знебарвлення, знезараження- очищення води від патогенних мікробів і вірусів.

Нині для освітлення і знебарвлення води часто використовують хімічну обробку коагулянтами, яка прискорює осідання завислих частинок. Процес освітлення і знебарвлення води, як правило, завершують фільтруванням води через шар зернистого матеріалу, наприклад через пісок. Використовують два види фільтрування – повільне і швидке.

Прагнення прискорити осідання завислих частинок, знебарвлення води і прискорення процесу фільтрування призвело до використання у практиці очистки води коагулювання. Для цього до води додають речовини, названі коагулянтами:  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $FeSO_4$  та ін. Застосування коагуляції дозволяє знебарвити воду, скоротити термін відстоювання води до 2—3 год і застосувати швидко діючі фільтри. Унаслідок коагуляції і відстоювання з води осідає понад 95% яєць гельмінтів.

Завдяки обробці води коагулянтами і ефективному утворенню пластівців з води виводиться до 90% (і більше) бактерій та вірусів. Коагуляцію зараховують до найефективніших методів очистки води від

вірусів. Найкращого очищення води досягають за допомогою змішаного коагулянту (сульфату алюмінію та солей заліза).

Після коагуляції, відстоювання і фільтрації вода стає прозорою, знебарвленою, звільненою від яєць гельмінтів і від 70—98% мікробів, що містилися в ній. Тому вода, що пройшла через швидкі фільтри, потребує знезараження.

**Знезараження** належить до числа найбільш широко застосовуваних методів поліпшення якості води. Воно є звичайно заключним і дуже важливим процесом очищення води. Що краще проведені освітлення і знебарвлення води, то ефективніші будь-які заходи знезараження води.

**Хлорування води.** Хлорування води є одним із найпоширеніших профілактичних заходів, які відіграють величезну роль у запобіганні водним епідеміям.

Таке широке використання хлорування пояснюється надійністю знезараження, доступністю виконання і тим, що воно дешеве.

Існує багато способів хлорування води, наприклад, хлорування звичайними і післяпереломними дозами хлору, хлорування з амонізацією, суперхлорування, хлорування таблетками тощо. Це дозволяє використовувати хлорування в різних умовах — на великих водогонах і для знезаражування води у діжці на полі, на невеликому сільському водогоні і у флязі з водою.

**Озонування води.** Озонування води широко використовують в індустріальних країнах. Озон у воді розкладається з утворенням атомарного кисню. Останнім часом доведено, що механізм розпаду озону у воді складний — відбувається низка проміжних реакцій з утворенням вільних радикалів (наприклад,  $\text{HO}_2$ ), які також мають окислювальні властивості. Сильнішу окислювальну і бактерицидну дію озону, ніж хлору, пояснюють тим, що його окислювальний потенціал (+1,9 В) більший від окислювального потенціалу хлору (+1,36 В). З гігієнічної точки зору

озонування є одним із кращих методів знезараження води. Унаслідок озонування вода знезаражується надійно, руйнуються органічні домішки, а її органолептичні властивості не тільки не погіршуються, як при хлоруванні чи кип'ятінні, а навіть поліпшуються: зменшується кольоровість води, усуваються зайві присмаки і запахи. Вода набуває приємного блакитного відтінку, і населення прирівнює її до джерельної. Надлишок озону швидко розкладається з утворенням кисню.

Доза озону, необхідна для знезараження, для більшості вод становить 0,5—6 мг/л; для знебарвлення і поліпшення органолептичних властивостей води часом потрібні більші дози. Тривалість знезараження води за допомогою озону — 3—5 хв. Залишкового озону (після камери змішування) має бути 0,1—0,3 мг/л. Концентрація залишкового озону 0,4 мг/л гарантує інактивацію більше ніж 99% вірусів протягом 5 хв.

**Опромінення води УФ-промінням.** Ще наприкінці минулого століття було встановлено, що коротке УФ-проміння має бактерицидну дію. Максимально ефективними виявилися промені з довжиною хвилі 250—260 нм, які проникають навіть через 25-сантиметровий шар прозорості та безбарвної води. Знезаражування води УФ-промінням відбувається досить швидко: після 1—2 хв опромінення достатньої потужності гинуть вегетативні форми патогенних мікроорганізмів. Каламутність, а особливо забарвлення і солі заліза, зменшуючи проникність води для бактерицидного проміння, сповільнюють знезараження.

Таким чином, необхідною передумовою для надійного знезараження води УФ-промінням є попереднє освітлення і знебарвлення.

Опромінення УФ-промінням має певні переваги над хлоруванням. Бактерицидні промені не денатурують воду і не змінюють її органолептичних властивостей, а також мають ширший спектр абіотичної дії. Їх згубна дія поширюється на спори, віруси і яйця гельмінтів, стійкі до хлору. Багато дослідників вважають, що опромінення УФ-радіацією є

найкращим із відомих вірусоцидних агентів для дезінфекції добре очищеної води.

### **Методи знезараження води при децентралізованому водопостачанні**

**Кип'ятіння води.** Кип'ятіння є простим і найнадійнішим методом знезараження води.

Вегетативні форми патогенних мікроорганізмів гинуть після 20—40-секундного нагрівання за температури 80 °С, і тому в момент закипання вода вже фактично знезаражена, а після 5-хвилинного кип'ятіння є повна гарантія її безпечності навіть у разі сильного забруднення завислими речовинами, бактеріями, вірусами та іншими збудниками хвороб.

Завдяки 30-хвилинному кип'ятінню гине переважна більшість спорових форм мікробів, тобто досягається стерилізація води. Зокрема, знешкоджуються спори сибірки, яйця і личинки гельмінтів, руйнується токсин ботулізму, гинуть яйця і цисти всіх видів протозойних.

До чинників, які обмежують можливість широкого використання кип'ятіння як методу знезараження води, належать: неможливість використання кип'ятіння для знезараження великих об'ємів води на водогонах, погіршення смаку води через випаровування газів, необхідність охолодження води і швидкий розвиток мікроорганізмів у перевареній воді у разі її вторинного забруднення.

У разі користування водою, яка не була знезаражена централізовано, кип'ятіння часто використовують у побуті, лікарнях, школах, дитячих закладах, на виробництвах, залізничних станціях тощо.

Користуючись перевареною водою для питних цілей, потрібно старанно мити бачки для води перед їх заповненням, а також щоденно міняти воду, враховуючи можливість швидкого розвитку мікроорганізмів у перевареній воді.

Вода, забруднена цистами, має бути переварена. У тому разі, коли потрібні великі кількості води і кип'ятіння є нереальним, використовують такі методи обробки: 1) коагуляція води сульфатом алюмінію (додають 100—150 мг/л коагулянту); 2) відстоювання води протягом 1 год; 3) фільтрація через піщаний фільтр; 4) хлорування протягом 30 хв при залишковому хлорі 1 мг/л.

**Бактеріальні фільтри.** Раніше зазначалося, що внаслідок хлорування яйця гельмінтів і цисти амеб не гинуть. Тому в багатьох країнах знайшли широке використання портативні бактеріальні фільтри. Вони являють собою пристрої, в яких вода під тиском, що його створює ручний насос, або шляхом включення у водогінну сітку фільтрується через спеціальні фільтри, так звані свічки (марки Беркефельда, Шамберлена). Свічка являє собою порожню циліндричної форми посудину, виготовлену з пористого керамічного матеріалу (наприклад, фарфору) або кізельгуру (інфузорна земля). Вода фільтрується через зовнішню поверхню свічки всередину. Залежно від величини пор вона звільняється від завислих частинок, яєць гельмінтів, бактерій і навіть вірусів. Якщо вода не освітлена і поверхня свічки замулюється, то фільтрація різко знижується. У такому випадку свічки періодично (один раз на тиждень) очищають, промиваючи за допомогою щітки або губки і кип'ятять протягом 5—10 хв у воді. Необхідно слідкувати, щоб у свічках не утворювалися тріщини (наприклад, унаслідок удару), через які проникає забруднення.

Низка фірм виготовляє свічки трьох марок. Фільтри марки «U» великопористі, призначені головним чином для видалення завислих речовин. Вони можуть використовуватися на першому етапі очищення води. Фільтри марки «N» — середньопористі, призначені для затримання яєць гельмінтів, церкарій і цист, бактерій. Фільтри марки «W» — дрібнопористі, затримують навіть віруси. Виготовляють також кізельгурові



фільтри, поверхня яких вкрита осілим срібром, незначні кількості якого переходять у воду і мають додаткову знезаражувальну дію.

