

## 4. ДЖЕРЕЛА НЕБЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ ТА ПОРОДЖЕНІ НИМИ ФАКТОРИ

### 4.1. ПРИРОДНІ НЕБЕЗПЕКИ

#### 4.1.1. Загальні відомості

До природних небезпек відносяться стихійні явища, які являють безпосередню загрозу для життя та здоров'я людей. Наприклад, землетруси, виверження вулканів, снігові лавини, селі, зсуви, каменепади, повені, шторми, цунамі, тропічні циклони, смерчі, блискавки, тумани, космічні випромінювання і багато інших явищ. Будучи природними феноменами життя та розвитку природного середовища вони в той же час сприймаються людиною як аномальні. У безпеці життєдіяльності розглядаються не всі природні катастрофи і стихійні явища, а лише ті з них, які можуть завдати шкоди здоров'ю або призвести до загибелі людей.

Деякі природні небезпеки порушують або утруднюють нормальне функціонування систем та органів людини. До таких небезпек відноситься, наприклад, туман, ожеледиця, спека, холод, спрага та ін.

Незважаючи на глибокі відмінності, по суті всі природні небезпеки підпорядковуються деяким загальним закономірностям.

По-перше, для кожного виду небезпек характерна певна просторова приуроченість. По-друге, встановлено, що чим більша інтенсивність (потужність) небезпечного явища, тим рідше воно трапляється. По-третє, кожному виду небезпек передують певні специфічні ознаки (передвісники). По-четверте, за всієї непередбачуваності тієї чи іншої природної небезпеки, її прояв може бути передбачений. Насамкінець, по-п'яте, у багатьох випадках можуть бути передбачені пасивні та активні захисні заходи від природних небезпек.

Розглядаючи природні небезпеки, потрібно відзначити роль антропогенного впливу на їх прояв. Відомі численні факти порушення рівноваги у природному середовищі в результаті діяльності людства, які призводять до посилення небезпечного впливу. Так, згідно даних міжнародної статистики, походження близько 80 % сучасних зсувів пов'язане із діяльністю людини. У результаті вирубок лісу зростає активність селів, збільшуються паводкові витрати.

Нині масштаби використання природних ресурсів суттєво зросли. Це призвело до того, що стали відчутно виявлятися риси глобальної екологічної кризи. Природа наче мстить людині за грубе вторгнення у її володіння. Про це 200 років тому попереджав видатний англійський економіст Мальтус Томас Роберт (1766 —1834), виклавши у праці «Опыт о законе народонаселения» (1798) свою концепцію про те, що механізмом регуляції людських популяцій стануть епідемії, тобто фактори, що залежать від густоти населення. Над цією проблемою людство почало серйозно замислюватися тільки останнім часом. Дотримання природної рівноваги є найважливішим профілактичним фактором, урахування якого дає змогу скоротити кількість небезпечних явищ.

Між природними небезпеками існує взаємозв'язок. Одне явище може правити за причину, спускний механізм для наступних явищ.

Наприклад, землетрус може викликати снігові лавини, дощі та снігопади, повені, водну ерозію, селі, зсуви, гірські обвали та каменепади, шторми, тайфуни та припливи.

За наявними оцінками, кількість природних явищ на Землі з плином часу не зростає або майже не зростає, але людські жертви та матеріальна шкода збільшуються. Щорічна імовірність загибелі мешканця планети Земля від

природних небезпек орієнтовно дорівнює  $10^{-5}$ , тобто на кожні сто тисяч мешканців гине одна людина.

Передумовою успішного захисту від міських небезпек є вивчення їх причин та механізмів. Знаючи суть процесів, можна їх передбачувати. А своєчасний та точний прогноз небезпечних явищ є найважливішою передумовою ефективного захисту. Захист від природних небезпек може бути активним (будівництво інженерно-технічних споруд, інтервенція та механізм явища, мобілізація природних ресурсів, реконструкція природних об'єктів тощо) та пасивної (наприклад, використання укриттів). У більшості випадків активні та пасивні методи поєднуються.

За локалізацією природні небезпеки можуть бути з певною мірою умовності поділені на 4 групи: літосферні (землетруси, вулкани, зсуви); небезпеки гідросфери (повені, цунамі, шторми) атмосферні (урагани, бурі, смерчі, град, дощ); космічні (астероїди, планети, випромінювання).

#### 4.1.2. Літосферні небезпеки

*Землетруси.* Планета Земля за формою є еліпсоїд із середнім радіусом 6371 км. Земля складається з кількох різних за складом та фізичними властивостями оболонок-геосфер. У центрі Землі міститься ядро, за ним іде мантія, потім земна кора, гідросфера та атмосфера. Верхня межа мантії проходить на глибині від 5 до 70 км по поверхні Мохоровича, нижня на глибині 2900 км по межі з ядром Землі. Мантія Землі ділиться на верхню завтошки близько 900 км та нижню — близько 2000 км. Верхня мантія разом із земною корою утворює літосферу. Температура у мантії вважається такою, що дорівнює 2000 — 2500 °С, а тиск знаходиться у межах 1—130 ГН/м<sup>2</sup>. Саме у мантії відбуваються тектонічні процеси, що викликають землетруси. Наука, що вивчає землетруси, називається *сейсмологією*.