**Хімічні методи.** В експедиціях, туристичних походах тощо з успіхом використовують хімічні методи дезінфекції за допомогою таблеток або розчинів.

Так, таблетки «Halazone» містять хлорамін, стійкий при зберіганні. Додають таблетку до зазначеної в інструкції кількості води (звичайно 1 л), перемішують кожні 3—5 хв і через 30 хв воду можна вживати. Недоліком таблетки є те, що вона може виявитися недостатньою для сильно забрудненої води. У такому разі перевагу надають таблеткам «Clor-deschog». Таблетка складається з великої кількості хлорвмісного препарату, достатнього для дезінфекції навіть дуже забрудненої води. В середині таблетки міститься дехлоруючий агент (звичайно гіпосульфід натрію). Одну таблетку додають до води і кожні 2—3 хв воду старанно перемішують. Після розчинення зовнішньої частини таблетки її серцевина нейтралізує надлишок хлору. Якщо вода особливо підозріла, то для надійного знезараження додають одразу 2—3 таблетки.

У нашій країні для знезараження невеликих кількостей води в туристичних походах використовують таблетки, які містять стійкі хлорвмісні сполуки: «Аквацид» (натрієва сіль ізоціанурової кислоти) і «Аквасептол». Одну таблетку, що містить 3,5 мг активного хлору, додають до 1 л води. Таблетки швидко розчиняються. Для надійного знезараження потрібний 30-хвилинний контакт.

Найпростішим є спосіб знезараження води за допомогою 10% розчину йоду. На 1 л води додають 2 (якщо вода дуже забруднена) краплі розчину. Через 20—30 хв вода придатна для пиття. Добре знезаражують воду від бактерій, цист амеби, церкарій, лептоспір, багатьох вірусів таблетки, що містять трийодат тетрагліцинату натрію. Вони мають назву «Clobaline», «Potable Agua» і належать до найкращих знезаражувальних

засобів. Дослідження довели, що використання препаратів йоду нешкідливе для людини.

При індивідуальному знезараженні води необхідно скрупульозно виконувати інструкції. Знезаражену воду потрібно так зберігати, щоб не допустити вторинного забруднення. Посуд для зберігання води повинен бути старанно вимитий і споліснутий окропом або оброблений хлорним розчином.

### **Спеціальні методи поліпшення води**

Традиційна технологія очищення води на водогонах, призначена для освітлення, знебарвлення і знезараження, має лише обмежену бар'єрну дію за наявності у воді інтенсивного забруднення деякими збудниками захворювань і хімічними речовинами, які через недотримання санітарних правил промисловими підприємствами та іншими об'єктами можуть забруднювати водоймища, особливо в густонаселених районах і з розвинутою промисловістю. Посилення бар'єрної ролі водогінних споруд стосовно деяких забруднень досягається використанням підвищених доз коагулянтів, збільшенням часу відстоювання, зниженням швидкості фільтрації, використанням подвійного хлорування або перехлорування. Якщо цього недостатньо, то залежно від складу і концентрації забруднень використовують сильні окислювачі (озон, калію перманганат), сорбенти (активоване вугілля в гранульованому або порошкоподібному вигляді), іонообмінні матеріали, а часто поєднання декількох методів.

**Дезодорація** — усунення присмаків і запахів води — досягаються аеруванням води, обробкою її окислювачами (озонування, діоксид хлору, калію перманганат), фільтруванням через шар активованого вугілля, адсорбуючого смердючі речовини, і вуглюванням, тобто шляхом уведення у воду доевідстоювання порошкоподібного активованого вугілля. Вибір методу дезодорації залежить від походження присмаків і запахів.

**Знезалізнення** досягається шляхом розбризкування води з метою аерації у спеціальних пристроях — градирнях. При цьому двохвалентне залізо окислюється в гідрат окису заліза, який осідає у відстійнику або затримується на фільтрі. Якщо концентрація заліза у воді більша ніж 4 мг/л, потрібне попереднє осідання солей заліза.

**Пом'якшення.** До старих методів пом'якшення води належить содово-вапняний, за допомогою якого кальцій і магній осаджують у відстійнику у вигляді нерозчинних солей ( $\text{CaC}_2$ ,  $\text{MgCO}_3$  та ін.). Більш сучасним є фільтрування води через фільтри, заповнені іонітами. Іонітами називають тверді нерозчинні, зернисті, подібні до піску матеріали, що мають здатність обмінювати свої іони на іони солей, розчинених у воді. Іоніти, що обмінюють свої катіони ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ), називаються катіонітами, а ті, що обмінюють аніони ( $\text{OH}^-$ ), — аніонітами.

Іоніти можуть бути природного і штучного походження (оброблене сірчаною кислотою вугілля, синтетичні іонообмінні смоли). Використовуючи фільтрування води через катіоніт, можна усунути з неї катіони, фільтруючи її через аніоніт — видалити аніони.

При фільтруванні води іонообмінні властивості іонітів поступово знижуються. Після виснаження обмінних властивостей іоніти можуть бути регенеровані (відновлені). Катіоніти регенерують шляхом промивання розведеним розчином кислоти або міцним розчином хлориду натрію, аніоніти — промиванням розчином лугу.

Для пом'якшення води застосовують її фільтрування через шар природних (глауконітовий пісок) або штучних катіонітів завтовшки 2—4 м. При цьому  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  води обмінюються на  $\text{Na}^+$  або  $\text{H}^+$  катіоніту.

**Опріснення.** Дефіцит прісної води в аридних зонах різко обмежує водоспоживання. Так, у Сахарі середнє водоспоживання становить 4—8 л на добу для людини, тоді як господарсько-питні потреби складають декілька десятків літрів. Це робить необхідним використання ресурсів

високомінералізованих підземних вод і солоних вод Світового океану, чого можна досягнути за допомогою опріснення води.

Нині відомо багато методів опріснення: дистиляційні (найстародавніші), хімічні (іонний обмін, реагентні методи), із застосуванням селективних мембран (електродіаліз, гіперфільтрація) та ін. Найпоширеніші з цих методів пов'язані з випаровуванням води і наступною конденсацією пари. Є пристрої, що опріснюють сотні тисяч кубічних метрів води на добу, забезпечуючи населення міст прісною водою. Дистиляційний метод опріснення потребує великих енергозатрат, тому значна кількість таких пристроїв є в Кувейті та інших країнах Близького Сходу, багатих на нафту. Спорудження великих опріснювальних пристроїв також пов'язують із розвитком атомної енергетики. Показовим є створення величезного опріснювального комплексу, який забезпечує водою (з Каспійського моря) населення м. Шевченка. Тут виробляється приблизно стільки опрісненої води, скільки забезпечують її майже всі опріснювальні пристрої нашої планети. Опріснену воду обробляють, оптимізуючи її для пиття. її фільтрують через активоване вугілля, виводячи легкий запах водоростей, фторують і збагачують мінеральними солями, пропускаючи через фільтри з мармуровою крошкою і додаючи частину неопрісненої води.

Крім цього, для опріснення невеликих кількостей води можуть використовуватися сонячні опріснювачі парникового типу.

Послідовне фільтрування води спочатку через катіоніт, а потім через аніоніт дозволяє звільнити воду від усіх розчинених у ній солей і тому застосовується з метою опріснення .

Іонітові пристрої для опріснення води можуть бути як стаціонарними, так і пересувними (експедиції, польові стани).

**Дезактивація.** Коагуляція, відстоювання і фільтрація води на водогонях знижують вміст радіоактивних речовин у ній на 70—80%. З

метою більш глибокої дезактивації воду фільтрують через катіоно- і аніонообмінні смоли.

**Денітрифікація.** Найпоширенішим методом виведення нітратного азоту з води є аерація попередньо обробленої вапном води до рН 10,5—11 у протипотічних вежах. Нагріта до температури 30—40 °С вода контактує з великою кількістю повітря (на 1 м<sup>3</sup> води 1500 м<sup>3</sup> повітря). Унаслідок хімічної реакції з нітратів утворюється аміак, який віддувають.

**Знефторювання води.** У разі необхідності звільнити воду від надлишку фтору її фільтрують через аніонообмінні смоли. Як іонообмінний матеріал часто використовують активований і гранульований окис алюмінію. Інколи є можливість зменшити вміст фтору у воді до оптимальних величин за рахунок розведення водою з іншого джерела, в якій міститься мінімальна кількість фтору.

**Фторування води.** Останніми роками велику увагу дослідники приділяють фторуванню води, тобто штучному додаванню до неї фтористих сполук з метою зменшення захворюваності на карієс зубів. Карієс зубів належить до числа найпоширеніших захворювань людини і спричиняється не тільки до втрати зубів, а й до інших захворювань ротової порожнини і кісток (наприклад, остеомієліт щелепних кісток), хроніосепсису, ревматизму, різних захворювань травної системи через погіршення розжовування їжі та сповільнення її евакуації зі шлунка. Попри вжиття стоматологами різних країн заходів боротьби з карієсом, захворюваність на нього майже постійно зростає.

Доведено, що використання фторованої води знижує захворюваність на карієс у 2—4 рази. Найкращого протикарієсного ефекту досягають у тому разі, коли людина вживає фторовану воду з раннього дитинства. Комплексна профілактика шляхом фторування води, раціоналізації харчування і проведення заходів гігієни ротової порожнини дозволяє знизити захворюваність на карієс на 80— 90%. ВООЗ розглядає

фторування води як одне з найбільших досягнень профілактичної медицини нашого часу.

Фторування води з вмістом фтору менше ніж 0,5 мг/л здійснюють шляхом додавання до неї розчину сполуки фтору (фторид або кремнієфторид натрію, кремнієфториста кислота тощо) в такій кількості, щоб концентрація фтор-іону у воді була оптимальною для даних кліматичних умов.

### **ГІГІЄНА ГРУНТУ ТА ОЧИЩЕННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ**

Людина є резервуаром збудників інфекційних захворювань і гельмінтозів із фекально-оральним механізмом передачі. Сприяє поширенню цих захворювань незадовільна організація знешкодження фекалій та інших відходів, що веде до забруднення ґрунту та водоймищ, і часто поєднується з відсутністю відповідного гігієнічного водо-забезпечення, а також з недостатньою санітарною культурою населення, особливо сільських місцевостей.

Науково-технічний прогрес та інтенсивні темпи урбанізації загострили цю проблему і для населених місць міською типу, в яких утворюється значна кількість нечисті і твердих відходів, каналізаційних побутово-господарських і промислових стічних вод, здатних забруднювати навіть величезні водоймища збудниками захворювань та шкідливими хімічними речовинами. Ось чому в переліку заходів, складених Комітетом експертів ВООЗ щодо оздоровлення навколишнього середовища, серед найважливіших і невідкладних розроблено заходи, спрямовані на радикальне поліпшення збору, очищення та знешкодження нечистот, твердих відходів і стічних вод з метою санітарної охорони від забруднення ґрунту, підземних вод і відкритих водоймищ.

### **ГІГІЄНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ГРУНТУ**

**Ґрунтом** називається пухкий поверхневий шар земної кори, якому властива родючість. Ґрунт утворився з гірських порід під дією

біологічних, фізичних, хімічних чинників і являє собою комплекс мінеральних та органічних частинок, заселений значною кількістю мікроорганізмів. Мінеральними компонентами ґрунту є дрібні частки материнських гірських порід. Органічна частина складається із рослинних і тваринних організмів та їх залишків, які перебувають на різних стадіях свого розкладання. Серед них велике значення мають стійкі гумінові речовини. Важливу роль у процесах утворення ґрунту та його самоочищення, тобто у процесах розпаду та перетворення органічних речовин, відіграють мікроорганізми. Завдяки розкладанню органічних речовин мікроорганізмами ґрунт є головною ланкою в колообігу та перетворенні речовин у природі.

Як один із основних елементів навколишнього середовища ґрунт і підстильні породи, хоча і опосередковано, але суттєво впливають на здоров'я та санітарні умови життя людей.

Від типу ґрунту та його хімічного складу залежить рослинність місцевості, хімічний склад харчових продуктів рослинного і, отже, тваринного походження. Нестача або надлишок тих чи інших хімічних елементів у ґрунті призводить до нестачі або надлишку їх у харчових продуктах чи у воді, що впливає на здоров'я населення.

Наприклад, відомо, що внаслідок підвищеного рівня радіоактивності ґрунту і гірських порід поблизу місця народження уранових руд може відзначатися локальне підвищення радіоактивності повітря, питних вод і рослин, а отже, значно посилюється природний фон іонізуючих випромінювань, який може спричинити несприятливі генетичні наслідки.

У зв'язку з науково-технічним прогресом зросло значення забруднення ґрунту екзогенними хімічними і радіоактивними речовинами, які містяться в атмосферних викидах та інших відходах промисловості, електростанцій, транспорту. Важливим джерелом забруднення ґрунту стали стійкі пестициди, які використовувались у значних кількостях у

сільському та лісовому господарстві. Впливають на природний хімічний склад ґрунту і мінеральні добрива. Мігруючи з ґрунту в середовища, які контактують з ним, екзогенні хімічні речовини через харчові продукти, воду та іншими шляхами можуть впливати на організм і здоров'я людини.

Від фізико-хімічних властивостей ґрунту залежить формування складу підземних вод. Ґрунт є одним із кліматотворчих чинників. Його заболоченість або високе стояння рівня ґрунтових вод робить клімат місцевості нездоровим і може бути причиною появи надлишкової вологості в будинках.

Важливе значення ґрунту полягає в тому, що його використовують для знезараження та утилізації (як добриво) рідких і твердих відходів, які можуть містити патогенні мікроорганізми і яйця гельмінтів. Тому при низькому рівні благоустрою населених місць і погано організованому очищенні відходи і нечистоти забруднюють ґрунт, роблять його небезпечним для здоров'я людей. Унаслідок розпаду органічних речовин у ґрунті утворюються смердючі гази, які забруднюють атмосферне повітря. Крім того, органічні речовини можуть служити субстратом для патогенних мікроорганізмів і личинок комах, які передають інфекції. Забруднений ґрунт нерідко є місцем масового виплоду мух, а патогенна мікрофлора з ґрунту потрапляє у відкриті водоймища і підземні води і заражає їх. Причиною інфікування та інвазії, особливо дітей, може бути і безпосередній контакт з ґрунтом, забрудненим відходами.

Ось чому великого значення набуває система заходів щодо санітарної охорони ґрунту від забруднення патогенними збудниками та екзогенними хімічними речовинами і радіонуклідами.

### ЗАБРУДНЕННЯ ТА САМООЧИЩЕННЯ ҐРУНТУ

**Самоочищення** ґрунту є складним і відносно тривалим біологічним процесом, унаслідок якого органічні речовини перетворюються на воду,



діоксид вуглецю, мінеральні солі і гумус, а патогенні мікроорганізми відмирають.

У разі забруднення ґрунту рідка частина відходів фільтрується, а завислі в ній органічні частинки, мікроорганізми і яйця гельмінтів затримуються в порах. Зерна ґрунту, маючи велику сорбційну здатність, поглинають із рідини, що просочується, розчинні органічні колоїдні речовини та смердючі гази.

У верхніх шарах ґрунту, де затримуються органічні речовини, міститься велика кількість різноманітних видів мікробів, актиноміцетів, грибів, водоростей, найпростіших, хробаків, личинок, комах, які беруть активну участь у процесах самоочищення ґрунту.

Мінералізація органічних речовин у ґрунті може відбуватися як в аеробних, так і в анаеробних умовах. Процеси гниття і бродіння органічних речовин, які відбуваються в анаеробних умовах, супроводжуються виділенням газів, що мають неприємний запах і забруднюють атмосферне повітря. Тому під час знешкодження нечистот треба створювати такі умови, в яких переважали б аеробні процеси мінералізації, тобто потрібно забезпечити достатній доступ кисню до забрудненого ґрунту і не перевантажувати його великою кількістю відходів. У присутності кисню повітря аеробні мікроорганізми розкладають вуглеводи до діоксиду вуглецю і води. В анаеробних умовах, крім цих продуктів, утворюються метан та інші гази з неприємним запахом.

Клітковина рослин, яка потрапляє у ґрунт в особливо великій кількості, зазнає тут метанового бродіння з утворенням газів і води. Із клітковини утворюються також гумінові сполуки.

Після розщеплення жирів на гліцерин і жирні кислоти останні в аеробних умовах розкладаються на діоксид вуглецю та воду, а в

анаеробних умовах їх розпад супроводжується утворенням летких жирних кислот з неприємним запахом.