Землетруси — це підземні поштовхи та коливання земної поверхні, що виникають у результаті раптових зміщень і розривів у земній корі або верхній частині мантії й передаються на великі відстані у вигляді пружних коливань.

Природа землетрусів до кінця не розкрита. Землетруси відбуваються у вигляді серії поштовхів, які включають форшоки, головний поштовх та афтершоки. Кількість поштовхів та інтервали часу між ними можуть бути самими різними. Головний поштовх характеризується найбільшою силою. Тривалість головного поштовху звичайно кілька секунд, але суб'єктивно сприймається людьми як дуже тривала. Згідно даних психіатрів та психологів, що вивчали землетруси, афтершоки іноді призводять до більш важкого психологічного впливу, ніж головний поштовх. У людей під впливом афтершоків виникло відчуття невідворотності біди, і вони, скуті страхом, не діяли замість того, щоб шукати безпечне місце та захищатися.

Осередок землетрусу — це деякий об'єм у товщі Землі, у межах якого відбувається вивільнення енергії. Центр осередку — умовна точка, що зветься гіпоцентром, або фокусом.

Проекція гіпоцентру на поверхню Землі називається *епіцентром*. Навкруги нього відбуваються найбільші руйнування. Це так звана *плейстосейстова область*.

Кількість землетрусів, які щороку реєструються на Земній кулі, вимірюється сотнями тисяч, а за даними деяких учених — мільйонами. У середньому кожні 30с. Реєструється один землетрус. Силу землетрусу оцінюють за інтенсивністю руйнувань на поверхні Землі. Існує багато сейсмічних шкал інтенсивності. Шкалу інтенсивності у 80-ті роки ХІХ ст. створили Де Россі та Форель (від І до Х), у 1920 р. італієць Меркаллі запропонував іншу шкалу з діапазоном значень від І до ХІІ. У 1931 р. ця шкала була удосконалена Вудом та Ньюменом. У 1963 р. С. Медведев із співавторами запропонували нову шкалу.

Лінії, що з'єднують пункти з однаковою інтенсивністю коливань, називаються *ізосейстами*. У 1935 р. проф. Каліфорнійського технологічного інституту Ч.Ріхтер запропонував оцінювати енергію землетрусу за магнітудою (від лат *magnitudo*-величина). Сейсмологи використовують кілька магнітних шкал. В Японії використовують шкалу з семи магнітуд. Саме із цієї шкали виходив К. Ф. Ріхтер, пропонуючи свою удосконалену магнітудну шкалу.

Шкала Ріхтера — сейсмічна шкала магнітуд, заснована на оцінці енергії сейсмічних хвиль, що виникають під час землетрусів. Магнітуда самих сильних землетрусів за шкалою Ріхтера не перевищує 9.

Магнітуда землетрусів — умовна величина, яка характеризує загальну енергію пружних коливань, викликаних землетрусом. Магнітуда пропорційна логарифму енергії землетрусів і дає змогу порівнювати джерела коливань за їх енергією.

Значення магнітуди землетрусів визначається виходячи із спостережень на сейсмічних станціях. Коливання ґрунту, що виникають під час землетрусів, реєструються спеціальними приладами — сейсмографами. Результатом запису сейсмографічних коливань є сейсмограма, на якій записуються поздовжні та поперечні хвилі. Спостереження за землетрусами здійснюються сейсмічною службою країни. Деякі дані землетрусів приведені у таблицях 4.1 та 4.2.

**Таблиця 4.1. Узагальнені оцінки дії землетрусів**

| Діапазон магнітуди землетрусу за Ріхтером | Середнє число землетрусів на землі на рік | Тривалість сильних струсів ґрунту, с | Радіус району сильного струсу ґрунту, км |
|---|---|--------------------------------------|--|
| 4,0 – 4,9                                 | 8000                                      | 0 – 5                                | 0 – 15                                   |
| 5,0 – 5,9                                 | 900                                       | 2 – 15                               | 5 – 30                                   |
| 6,0 – 6,9                                 | 140                                       | 10 – 30                              | 20 – 80                                  |
| 7,0 – 7,9                                 | 15  | 20 – 50                              | 50 – 120                                 |
| 8,0 – 8,9                                 | –   | 30 – 90                              | 80 – 160                                 |

**Таблиця 4.2. Розрахункові значення зміщення ґрунту під час землетрусу**

| Інтенсивність землетрусу в балах (шкала MSK-64) | Прискорення зміщення ґрунту, см/с <sup>2</sup> | Швидкість зміщення ґрунту, см/с | Горизонтальне зміщення ґрунту, мм |
|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| VI  | 30 – 60  | 3 – 6                           | 1,5 – 3                           |
| VII   | 61 – 120                                       | 6,1 – 12                        | 3,1 – 6                           |
| VIII  | 121 – 240                                      | 12,1 – 24                       | 6,1 – 12                          |
| IX  | 241 – 480                                      | 24,1 – 48                       | 12,1 – 24                         |

Землетруси поширені на земній поверхні дуже нерівномірно. Аналіз сейсмічних, географічних даних дає змогу визначити ті області, де слід чекати у майбутньому землетрусів і оцінити їх інтенсивність. У цьому полягає суть сейсмічного районування.