Розпад білкових сполук відбувається у 2 етапи. На 1-му етапі, що має назву амоніфікації, білки розпадаються до амінокислот, які у свою чергу розпадаються до аміаку та його солей. Крім аміаку з амінокислот утворюються кислоти жирного й ароматичного ряду.

За умов, сприятливих для розмноження анаеробів, утворюються проміжні продукти розпаду білка, для яких характерний сильний сморід (індол, меркаптани, леткі жирні кислоти, сірководень тощо).

За наявності в ґрунті кисню паралельно з 1-м етапом відбувається 2-й етап мінералізації — нітрифікація, в ході якої аміак окислюється до азотистої кислоти, а остання — до азотної. Аеробні мікроорганізми окислюють й інші проміжні продукти розпаду білків, унаслідок чого в ґрунті утворюються нітрати, сульфати, фосфати і карбонати, тобто сполуки, які засвоюються рослинами. Таким чином, завдяки процесам самоочищення ґрунту органічні сполуки перетворюються на ті форми неорганічних сполук, які служать необхідним поживним матеріалом для рослин, а отже, знову надходять у коло-обіг речовин, який відбувається у природі. Процеси нітрифікації потребують доброї аерації ґрунту, сприятливих температурних умов і вологості (не нижчої ніж 25—30%). Оптимальні температурні умови для нітрифікації +25 ... +37 °С. Процеси нітрифікації припиняються за температури нижчої ніж 3 °С і вищої ніж 56 °С.

Одночасно з процесами розпаду в ґрунті завдяки асиміляції нітратів бактеріями відбуваються процеси синтезу різних органічних, у тому числі і білкових речовин, що входять до складу плазми мікроорганізмів. У міру самоочищення ґрунту від органічних забруднень відмирає і патогенна мікрофлора, головним чином неспорозні мікроби.

Після всіх перетворень у ґрунті утворюється гумус (перегній), до складу якого входять геміцелюлози, жири, органічні кислоти, мінеральні речовини і протеїнові комплекси, утворені внаслідок мікробного синтезу. У гумусі багато сапрофітних: мікроорганізмів. Гумус є повноцінним добривом; він повільно розкладається, поступово віддаючи рослинам необхідні їм поживні речовини.

У санітарному плані важливим є те, що гумус, попри наявність органічних сполук, не загниває, не виділяє смердючих газів, не приваблює мух. Він не містить патогенних мікробів, крім спороносних.

До чинників, що сприяють відмиранню мікроорганізмів і яєць гельмінтів, належать такі, як бактеріофаги, які наявні в ґрунті, сонячна радіація, висихання ґрунту. Так, унаслідок дії сонячної радіації, висихання і руту яйця аскарид на його поверхні гинуть упродовж 5 днів; однак на глибині 2,5—10 см вони зберігають свою життєздатність упродовж року.

Переорювання або перекопування ґрунту, що сприяє аерації, прискорює його самоочищення. Навпаки, перевантаження ґрунту органічними відходами веде до розвитку анаеробної мікрофлори і сповільнює самоочищення, що супроводжується утворенням смердючих продуктів розпаду.

З огляду на сказане велике санітарне значення мають процеси самоочищення, які відбуваються в ґрунті. Люди навчилися керувати ними і навіть відтворювати їх на штучних спорудах, призначених для очищення стічних вод і знезараження твердих відходів.

### РОЛЬ ҐРУНТУ У ПОШИРЕННІ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

За межами населених пунктів мікрофлору ґрунту, як правило, складають нешкідливі сапрофіти. Патогенні мікроби потрапляють у ґрунт переважно з фекаліями, сечею, сміттям, трупами, гноєм, стічними водами тощо.

Основна маса як сапрофітних, так і патогенних мікроорганізмів міститься на глибині від 1 до 10 см. Кількість сапрофітів досягає сотень тисяч і мільйонів мікробів у 1 г ґрунту. Зі збільшенням глибини кількість мікробів різко зменшується. Навіть на глибині 25 см їх у 10—20 разів менше, ніж на глибині 2 см, а на глибині 4—7 м у разі непорушеної структури поверхневого шару ґрунту у більшості випадків майже стерильний. У верхньому шарі ґрунту мікроорганізмів також менше внаслідок бактерицидної дії сонячних променів.

У всіх випадках порушення структури поверхнього шару (риючими тваринами, вигребом, криницею, кар'єром і т.д.) можливе проникання мікроорганізмів у глибші шари підстильних порід і в підземні води.

Патогенні мікроорганізми, які не утворюють спор, не мають у ґрунті умов для розмноження і переважно гинуть у ньому через декілька днів або тижнів. Однак ще до своєї загибелі ці мікроорганізми можуть потрапити з ґрунту в поверхневі або підземні води, на поверхню овочів або ягід і на руки людей. Їх поширюють також гризуни, мухи та інші комахи; гризуни при цьому можуть бути не тільки переносниками інфекцій, але й їх джерелом, оскільки вони самі хворіють на ці інфекції. Зараження людей можливе і під час безпосереднього контакту з ґрунтом

До мікробів, які утворюють спори і живуть у ґрунті роками, належать збудники ботулізму, правця, газової гангрени та сибірки. Захворювання на правець і газову гангрену виникає внаслідок вогнепальних поранень і травматичних ушкоджень у разі забруднення ран ґрунтом, який містить збудників цих захворювань. Цим зумовлена необхідність обов'язково уводити протиправцеву сироватку всім особам, які мають рани, забруднені ґрунтом.

Палички сибірки можуть потрапляти в ґрунт з екскрементами тварин, хворих на сибірку, з їх трупами, зі стічними водами шкіряних заводів, а також з водою, в якій мила вовну. Спори бактерій сибірки

виживають у ґрунті протягом десятків років. Худоба заражається через поїдання трави, забрудненої спорами. Спостерігалися випадки зараження людей, які ходили босоніж по зараженому ґрунті. Виявлялося, що в них на шкірі ніг були подряпини, ранки тощо.

### РОЛЬ ҐРУНТУ У ПОШИРЕННІ ГЛИСТЯНИХ ІНВАЗІЙ

Ґрунт відіграє значну епідеміологічну роль у поширенні геогельмінтів (аскарида, волосоголовців, гостриків, анкілостомів), особливо аскарид і волосоголовців.

З фекаліями людини в ґрунт може потрапляти величезна кількість життєздатних яєць гельмінтів. Так, одна зріла самка аскариди протягом доби відкладає в кишках людини до 24 тис. запліднених яєць. Дозрівання яєць у ґрунті залежно від умов відбувається за 10—50 діб. Для цього потрібний доступ кисню, температура в межах +12 ... +38 °С, відповідна вологість повітря, затінок. Гинуть яйця від дії УФ-променів сонця, висихання, а також в умовах температури нижче ніж —30 °С і вище ніж +50 °С. На глибині 2,5—10 см яйця, захищені від інсоляції та висихання, зберігають життєздатний стан понад 1 рік. Яйця гельмінтів переносять повторне заморожування і розтавання, тому після зими зберігають життєдіяльність. Ґрунт очищається від яєць аскарид звичайно протягом 10—14 міс.

Яйця гельмінтів потрапляють до організму людини із забрудненою городиною та іншими харчовими продуктами.

У місцевостях з теплим або помірним і вологим кліматом у разі погано організованої очистки населених місць ураження мешканців, особливо дітей, аскаридозом і трихоцефальозом може досягати 90% і більше.

Забруднення ґрунту і рослин фекаліями людини, які містять окремі членики і онкосфери стрічкових глистів (цепінь), можуть бути причиною інвазії великої рогатої худоби і свиней з подальшим поширенням

тениаринхозу і теннозу серед населення. Це відбувається в разі недотримання санітарних правил під час кулінарної обробки м'ясних продуктів.

### ГІГІЄНІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ЕКЗОГЕННИМИ ХІМІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

Інтенсифікація науково-технічного прогресу, хімізація народного господарства і побуту, зростаюче використання мінеральних добрив та хімічних засобів боротьби з шкідниками сільськогосподарських культур, розвиток атомної енергетики створюють небезпеку забруднення ґрунту екзогенними хімічними та радіоактивними речовинами. При цьому можливі такі шляхи надходження хімічних забруднень з ґрунту до організму людини: 1) ґрунт — людина: при безпосередньому контакті; 2) ґрунт — атмосферне повітря — людина: в разі випаровування летких хімічних речовин, а також утворення ґрунтового пилу на оброблених пестицидами полях; 3) ґрунт — підземні води — людина: можливий у тому разі, коли хімічні речовини вимиваються (опадами або внаслідок зрошення) в шари ґрунту, що лежать нижче, і досягають підземних вод, які використовують для пиття; 4) ґрунт — відкриті водоймища — людина і ґрунт — відкриті водоймища — планктон або водні рослини — риби — людина: з поверхневим стоком у водоймища нині потрапляє багато хімічних речовин, тоді як бар'єрне значення водогінних очисних споруд стосовно них невелике; 5) ґрунт — рослинні продукти — харчування — людина і ґрунт — рослини — тварини — людина.

Санітарна охорона ґрунту від забруднення шкідливими хімічними речовинами полягає в обмеженні атмосферних викидів та інших відходів, у зв'язку з переходом на безвідходну технологію, застосуванням гігієнічно обґрунтованих методів зберігання, знешкодження і утилізації рідких і твердих промислових відходів, раціональним використанням пестицидів та мінеральних добрив.

Важливим гігієнічним критерієм ефективності заходів щодо санітарної охорони ґрунту від забруднення хімічними речовинами є ГПК їх у ґрунті. Під ГПК екзогенної хімічної речовини у ґрунті слід розуміти ту максимальну кількість її в ґрунті (в міліграмах на 1 кг абсолютно сухого ґрунту), яка в разі прямого контакту з нею людини (забруднення шкірних покривів, слизових оболонок очей, верхніх дихальних шляхів тощо) або опосередковано через один зі шляхів міграції по екологічних ланцюжках гарантує відсутність негативної прямої або непрямой дії на здоров'я людини, її потомства, санітарні умови життя населення і самоочищувальну здатність ґрунту .

### ГІГІЄНІЧНІ ОСНОВИ ОЧИЩЕННЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ

Упровадження гігієнічно обґрунтованих методів видалення та знешкодження нечистот і твердих відходів продовжує залишатись однією з першочергових проблем громадської охорони здоров'я.

Експерти ВООЗ підраховали, що незадовільний стан цієї галузі комунальної гігієни призводить до такої кількості інфекційних та інвазійних захворювань, матеріальні втрати від яких могли за 2—3 роки скласти суми, необхідні на капітальні затрати для організації раціонального очищення населених місць.

У населених місцях у процесі життя і діяльності лютий безперервно утворюються різноманітні відходи: нечистоти, помиї, кухонні залишки, сміття приміщень, ву личне сміття, побутові, банно-пральні і промислові стічні води, будівельні відходи, різноманітні тверді відходи підприємств тощо.

Санітарний та епідемічний стан населених місць значною мірою залежить від правильної організації очистки. Неприбрані тверді відходи забруднюють ґрунт, приміщення, подвір'я та вулиці, під час вітру утворюють пил, який проникає в приміщення і забруднює їх.

Фекалії, гній та сеча виділяють смердючі гази, які забруднюють повітря. Наявність органічних речовин та висока вологість сміття приміщень сприяють розвитку сапрофітів, які містяться в ньому, головним чином гнильних, що розкладають органічні речовини. У відходах можуть бути яйця гельмінтів, а також бактерії та віруси — збудники багатьох інфекцій. Мікроорганізми зберігають у відходах життєдіяльність і вірулентність декілька місяців, а спороутворюючі види і яйця гельмінтів — ще довше. Наприклад, життєздатна черевнотифозна паличка була виявлена в ґрунті, утвореному з нечистот, що перед тим упродовж 143 діб зберігалась у цементованому вигребі. Вірус поліомієліту зберігає життєздатність у випорожненнях понад півроку.

Збудники черевного тифу і паратифів залишаються життєздатними в стічних водах близько 2 тиж. У смітті збудники кишкових інфекцій виживають до 40—170 діб. Ще довше зберігаються в ньому бактерії туберкульозу і спороутворюючі анаероби, наприклад, збудники правця та газової гангрені.

Відходи, особливо нечистоти, у разі недостатнього їх очищення інтенсивно заражають збудниками захворювань ґрунт, водоймища і підземні води. Епідемічна небезпека відходів підвищується, якщо створюються сприятливі умови для розвитку в них мух.

Таким чином, раціональне очищення населених місць від відходів має велике значення серед заходів, спрямованих на оздоровлення населених місць. Очищення є невід'ємним елементом благоустрою населених місць і одним з основних заходів профілактики кишкових інфекцій та гельмінтозів.

### **Системи очищення населених місць**

Очищення населених місць передбачає комплекс науково обґрунтованих і планових заходів щодо збирання, видалення, знезараження й утилізації відходів. Кожний захід очищення населених



місце повинен проводитись таким чином, щоб можливість контакту людини та об'єктів навколишнього середовища з відходами до їх знезараження була зведена до мінімуму. З цією метою збір і видалення відходів слід проводити регулярно і в найкоротші терміни за умови максимальної механізації та герметизації всіх операцій, які виконуються.

Відходи містять азот, фосфор, калій, мікроелементи та інші речовини, які є цінним добривом. Багато з перерахованих речовин міститься у відходах у вигляді органічних сполук, які не засвоюються рослинами. Вони переходять у неорганічні сполуки тільки в разі мінералізації відходів. У зв'язку з цим прискорення мінералізації відходів є важливим санітарно-господарським заходом.

Відходи поділяють на 2 групи: 1) рідкі — нечистоти, помиї (брудні води від приготування їжі, миття тіла, підлог, прання білизни), промислові стічні води, атмосферні опади; 2) тверді — хатне сміття, кухонні відходи, гній, виробничі відходи, трупи тварин, відходи боєнь тощо.

У сільських умовах нечистоти і інші побутові відходи можна збирати, знезаражувати й утилізувати на присадибній ділянці або на полях, які розташовані поблизу. У населених пунктах міського типу система видалення відходів із населених місць залежить від характеру відходів.

Для видалення рідких відходів використовують 2 системи: вивізну і сплавну (каналізація). У першому випадку рідкі відходи вивозять за межі населеного пункту за допомогою спеціального транспорту, в другому — сплавляють по трубах. Каналізація є найбільш досконалим методом, вона витісняє вивізну систему. Сміття, тверді відходи видаляють переважно шляхом вивозу до спеціально відведених місць, де їх знезаражують.

Очищення від рідких відходів включає такі 3 етапи: 1) збір і тимчасове зберігання; 2) якщо потрібне, транспортування; 3) знезараження й утилізація.

## Гігієнічна характеристика методів очищення від твердих відходів (сміття)

Середня норма нагромадження сміття  $0,75 \text{ м}^3$  за рік на 1 особу, або 320 кг, оскільки густину сміття вважають за 0,5. Перед прийняттям рішення про організацію очищення від твердих відходів необхідно зібрати відомості про їх накопичення та склад в конкретному населеному пункті.

Хатнє сміття являє собою певну цінність як добриво, оскільки містить до 20—25% органічних речовин, 0,4—1% азоту, 0,4—0,7% фосфору, 0,4% калію. Частину сміття утилізують: кухонні відходи, ганчір'я, папір, консервні банки та ін.

Для збору сміття в кожній квартирі має бути сміттєзбірник у вигляді бачка або відра місткістю 10—15 л з кришкою. Виносити сміття з квартир у будинкові сміттєзбірники треба щоденно. У сільських умовах сміття спалюють у невеликих пічках-деструкторах або компостують чи закопують на території садиби. Видалення сміття з квартир сучасних багатоповерхових будинків проводиться за допомогою спеціальних сміттєпроводів. Вивезення сміття з будинків повинно здійснюватися регулярно; в оптимальному випадку — щоденно, в крайньому разі — через день.

**Знешкодження й утилізація твердих відходів.** Відомо багато методів знешкодження сміття: удосконалені звалища, біотермічні методи, спалення сміття тощо.

Удосконалені (контрольовані) звалища, їх ще називають полігонним сховищем відходів. Одним із найпоширеніших методів знешкодження сміття є звалища. Для звалищ вибирають поза населеним пунктом землі або яри, які не використовуються, кар'єри, колишні шахти. Цей метод простий і дешевий, однак має чимало недоліків: на звалищах у великій кількості розмножуються щури та мухи, відходи можуть самозайматись і стати джере- лом диму і неприємного запаху, легкі предмети (папір та ін.)