Карта сейсмічного районування — це офіційний документ, яким повинні керуватися організації, що займаються проектуванням.

Поки не вирішена проблема прогнозу, тобто визначення часу майбутнього землетрусу. Основний шлях до вирішення цієї проблеми — реєстрація «провісників» землетрусу — слабких попередніх поштовхів (форштоків), деформації земної поверхні, змін параметрів геофізичних полів та ін. Знання часових координат потенційного землетрусу багато в чому визначає ефективність заходів щодо захисту під час землетрусів.

У районах, що зазнають землетрусів, здійснюється сейсмостійке, або антисейсмічне будівництво. Це значить, що при проектуванні та будівництві ураховуються можливі дії на будівлі та споруди сейсмічних сил. Вимоги до об'єктів, що будуються у сейсмічних районах, встановлюються будівничими нормами і правилами (БНіП ІІ-А, 12-69) та іншими документами. За прийнятою в Україні 12-бальною шкалою небезпечними для будівель та споруд вважаються землетруси, інтенсивність яких 7 балів та більше. Будівництво у районах із сейсмічністю, яка перевищує 9 балів, неекономічне. Тому, у правилах та нормах вказівки обмежені районами 7—9-бальної сейсмічності. Забезпечення повного збереження будівель під час землетрусів звичайно вимагає великих затрат на антисейсмічні заходи, а у деяких випадках практично нездійсненне. Враховуючи, що сильні землетруси відбуваються рідко, норми припускають можливість пошкодження елементів, які не становлять загрози для людей. Найсприятливішими у сейсмічному відношенні вважаються скельні ґрунти.

Сейсмостійкість споруд суттєво залежить від якості будівельних матеріалів та робіт. Методи розрахункової оцінки сейсмостійкості будівель мають приблизний характер. Тому норми вводять ряд обов'язкових конструктивних обмежень та вимог. До них відносяться, наприклад, обмеження розмірів будівель, що будуються у плані та по висоті. Для уточнень даних сейсмологічного районування проводиться сейсмологічне мікрорайонування, за допомогою якого інтенсивність землетрусів у балах, показана на картах, може бути скоректовано на  $\pm 1$  — 2 бали залежно від місцевих тектонічних, геоморфологічних та ґрунтових умов.

Землетрус — грізна стихія, яка не тільки руйнує міста, а й забирає тисячі людських життів.

Так, у 1908 р. землетрусом з магнітудою 7,5 зруйноване місто Мессаліна (Італія), загинуло більше 100 тис. людей. У 1923 р. катастрофічним землетрусом (магнітуда 8,2) з епіцентром на острові Хонсю (Японія) зруйнувало Токіо, Йокогаму, загинуло близько 150 тис. людей. У 1948 р. землетрусом зруйнований Ашхабад, магнітуда 7, сила 9 балів.

Іноді землетрусам передують грозові розряди у атмосфері, виділення метану із земної кори. Це так звані «провісники» землетрусів. Коливання, що виникають під час землетрусів можуть бути причиною вторинних ефектів у вигляді зсувів та селевих потоків, цунамі, снігових лавин, повеней, розломів у скельних породах, пожеж, жолоблення земної поверхні.

Проблема захисту від землетрусів стоїть дуже гостро. У ній необхідно розрізняти дві групи антисейсмічних заходів:

- а) запобіжні, профілактичні заходи, здійснювані до можливого землетрусу;
- б) заходи, здійснювані безпосередньо перед, під час та після землетрусу, тобто дії у надзвичайних ситуаціях.

До першої групи відноситься вивчення природи землетрусів, розкриття його механізму, ідентифікація провісників, розробка методів прогнозу тощо.

На основі досліджень природи землетрусу можуть бути розроблені методи запобігання та прогнозу цього небезпечного явища. Дуже важливо вибрати місця розташування населених пунктів та підприємств із урахуванням сейсмостійкості району. Захист відстанню — найкращий засіб при вирішенні питань безпеки під час

землетрусів. Якщо будівництво все-таки доводиться вести у сейсмонебезпечних районах, то необхідно ураховувати вимоги відповідних норм і правил (БНіП), що зводяться загалом до підсилення будівель та споруд.

Ефективність дій в умовах землетрусів залежить від рівня організації аварійно-рятувальних робіт та рівня навчання населення щодо цього питання а також ефективності системи повідомлення.

*Селі* — короткочасні бурхливі паводки на гірських річках, що мають характер грязекам'яних потоків. Причинами селів можуть бути землетруси, сильні снігопади, дощі, інтенсивне танення снігу.

Основна небезпека — велика кінематична енергія грязьових та водяних потоків, швидкість руху яких може досягати 15 км/год.