розносяться вітром і забруднюють довкілля, можуть забруднювати близько розташовані водоймища.

Тому гігієнічно обґрунтованим є обладнання контрольованих звалищ, які експлуатуються за санітарними правилами. Місце для звалищ вибирають не ближче ніж за 1 км від житла, водоймищ та інших джерел водопостачання. Привезене сміття розкидають шаром не товщим ніж 1,5—2 м, і в той самий день засипають шаром землі у 20—25 см, утрамбовують її за допомогою котків. Це захищає сміття від контакту з мухами, птахами, щурами, зменшує ризик самозаймання, запобігає розвіюванню сміття вітром і поширенню запаху, створює добрі умови для біологічної деградації.

Якщо яр глибокий, то його засипають декількома шарами сміття та землі. Територію звалищ озеленюють і не дозволяють забудовувати до закінчення мінералізації сміття, тобто протягом 10—20 років. Контрольовані звалища є постійним об'єктом санітарного нагляду.

Біотермічні методи знешкодження сміття. Біотермічні методи ґрунтуються на створенні умов, за яких у смітті розвиваються термофільні організми, які є майже виключно спороутворювальними граммпозитивними бактеріями і актиноміцетами. Завдяки життєдіяльності термофілів в умовах притоку повітря відбуваються інтенсивні біохімічні процеси, від чого температура повітря у відходах, які знешкоджуються, підвищується до 50—70 °С. Гинуть патогенні мікроби і личинки мух, органічні речовини розкладаються, і зі «сміття» утворюється цінне добриво — перегній (гумус).

Для більшості яєць гельмінтів критична летальна температура +50 ... +55 °С, тоді як за температури +25 ... +30 °С вони виживають до 3—8 міс.

Варіантами біотермічного методу є компостування і біотермічні камери. У сільських умовах застосовують присадибні компости. Для компосту готують майданчик з утрамбованої глини. Ширина

майданчика до 2—3 м, довжина довільна. На майданчик наносять шар 10—15 см компостного матеріалу — торф, городню землю, дозрілий компост і ін. — і на цю компостну масу укладають шар сміття (15 см). Крім сміття можна завантажувати вміст вбиралень, гній, попіл, рубану соломку, сухе листя. Зверху відходи засипають шаром (15 см) компостного матеріалу, який запобігає відкладанню мухами яєць і захищає компост від висихання. Далі знову кладуть шар сміття, засипають його і так роблять до того часу, поки висота компосту не досягне 1,5 м. Щоб захистити компост від розмивання дощем, його закривають полімерною плівкою, солом'яними матами або влаштовують над ним навіс.

Температура в компості підвищується до +60 °С, в сміттефекальному компості — до +70 °С. Періодично компост зволожують поміями або рідким гноєм. Додавання попелу, який нейтралізує кислоти, що утворюються внаслідок розпаду органічних речовин, прискорює мінералізацію. Процес дозрівання компосту в помірному кліматі становить 6—7 міс. Після 10 перелопачувань, тобто приблизно через 2 міс, компост придатний як добриво. Як правило, облаштовують 2 компости: в той час як один заповнюють, інший дозріває. Вміст дозрілого компосту являє собою пухку, сипку, як торф'яні крихти, масу темно-зеленуватого кольору. Він не має неприємного запаху і не приваблює мух. До переваг компостування належить те, що під час його здійснення не забруднюються ґрунт, вода і повітря, у відходах відмирають патогенні чинники і утворюється цінне добриво.

Вельми перспективними і прийнятними щодо санітарних норм є сміттеутилізаційні заводи. Тут механізованим шляхом сміття сортують (відбирають утиль), подрібнюють у порошок і компостують у штабелях, траншеях або піддають біотермічній обробці з пришвидшеним дозріванням (14—15 діб) у спеціальних спорудах (ферментаційні башти, компостування за методом Дано в біостабілізаторі, метод «Біотенк» та ін.).

**Спалення сміття.** Спалення великих кількостей сміття здійснюють у спеціально збудованих печах за температури +650 ... +1200 °С. За умов більш низької температури спалення сміття призводить до сильного забруднення атмосферного повітря газоподібними продуктами неповного згоряння відходів, а за умов більш високої температури — до спікання негорючої частини відходів. У зв'язку з низькою економічністю (витрати на паливо тощо) спалення сміття застосовують не часто, особливо у великих містах, незважаючи на його очевидні переваги в санітарному та епідеміологічному плані. Спалення належить застосовувати передовсім для знищення санітарно небезпечних матеріалів, інфікованих відходів (наприклад, лікарняних), а також у тих місцях, де обмежена можливість застосування ґрунтових методів (наприклад, на курортах). Щоденне спалення незначної кількості відходів, що накопичились у лікарні, школі та інших місцях, можна здійснювати у невеликих печах-деструкторах простої конструкції. Після спалення утворюється попіл, який відповідає санітарним вимогам.

Особливості знезараження промислових відходів. Промислові відходи, що не містять токсичних речовин, наприклад попіл ТЕЦ, будівельне сміття, утилізують, захоронюють на звалищах або з дозволу санітарної служби використовують на полігонах для знезараження побутових відходів як ізолюючий інертний матеріал у середній і верхній третині полігону. Значно складнішою проблемою є знезараження токсичних відходів, кількість яких в індустріальних країнах складає мільйони тонн.

В усіх країнах світу основними методами знезараження твердих токсичних промислових відходів є термічна обробка і захоронення на промислових полігонах. Спаленню піддаються відходи, що містять органічні речовини (забруднення). Його здійснюють у спеціальних печах для спалювання сміття, які мають при необхідності газоочисні,

пиловловлювальні пристрої. Спалення проводять за температури 1000—1200 °С.

Захоронення твердих і пилоподібних відходів, що містять малотоксичні речовини, нерозчинні у воді, здійснюють у котлованах. Засипати відходи в котловани необхідно шарами, ущільнюючи кожен із них. Зверху відходи засипають 2-метровим шаром ґрунту. На цей ґрунт висівають трави, висаджують дерева та декоративні кущі. Такі захоронення можна влаштовувати у місцях із низьким коефіцієнтом фільтрації ґрунту (не більше ніж 10~7 см/с).

**Каналізація** населених місць. Найбільш досконалою з гігієнічної точки зору системою очистки населених місць є каналізація.

Каналізацією називають систему споруд, призначену для прийому стічних вод безпосередньо з місця їх утворення; відведення стічних вод по сітці підземних трубопроводів за межі населеного пункту; знезараження стічних вод і випуск їх у водоймища або на земельну ділянку .

Каналізація, як і водопровід, є основним елементом благоустрою міст.

Основними елементами каналізації є: 1) приймачі у будинках; 2) мережа трубопроводів; 3) споруди для знезараження стічних вод.

До приймачів у будинках належать унітаз змивної вбиральні, раковина умивальника, кухонна раковина, ванна та ін.

Для захисту повітря житлових приміщень від проникнення неприємного запаху з каналізаційної мережі труба, що відводить рідину з унітаза, раковини або інших приймачів, має бути дугоподібно вигнутою. У дузі труби завжди залишається трохи чистої змивної води — так званий водний затвір. Останній ізолює повітря приміщення від повітря каналізаційної мережі. З приймачів стічні води по чавунних трубах, які називаються стояками, вільно стікають у дворову або вуличну кана-

лізаційну мережу, якою виводяться за межі населеного пункту. Стояки для видалення газів виводяться через дах назовні.

Виробничі стічні води, які випускаються в мережу фекально-господарської каналізації, мають бути попередньо очищені від домішок, що порушують процеси очистки стічних вод і призводять до корозії трубопроводів, а також утворення радіоактивних і вибухонебезпечних речовин. Для попередньої очистки стічних вод застосовують бензиновловлювачі, жиру вловлювачі, відстійники, обробку реагентами з метою осадження або нейтралізації домішок і фільтрування через дрібнопористі іонообмінні або сорбуючі матеріали та інші методи.

Якщо населений пункт каналізований не повністю, то раціонально поблизу неканалізованих районів створювати зливні станції. Нечистоти, які сюди підводяться, розводять у 2—3 рази водою і спускають у каналізацію. Зливні станції будують не ближче ніж за 300 м від житлових приміщень.

Часто в невеликих населених пунктах є водопровід, але відсутня загальна каналізація. У цьому разі споруджують локальну каналізацію, тобто каналізують окремі приміщення або групи їх, наприклад, лікарні, казарми, їдальні, декілька громадських приміщень, окремі житлові будинки або їх групи.