За потужністю селеві потоки поділяють на групи: потужні (винесення більше 100 тис. м<sup>3</sup> селевої маси), середньої потужності (від 10 до 100 тис. м<sup>3</sup>), слабкої потужності (менше 10 тис. м<sup>3</sup>). Селеві потоки виникають несподівано, швидко нарастають і продовжуються звичайно від 1 до 3 год, іноді 6 – 8 год. Селі прогноуються за результатами спостережень за минулі роки та за метеорологічними прогнозами.

До профілактичних заходів проти селів відносяться: гідротехнічні споруди (для затримки селів, для спрямування селів тощо), спускання талої води, закріплення рослинного шару на гірських схилах, лісосадильні роботи, регулювання рубки лісу та ін. У селенебезпечних створюються автоматичні системи повідомлення про селеву загрозу та розроблюються відповідні плани заходів.

*Снігова лавина* — це сніговий обвал, маса снігу, що падає чи сповзає із гірських схилів під впливом якої-небудь дії і захоплює на своєму шляху нові маси снігу. Однією із спонукальних причин лавини може бути землетрус. Снігові лавини поширені у гірських районах.

За характером руху лавини поділяються на схиліві (зсуви), лоткові та стрибаючі. Небезпека лавини полягає у великій кінетичній енергії маси лавини, що має величезну руйнівну силу. Лавини утворюються на безлісих схилах, крутизна яких має значення починаючи від 15° та більше. Оптимальні умови для утворення лавин на схилах у 30-40°. Коли крутизна більше 50° сніг осипається до підніжжя схилу і лавини не встигають сформуватися. Сходження лавини починається тоді, коли шар свіжого снігу, що випав, досягає 30 см, а старого – більше 70 см. Швидкість сходження лавини може досягати більше 100 м/с, а в середньому 20-30 м/с. Точний прогноз часу сходження лавин неможливий.

Є відомості про те, що в Європі кожного року лавини різного виду забирають у середньому близько 100 людських життів. Протилавинні профілактичні заходи поділяються на 2 групи: пасивні та активні. Пасивні способи полягають у використанні опорних споруд, дамб, лавинорізів, снігозатримувальних щитів, насадженні та відновленні лісу тощо.

Активні методи полягають у штучному провокуванні сходження лавини у заздалегідь вибраний час і за дотримання заходів безпеки. З цією метою виконується обстріл головних частин потенційних зривів лавини розривними снарядами або мінами, організуються вибухи спрямованої дії, використовуються сильні джерела звуку.

У лавинонебезпечних регіонах можуть створюватися протилавинні служби, передбачається система повідомлення та розроблюються плани заходів для захисту від лавин.

*Виверження вулканів.* Сукупність явищ, пов'язаних із рухом магми у земній корі та на її поверхні називається вулканізмом.

*Магма* (від грец. *magma* — густа мазь) — це розплавлена маса переважно силікатного складу, що утворюється у глибинних зонах Землі. Досягаючи земної поверхні, магма виливається у вигляді лави.

Лава відрізняється від магми відсутністю газів, які звільнюються під час виверження. Вулкани (за ім'ям бога вогню Вулкана) являють собою геологічні утворення, що виникають над каналами та тріщинами у земній корі, по яким вивергається на земну поверхню магма. Звичайно вулкани являють собою окремі гори, сформовані продуктами вивержень.

Вулкани поділяються на діючі, сплячі та згаслі. До сплячих відносяться вулкани, про виверження яких нема відомостей, але вони зберегли свою форму і під ними відбуваються локальні землетруси.

Згаслі — це різні вулкани без якої-небудь вулканічної активності.

За механізмом зсувного процесу виділяють такі типи зсувів: зсув, видавлювання, гідравлічне винесення та ін.

За глибиною залягання поверхневого ковзання розрізняють зсуви: поверхневі — до 1 м, дрібні — до 5 м, глибокі — до 20 м, дуже глибокі — більше 20 м.

За потужністю залученої до процесу маси гірських порід зсуви поділяють на малі — до 10 тис. м<sup>3</sup>, середні — від 11 до 100 тис. м<sup>3</sup>, великі — від 101 до 1000 тис.м<sup>3</sup>, дуже великі — більше 1000 тис. м<sup>3</sup>.

За швидкістю руху зсуви бувають швидкі (час розвитку вимірюється секундами або хвилинами), середньої швидкості (хвилини, години), повільні (дні, роки).

Зсуви формуються, як правило, на ділянках, що складаються із водотривких та водоносних порід ґрунту, які чергуються між собою. Зсуви виникають внаслідок порушення рівноваги порід. Коли сили зчеплення на поверхні ковзання стають меншими складової сили тяжіння, маса починає рух. Небезпека зсувів полягає в тому, що величезні маси ґрунтів, що несподівано зсуваються, можуть призвести до руйнування будівель та споруд і великих жертв.

Збудниками зсувних процесів є землетруси, вулкани, будівельні роботи тощо. Попередження та захист від зсувів передбачає ряд пасивних та активних заходів.

До першої групи відносять заходи охоронно-обмежувального виду: заборона будівництва, виконання вибухових робіт, надрізання зсувних схилів. До активних заходів відносять улаштування різних інженерних споруд, підпірних стінок, рядів паль тощо. У небезпечних місцях передбачається система спостереження та повідомлення населення, а також дії відповідних установ з організації аварійно-рятувальних робіт.

#### 4.1.3. Гідросферні небезпеки

До небезпек гідросфери відносяться *повені та цунамі*. Повіддям називають відносно тривале збільшення водоносності річок, супроводжуване підвищенням рівня води, яке повторюється щороку протягом одного й того самого сезону.

*Паводок* — порівняно короткочасне та неперіодичне підняття рівня води. Паводки, що відбуваються один за одним можуть утворити повіддя, а останнє — повінь.

*Повінь* — значне затоплення водою місцевості у результаті підйому рівня води у річці, озері або морі, який може бути викликаний різними причинами. Це найпоширеніша природна небезпека. Повінь відбувається через різке збільшення кількості води в річці, внаслідок танення снігу або льодовиків, розташованих у її басейні, а також у результаті випадання сильних опадів. Повені нерідко викликаються загромодженням русла льодом під час льодоходу (затор) або закупорюванням русла внутрішнім льодом під нерухомим крижаним покривом і утворенням крижаної пробки, виникають під дією вітрів, які заганяють воду з моря

і викликають підвищення рівня за рахунок затримки у гирлі принесеної річкою води. Ці повені називають *загінними*.

На морських узбережжях та островах повені можуть виникати у результаті затоплення хвилею, яка утворюється під час землетрусів, виверженнях вулканів, цунамі. Повені загрожують майже 3/4 земної поверхні. За даними ЮНЕСКО, від річкових повеней загинуло у 1947-67 рр. близько 200000 людей. Спеціалісти вважають, що людям загрожує небезпека, коли шар води досягає 1 м, а швидкість потоку перевищує 1 м/с. Підйом води на 3 м вже призводить до руйнування будівель. Повені постійно супроводжують людство і приносять велику матеріальну шкоду.

Дуже сильна повінь, яка сталася приблизно 5600 років тому у долині Тигру та Євфрату в Месопотамії, мала настільки серйозні наслідки, що знайшла відображення у Біблії як всесвітній потоп. Значна частина Голландії знаходиться нижче рівня моря. Тому тут здавна почали споруджувати дамби. У 1953 р. сталася сильна повінь, за якої рівень води досяг 4,6 м. Захисні споруди не витримали. Загинуло більше 18000 осіб. У 1957 р. було започатковане будівництво нових захисних споруд. Гамбург, віддалений на 100 км від гирла Ельби, періодично затоплюється у результаті штормових нагонів у Північному морі. У 1981 р. підйом води склав 5,8 м. Катастрофічні підйоми води у Темзі відбувалися багато разів за час існування Лондону і супроводжувалися людськими жертвами. Острова дельти Неви, на яких був заснований Санкт-Петербург, з 1703 р. більше 260 разів заливалися водою.

Але вітер не єдина причина повені. Іноді може бути повне безвітря, а повінь все рівно відбувається. Причиною таких повеней були довгі хвилі, що виникають на морі під впливом циклону. Довга хвиля зі швидкістю 50-60 км/ год рухається у Фінську затоку, стає більш високою на мілководді та у затоці, що звужується, і перешкоджає річковому стоку. За одночасної дії усіх можливих факторів підйом рівня води у дельті Неви може досягти 550 см. Загибель людей під час повені, велика матеріальна шкода, завдана нею, примушує людей вивчати ці явища та знаходити способи захисту від них.

Повені на річках за висотою підйому води, площі затоплення та величині збитків поділяються на 4 категорії: низькі (малі), високі (середні), видатні (великі) та катастрофічні. Існує класифікація повені за ознакою причин.

Частота повеней різна у різних регіонах. Низькі повені повторюються через 5—10 років, високі — через 20—25 років, видатні — через 50—100 років, катастрофічні не частіше одного разу на 100—200 років. Тривалість повеней від кількох до 80—90 днів.

Захист людей в умовах повеней включає повідомлення, евакуацію людей та інші заходи відповідно до планів боротьби із повенями та захисту населення.

Найефективніший спосіб боротьби із річковими повенями — регулювання річкового стоку шляхом створення водосховищ.

Для захисту від повеней у Голландії, Германії, Англії та інших країнах будують спеціальні захисні споруди. Для захисту від водяної стихії у дельті Неви будується захисний комплекс завдовжки більше 25 км у поперечнику, населений пункт Горська – Кронштадт – Ломоносов. У конструкції комплексу передбачені пропускні споруди для судноплавства, водопропускні споруди, кам'яні та земельні дамби, що піднімаються над гладінню затоки на 8 м.

*Цунамі* — це гравітаційні хвилі дуже великої довжини, які виникають у результаті зсуву вгору або вниз великих ділянок дна під час сильних підводних землетрусів, рідше вулканічних вивержень.