### **Гігієнічна характеристика методів очищення стічних вод**

Знезараження і видалення каналізаційних стічних вод нерозривно пов'язане з проблемою санітарної охорони водоймищ. Це пояснюється тією обставиною, що в більшості випадків кінцевим етапом видалення стічних вод населеного пункту або промислового підприємства є річки, озера та моря. Випускання неочищених стоків може призвести до сильного забруднення водоймищ.

Побутові стічні води. Побутові стічні води являють собою каламутну, сіро-жовту, з неприємним запахом рідину з великою кількістю

зависі і домішок, що плавають на поверхні. Більша частина забруднень складається з органічних речовин, половина з яких перебуває в розчиненому і колоїдному стані. Окислюваність побутових стічних вод — від 35 до 220 мг кисню на 1 л, а БПК5 — від 185 до 600 мг/л; ці стічні води можуть загнивати.

З іншого боку, побутові стоки мають значну цінність як добрива. У побутових стічних водах виявляють повний спектр патогенних для людини бактерій, вірусів, найпростіших, яєць гельмінтів. Наприклад, у стічній рідині міської каналізації знаходили до 1 млн кишкових паличок в 1 мл, до 1 тис. яєць аскарид, виявляли збудників кишкових інфекцій та ентеровіруси, як правило, від 1 до 100 в 100 мл води.

Природно, що випускання побутової стічної рідини у водоймище без попереднього очищення створило би небезпеку поширення кишкових і вірусних інфекцій, а також гельмінтозів. Висока концентрація органічних речовин може спричинитися до порушення кисневого режиму водоймища і процесів самоочищення, а також загибелі риб.

Значно погіршилися б і органолептичні властивості води.

Очищення стічних вод проводять з такою життєво важливою метою:

- 1) звільнити стоки від хвороботворних агентів, серед яких найнебезпечнішими є збудники, що містяться в екскрементах;
- 2) перетворити стоки у водні ресурси, які можуть бути використані з агрокультурною метою (поливання, підживлення) або для господарсько-питного чи промислового водопостачання;
- 3) запобігти такому забрудненню відкритих водоймищ і підземних вод, яке мало б негативні економічні наслідки або обмежувало їх використання з господарсько-питною або іншою метою.

Очищення і знезараження побутових стічних вод проводять шляхом низки операцій, у процесі яких вода послідовно звільняється від таких сторонніх домішок: 1) важких мінеральних частинок і великих плаваючих



предметів; 2) дрібних і легких органічних частинок; 3) розчинених органічних частинок; 4) патогенних мікроорганізмів, які залишились після попередньої обробки.

Очищення стічних рідин від плаваючих предметів і зависі за допомогою проціджування і відстоювання називають механічним, первинним; очищення від розчинених органічних речовин — біологічним, вторинним, оскільки воно здійснюється внаслідок діяльності мікрофлори. Очищення від патогенних організмів (зnezараження, дезінфекція) і токсичних речовин (знешкодження) відносять до третинного.

Методи, що їх застосовують для очищення стічних вод, умовно ділять на природні (грунтові, біологічні ставки) і штучні.

У разі застосування ґрунтових методів звільнення стічної рідини від зависі частинок, у тому числі мікроорганізмів, відбувається під час фільтрації через ґрунт, а звільнення від розчинних органічних сполук — за рахунок адсорбції їх ґрунтом та наступної біохімічної мінералізації.

Під час спускання стічних вод, які попередньо пройшли механічне очищення, в біологічні ставки тут відбувається біохімічна мінералізація органічних речовин за рахунок процесів самоочищення, які в нормі здійснюються у відкритих водоймищах.

Звільнення стічної рідини від зависі частинок за допомогою штучних методів здійснюється у відстійниках різного типу, а звільнення від розчинених органічних речовин — за допомогою біохімічної мінералізації на спеціальних біоокислювачах, в яких відтворюються умови, що є в ґрунті (біологічні фільтри) або у водоймищах (аеротенки).

Штучні методи очищення стічних вод. Механічне очищення побутових стічних вод реалізується за допомогою решіток, пісковловлювачів і первинних відстійників. Великі плаваючі предмети затримуються під час пропускання води через решітки. Пісковловлювач являє собою невеликий горизонтальний відстійник, через який вода

протікає з великою швидкістю (0,3 м/с) протягом 30—60 с. За таких умов на дно пісковловлювача встигають осісти тільки важкі мінеральні частини, наприклад, пісок, щебінь, скло. Легкі частинки органічної зависі випадають під час повільного протікання стічної рідини у відстійниках (0,01—0,03 м/с). Застосовують первинні відстійники двох типів: звичайні, що дають свіжий мул (осад), і такі, в яких мул перегниває. У першому випадку вода відстоюється протягом 2—3 год.

Оскільки питома вага яєць гельмінтів не менша ніж 1,1 то вони осаджуються під час відстоювання зі швидкістю 50—60 см/год.

У разі використання звичайних первинних відстійників подальше знешкодження осаду, що в них випав, є складним завданням. Осад легко загниває, поширює неприємний запах, містить патогенні мікроби та інвазійні яйця гельмінтів, приваблює мух і служить середовищем для їх розмноження. Зневоднення і часткове знешкодження осаду первинних відстійників здійснюють на мулових майданчиках.

Висушений тут мул закопують або використовують як добриво під сільськогосподарські культури, які не вживаються в сирому вигляді. На великих станціях очищення стічних вод мул незаражують у спеціальних закритих резервуарах — метантенках.

На невеликих і середніх очисних станціях часто застосовують відстійники другого типу, в яких відбувається освітлення стічної рідини і перегнивання мулу. До них належать септиктенк і двоярусні відстійники.

Септиктенк являє собою глибокий (до 3 м) горизонтальний відстійник таких розмірів, щоб стічна вода повільно протікала за 24-72 год. У разі повільного руху стічної рідини на дні септиктенка осаджується навіть дрібна і легка завись органічних речовин та яйця гельмінтів. Осад, що випав на дно, одразу зазнає гнильного розпаду під дією анаеробних мікробів. У процесі розпаду утворюються вуглекислий газ, метан та інші гази. Якщо стоки були в септиктенку протягом 3 діб, у них, як правило,

помирають збудники кишкових інфекцій. Один раз на 6—12 міс септиктенк очищують від мулу, що в ньому зібрався. Септиктенки є кращими зразками відстійників для системи місцевої каналізації, їх також використовують для обладнання акваторичної вбиральні. Ефективно очищуються побутові стічні води у двоярусних відстійниках, але вони значно складніші за обладнанням та експлуатацією.

Біологічне очищення. У стічній рідині, що пройшла через відстійники, залишаються розчинені органічні речовини, внаслідок чого вона здатна загнивати. Звільнення стічної рідини від розчинених органічних речовин проводять на спеціальних спорудах — біоокислювачах, на яких відтворюються біологічні процеси мінералізації органічних речовин, подібно до того, як це відбувається в природних умовах при самоочищенні ґрунту або водоймищ.

Як біоокислювачі часто використовують біологічні фільтри, особливо на невеликих станціях очищення стічних вод.

Біологічний крапельний фільтр являє собою резервуар, на дірчасте дренажне дно якого укладають двометровий шар котельного шлаку, щебеню або якогось іншого великозернистого матеріалу з діаметром зерен від 20 до 70 мм.

Таким чином, стічні води навіть після зразково виконаного механічного і бактеріологічного очищення можуть містити залишкові кількості патогенних бактерій, ентеро-вірусів і яєць гельмінтів, що обмежує їх використання як добрива та для поливу. Їх можна використовувати лише для зрошення лісонасаджень, технічних культур або зернових, не призначених для безпосереднього споживання людиною. У деяких країнах, особливо аридної зони, дозволяють використовувати їх для зрошення культур, що їх вживають у їжу тільки після термічної обробки, наприклад, картоплі. При цьому ставиться вимога, щоб останнє

поливання стоками проводилось не пізніше ніж за 1,5—2 міс до збирання врожаю.

Для знезараження стічної води, що пройшла біологічне очищення від збудників кишкової інфекції, необхідно 5—10 мг/л активного хлору при 60-хвилинній експозиції. Доведено, що якщо коли-індекс у стоках після дезінфекції не перевищує 1000, то в разі поливання такою водою ризик інфекційних захворювань бактеріальної етіології невеликий. Однак при цьому віруси повністю не інактивуються (наприклад, поліовірус І інактивується на 90%). Повна інактикація вірусу досягається при вмісті залишкового вільного хлору у воді не менше ніж 0,5 мг/л і експозиції 60 хв.