Через малу здатність води до стискання та через швидкість процесу деформації ділянок дна стовп води, що спирається на них, також пересувається, не встигаючи розтікатися. В результаті на поверхні води утворюється певне підвищення або зниження. Збурення, що утворилося, переходить у коливальний рух товщі води, що поширюється зі швидкістю, пропорційної квадратному кореню глибини моря (50—1000 км/год). Відстань між сусідніми гребенями хвиль знаходиться у межах 5—1500 км. Висота хвиль в області їх виникнення знаходиться у межах 0,1—5 м, біля узбережжя — до 10 м, а у клиноподібних бухтах, долинах річок — більше 50 м. У глиб суходолу цунамі можуть поширюватися до 3 км.

Відомо більше 1000 випадків цунамі, з них близько 100 із катастрофічними наслідками.

Основний район, де виявляються цунамі — узбережжя тихого океану (80 % випадків), а також Атлантичний океан, і рідше Середземне море. Цунамі дуже швидко досягають берега. Маючи велику енергію, що досягає іноді  $10^{20}$  ерг, цунамі роблять великі руйнування і становлять загрозу для людей.

Надійного захисту від цунамі немає. Заходами із часткового захисту є спорудження хвилерізів, молів, насипів, садіння лісових смуг, улаштування гаваней. Цунамі не являє небезпеки для кораблів у відкритому морі.

Важливе значення для захисту населення від цунамі мають служби попередження про наближення хвиль, які працюють на засадах попереджувальної реєстрації землетрусів береговими сейсмографами.

#### 4.1.4. Атмосферні небезпеки

Газове середовище навколо Землі, що обертається разом з нею, називається *атмосферою*.

Склад її біля поверхні Землі: 78,1 нітрогену, 21% кисню, 0,9 % аргону, у незначних частках відсотка оксиду карбону, водень, гелій, неон та інші гази. У нижніх 20 км тримається водяна пара (3 % у тропічному кліматі,  $2 \cdot 10^{-5}$  % у Антарктиді). На висоті 20-25 км розташований шар озону, який запобігає дії шкідливого короткохвильового випромінювання на організми на Землі. Вище 100 км молекули газів розпадаються на атоми та іони, утворюючи іоносферу.

Залежно від розподілу температури атмосферу поділяють на *тросферу*, *стратосферу*, *мезосферу*, *термосферу*, *екзосферу*.

Нерівномірність нагрівання сприяє загальній циркуляції атмосфери, яка впливає на погоду та клімат Землі. Атмосферний тиск розподіляється нерівномірно, що призводить до руху повітря відносно Землі від високого тиску до низького. Цей рух називається *вітром*. Область зниженого тиску в атмосфері з мінімумом у центрі називається *циклоном*.

Циклон у поперечнику досягає кількох тисяч кілометрів. У Північній півкулі вітри у циклоні дмуть проти годинникової стрілки, а у Південній — за годинниковою. Погода під час циклону переважає хмарна, із сильними вітрами.

*Антициклон* — це область підвищеного тиску в атмосфері, з максимумом у центрі. Поперечник антициклону складає кілька тисяч кілометрів. Антициклон характеризується системою вітрів, що дмуть за годинниковою стрілкою у Північній півкулі, та проти — у Південній, малохмарною і сухою погодою та слабкими вітрами. В атмосфері мають місце наступні електричні явища: *іонізація повітря*, *електричне поле атмосфери*, *електричні заряди хмар*, *струми та розряди*.

У результаті природних процесів, які відбуваються в атмосфері, на Землі спостерігаються явища, які являють безпосередню небезпеку або утруднюють функціонування систем людини. До таких атмосферних небезпек відносяться



тумани, ожеледиця, блискавки, урагани, бурі, смерчі, град, заметілі, Торнадо, зливи тощо.

*Ожеледиця* — шар щільного льоду, який утворюється на поверхні землі та предметах (проводах, конструкціях) при замерзанні на них переохолоджених крапель туману або дощу.

Звичайно ожеледиця спостерігається за температури повітря від 0 до — 3 °С, але іноді також за більш низьких. Кірка намерзлого льоду може досягати товщини кількох сантиметрів. Під дією ваги льоду можуть руйнуватися конструкції, ламатися сучки. Ожеледь підвищує небезпеку для руху транспорту та людей.

*Туман* — скупчення дрібних водяних крапель або крижаних кристалів, або і тих і інших у приземному шарі атмосфери (іноді до висоти кількох сотень метрів), що зменшує горизонтальну видимість до 1 км і менше.

У дуже густих туманах видимість може погіршуватися до кількох метрів. Тумани утворюються в результаті конденсації або сублімації водяної пари на аерозольних (рідких або твердих) частках, що містяться в повітрі (так званих ядрах конденсації). Туман із водяних крапель спостерігається, головним чином, при температурах повітря вище — 20 °С. При температурі нижче — 20 °С переважають льодяні тумани. Більшість крапель туману має радіус 5—15 мкм за додатної температури повітря та 2—5 мкм — за від'ємної температури. Кількість крапель у 1 см<sup>3</sup> повітря коливається від 50—100 у слабких туманах і до 500—600 у щільних. Тумани, за їх фізичним генезисом поділяються на тумани охолодження та тумани випаровування.

За синоптичними умовами утворення відрізняють тумани внутрішньо-масові, що формуються в однорідних повітряних масах та тумани фронтальні, поява яких пов'язана із фронтами атмосферними. Переважають тумани внутрішньо-масові. У більшості випадків це тумани охолодження, до того ж їх поділяють на радіаційні та утворені адвекцією. Радіаційні тумани утворюються над суходолом за умови зменшення температури внаслідок радіаційного охолодження земної поверхні, а від неї і повітря. Найчастіше вони утворюються у антициклонах. Тумани, утворені адвекцією, утворюються внаслідок охолодження теплом вологого повітря під час його руху над більш холодною поверхнею суходолу або води. Тумани, утворені адвекцією, розвиваються як над суходолом, так і над морем, найчастіше у теплих секторах циклонів. Ці тумани стійкіші, ніж радіаційні.

Фронтальні тумани утворюються поблизу атмосферних фронтів і пересуваються разом з ними. Тумани перешкоджають нормальній роботі усіх видів транспорту. Прогноз туманів має велике значення для безпеки.

*Град* — вид атмосферних опадів, що складаються із сферичних частинок або шматочків льоду (градин) розміром від 5 до 55 мм, зустрічаються градини діаметром 130 мм та масою близько 1 кг. Густина матеріалу градин 0,5—0,9 г/см<sup>3</sup>. З 1 хв на 1 м<sup>2</sup> падає 500—1000 градин. Тривалість випадання граду звичайно 5—10 хв, дуже рідко — до 1 год.

Розроблені радіологічні методи визначення наявності та небезпечності граду хмар, створені оперативні служби для боротьби з градом. Боротьба із градом ґрунтується на принципі введення за допомогою ракет або снарядів у хмару реагенту (звичайно йодистого свинцю або йодистого срібла), який сприяє заморожуванню переохолоджених крапель. У результаті з'являється величезна кількість штучних центрів кристалізації. Тому градини утворюються менших розмірів і вони встигають розтанути ще до падіння на Землю.

*Грім* — звук в атмосфері, що супроводжує розряд блискавки. Викликається коливаннями повітря під впливом миттєвого підвищення тиску на шляху блискавки.

*Блискавка* — це гігантський електричний іскровий розряд в атмосфері, що проявляється звичайно яскравим спалахом світла та супроводжується громом.

Найчастіше блискавки виникають у купчасто-дощових хмарах. У розкриття природи блискавки внесли внесок американський фізик Б. Франклін (1706—90), російські вчені М.В. Ломоносов (1711—54) та Г. Ріхман (1711—53), який загинув від удару блискавки під час випробувань атмосферної електрики. Блискавки поділяються на внутрішньохмарні, тобто ті, що проходять у самих грозових хмарах, і наземні, тобто ті, що б'ють у землю. Процес розвитку наземної блискавки складається з кількох стадій.

На першій стадії у зоні, де електричне поле досягає критичного значення, починається ударна іонізація, створювана спочатку вільними електронами, завжди наявними в невеликій кількості у повітрі, які під дією електричного поля набувають значних швидкостей за напрямком до Землі і, стикаючись з атомами повітря, іонізують їх. Таким чином виникають електронні лавини, які переходять у нитки електричних розрядів – стримери, що являють собою канали з високою електропровідністю, котрі поєднуються і дають початок яскравому термоіонізованому каналу із високою провідністю – східчастому лідеру.

Рух лідера до земної поверхні відбувається сходами у кілька десятків метрів зі швидкістю  $\approx 5 \cdot 10^7$  м/с, після чого її рух припиняється на кілька десятків мкс, а світіння сильно слабшає. У наступній стадії лідер знову просувається на кілька десятків метрів, яскраве світіння при цьому охоплює усі пройдені сходи. Потім знову йде зупинка та послаблення світіння. Ці процеси повторюються під час руху лідера до поверхні землі із середньою швидкістю  $2 \cdot 10^5$  м/с. В міру просування лідера до Землі напруженість поля на його кінці посилюється і під його дією із виступаючих на поверхні Землі предметів викидається відповідний стример, що з'єднується з лідером.