Але оскільки в стічній воді багато амонійних солей та органічних речовин, що зв'язують вільний хлор, то при цьому витрачаються великі дози активного хлору — 20—50 мг/л.

Природні методи очищення стічних вод. Такі методи мають особливе значення, оскільки вони досить економічні, прості в експлуатації, надійні, дозволяють утилізувати дефіцитну воду.

Біологічні (стабілізаційні) ставки. Біологічні ставки можуть мати різне призначення. Одні — для попередньої обробки стоків, інші — для основного біологічного окислення органічних речовин, ще інші — для доочищення і знезараження. Часто їх застосовують у комбінації, розташовуючи каскадом. Як правило, ставок являє собою басейн розміром близько 1 га, завглибшки, залежно від призначення, 0,5—2 м. Дно ставка має бути водонепроникним (заасфальтоване, покрите бітумом або поліетиленовою плівкою, глинисте та ін.). Вода повільно протікає через ставок протягом кількох (2—5) діб, впускання і випускання стічної рідини здійснюють у кількох точках для якомога повнішого і рівномірнішого обміну води.

З цією метою ставкові надають прямокутної форми, щоб відношення довгої сторони до короткої становило не менше ніж 5:3. Якщо застосовують серію ставків, то їх споруджують у вигляді каскаду, щоб вода витікала з одного в інший самоплином. У ставку, розташованому вище, воду трубою забирають з поверхні і подають на середину глибини ставка, розташованого нижче. Розрізняють наступні ставки: анаеробні, факультативні та окисні.

Анаеробні ставки для попередньої обробки. До них може подаватися вода з великою кількістю органічних домішок. Фактично тут відбуваються ті самі анаеробні процеси, що і в септиктенку. Однак в анаеробному ставку розвивається багато водоростей, що беруть участь у процесі самоочищення. Вода повинна проходити ставок не менше ніж за 44—48 год. При цьому вона звільняється від зависі і на 50% — від органічних речовин (БПК<sub>5</sub> знижується до 100 мг/л).

Факультативні ставки. До них подають стічну воду після відстоювання. Якщо БПК<sub>5</sub> стоків дуже велика, то їх розводять річковою водою. Для цього ставки розміщують поблизу річки або інших водних джерел. Вода повільно протікає ставок, перебуваючи в ньому не менше ніж 3—5 діб. У таких ставках діє симбіоз бактерій і водоростей. У глибоких шарах води превалюють анаеробні процеси, а біля поверхні, завдяки життєдіяльності водоростей — аеробні.

Оптимальна глибина ставка — близько 1 — 1,5 м. Якщо обладнати більш глибокий ставок, то в ньому превалюватимуть анаеробні процеси. В аридних зонах з метою зменшення випаровування води ставок поглиблюють до 2 м. У факультативних ставках стічна вода ще більше освітлюється, звільняється від основної маси органічних речовин (БПК<sub>5</sub> зменшується до 15—40 мг/л), яєць гельмінтів і значної частини патогенних бактерій.

Окисні ставки. До них подають воду з факультативних ставків, і вона протікає в них протягом 5—7 діб. Тут відбуваються окисні процеси і закінчується руйнування розчинених органічних речовин, БПК<sub>5</sub> зменшується до 25 мг/л. Вміст колі-формних бактерій знижується на 90—95%. Перевагу надають ставкам завглибшки до 1 — 1,5 м, оскільки в них ефективніше руйнуються ентеровіруси УФ-радіацією сонця. Однак нерідко окислювальні ставки споруджують завглибшки до 3 м.

Біологічні ставки з аерацією (аераційні лагуни). Не завжди і не у всі сезони року у ставках є умови для належного розвитку водоростей і забезпечення ними необхідної кількості кисню для мікрофлори. Тому санітарні інженери з метою інтенсифікації процесів окислення рекомендують застосовувати поплавкові аератори (по 4—5 на ставок) для механічної оксигенації води за рахунок вдування повітря. Як і в аеротенках, процес окислення органічних речовин інтенсифікується (тут також утворюється активний мул) і розпад їх завершується протягом 2—6 діб. Часто застосовують наступну серію ставків: анаеробний ставок-осадник, аераційна лагуна, другий ставок-осадник і окисний ставок для завершення знезараження води. Глибина ставка з аерацією — 3—4 м, його береги укріплюють, щоб запобігти їх руйнуванню внаслідок турбулентного руху води.

Грунтові методи. Використання стічної води для зрошення земельних полів є одним із методів її очищення, видалення та утилізації. Перед випусканням на поля зрошення, залежно від культур, що на них вирощують, стічна вода підлягає попередній підготовці: 1) решітки; 2) решітки і відстійники; 3) механічне та біологічне очищення, а інколи і дезінфекція. Під час зрошення стічну рідину подають на ділянки полів (карти) для зрошення суцільним zalиванням по борознам, між якими висаджують сільськогосподарські культури, або дощуванням. Подають від 10 до 20 м<sup>3</sup>/га на добу і більше. Стічна рідина очищується, фільтруючись

через ґрунт, в якому потім відбуваються процеси самоочищення. Фільтрат, що пройшов через ґрунт, являє собою прозору, без кольору і неприємного запаху незагниваючу рідину, вільну від яєць гельмінтів і патогенних мікробів. В очищеній воді окислюваність знижена до 8—10 мг/л  $O_2$ , БПК5 — 20 мг на 1 л, кількість кишкових паличок зменшується від декількох мільйонів до 1000—2000 в 1 мл. Ефект очищення на полях зрошення вищий, ніж при штучних методах.

Якщо на полях, що їх використовують для очищення стічних вод, не вирощують сільськогосподарських культур, то вони мають назву полів фільтрації. Окремі ділянки таких полів огорожують валами заввишки до 1 м і зрошують суцільним затоплюванням, після чого протягом деякого часу вони «відпочивають», потім їх знову заливають і т.д. Поля фільтрації влаштовують у районах з великою вологістю і біля полів зрошення на період дощів. Норми граничного навантаження — 50—250 м<sup>3</sup> га на добу.

Поля зрошення і фільтрації мають бути розташовані не ближче ніж 1—2 км від житлових будинків за вітром. У разі дощування буферна зона має бути збільшена до 1,5—2 км, оскільки доведено, що на відстані 0,5 км від місця розпилення повітря може бути забруднене сальмонелами, туберкульозною паличкою та іншими патогенними збудниками.

Найкращими ґрунтами для полів є піщані та чорноземи. Гіршими супіски і суглинки. У разі невиконання санітарних правил під час експлуатації полів ґрунтові методи очищення можуть складати серйозну епідемічну небезпеку.

Вимоги до складу зрошувальної води в різних країнах світу суттєво відрізняються, крім того, вони змінюються залежно від особливостей клімату, типу ґрунтів і сільськогосподарських культур. Так, в Індії вважають, що вміст мінеральних солей має бути в межах 700 мг/л (максимум 2000 мг/л), хлоридів — 70—200 мг/л, або 2,5 мекв/л (максимум 600 мг/л), сульфатів — 190—480 мг/л, або 4—10 мекв/л (максимум 1000

мг/л), бору — 0,5 мг/л (максимум 2 мг/л), свинцю, арсену, шестивалентного хрому — до 0,05 мг/л, ціанідів — до 0,2 мг/л та ін. Для зрошення будь-яких культур може використовуватися лише вода, що містить менше ніж 100 колі-формних бактерій у 100 мл. У деяких країнах для стоків, які проходять дощування, встановлено колі-індекс не вище ніж 220.

Третинна обробка води. Часто виникає необхідність повторного використання очищених стічних вод у промисловості, для напування худоби, поповнення запасів підземних вод і навіть із господарсько-побутовою метою. В останньому випадку залежно від складу стоків використовують так звані третинні методи очищення, до яких відносять коагуляцію, адсорбцію, відділення піни, іонний обмін, глибоке знезараження. На завершальній стадії для поліпшення органолептичних властивостей і видалення екзогенних хімічних домішок стоки піддають хімічній коагуляції, відстоюванню, фільтруванню через піщаний фільтр та активоване вугілля, хлоруванню. Унаслідок обробки стоки повністю відповідають вимогам до якості водопровідної води.