На цьому явищі ґрунтується створення блискавковідводу. У заключній стадії по іонізованому лідером каналу (рис.6) йде зворотний або головний розряд блискавки, що характеризується струмами від десятків до сотень тисяч ампер, сильної яскравості та великою швидкістю просування  $\approx 10^8 \dots 10^7$  м/с. Температура каналу під час головного розряду може перевищувати  $25000$  °С, довжина каналу блискавки 1—10 км, діаметр — кілька сантиметрів. Такі блискавки називаються зтяжними. Вони найчастіше бувають причиною пожеж. Звичайно блискавка складається з кількох повторних розрядів, загальна тривалість яких може перевищувати 1 с. Внутрішньохмарні блискавки містять у собі тільки лінійні стадії, їх довжина становить від 1 до 150 км. Імовірність ураження блискавкою наземного об'єкта росте в міру збільшення його висоти та із збільшенням електропровідності ґрунту. Ці обставини враховуються під час улаштування блискавковідводу. На відміну від небезпечних блискавок, які називають *лінійними*, існують *кульові* блискавки, які нерідко утворюються вслід за ударом лінійної блискавки. Лінійна та кульова блискавки можуть бути причиною важких травм та загибелі людей. Удари блискавки можуть супроводжуватися руйнуваннями, викликаними її термічними та електродинамічними діями.

Найбільші руйнування викликають удари блискавок у наземні об'єкти за відсутності хороших струмопровідних шляхів між місцем удару та Землею. Від електричного пробоя у матеріалі утворюються вузькі канали, у яких створюється дуже висока температура і частина матеріалу випаровується з вибухом та наступним запалюванням. Поруч із цим можливе виникнення великих різниць потенціалів між окремими предметами усередині будівлі. Це може бути причиною ураження людей електричним струмом. Дуже небезпечні прямі удари блискавкою у повітряні лінії із дерев'яними опорами, тому що при цьому можуть виникати розряди з проводів та

апаратури (телефон, вимикачі) на землю та інші предмети. Це може призвести до пожеж і ураження людей електричним струмом. Прямі удари блискавки у високовольтні лінії можуть бути причиною коротких замикань. Небезпечно попадання блискавки у літаки. Під час удару блискавки у дерево можуть бути уражені люди, які перебувають поблизу нього.

Розряди атмосферної електрики здатні викликати вибухи, пожежі та руйнування будівель і споруд. Це призвело до необхідності розробки спеціальної системи захисту від блискавок.

*Захист від блискавок* — комплекс захисних пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, цілості будівель і споруд, обладнання та матеріалів від розрядів блискавки.

Блискавка здатна діяти на будівлі та споруди прямими ударами (первинна дія), які викликають безпосереднє пошкодження і руйнування, і вторинними діями — за допомогою явищ електростатичної й електромагнітної індукції. Високий потенціал, створюваний розрядами блискавки може заноситися у будівлі також по повітряних лініях та різних комунікаціях. Канал головного розряду блискавки має температуру 20000 °С і вище, яка викликає пожежі та вибухи у будівлях і спорудах.

Будівлі та приміщення підлягають захисту від блискавок відповідно до БН 305-77. Вибір захисту залежить від призначення будівлі або споруди, інтенсивності грозової діяльності у розгляданому регіоні і очікуваної кількості уражень об'єкта блискавкою, що припадає на рік.

Інтенсивність грозової діяльності характеризується середньою кількістю грозових годин на рік  $n_r$  або числом грозових днів на рік  $n_d$ . Визначають її за допомогою відповідної карти, приведеної в БН 305-77, для конкретного району.

Застосовують і узагальненіший показник – середня кількість ударів блискавки на рік ( $n$ ) на 1 км<sup>2</sup> поверхні Землі, який залежить від інтенсивності грозової діяльності:

| Інтенсивність грозової діяльності, кількість/рік | 10-20 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80 та більше |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------|
| $n$  | 1     | 3     | 6     | 9     | 12           |

Очікувану кількість уражень блискавкою на рік будівель та споруд  $N$  не обладнаних захистом від блискавок, визначають за формулою:

$$N = (S + 6h_x) \cdot (L + 6h_x) \cdot 10^{-6},$$

де  $S$  та  $L$  — відповідно ширина та довжина будівлі (споруди), що потребує захисту, яка має у плані прямокутну форму, м, для будівель складної конфігурації при розрахунку  $N$  у якості  $S$  та  $L$  приймають ширину та товщину найменшого прямокутника, у який можна вписати будівлю на плані;  $h_x$  – найбільша висота будівлі (споруди), м;  $n$  – середньорічна кількість ударів блискавки у 1 км<sup>2</sup> земної поверхні у місці розташування будівлі.

Для димарів, водонапірних веж, щогл, дерев очікувану кількість ударів блискавки в рік визначають за формулою:

$$N = 9 \cdot 10^{-6} h^2,$$

У незахищену від блискавки лінію електропередачі довжиною  $L$  км із середньою висотою підвісу проводів  $h_{cp}$  кількість ударів блискавки за рік складає за припущення, що небезпечна лінія поширюється від осі лінії в обидва боки на  $3 h_{cp}$

$$N = 0,42 \cdot 10^{-3} L h_{cp} n_r$$

Залежно від імовірності викликаної блискавкою пожежі або вибуху, виходячи із масштабів можливих руйнувань або збитку, нормами встановлені три категорії улаштування захисту від блискавок.

У будівлях та спорудах, віднесених до І категорії захисту від блискавки, довгий час зберігаються і систематично виникають вибухонебезпечні суміші газів, пари та пилю, переробляються або зберігаються вибухові речовини. Вибухи у таких будівлях, як правило, супроводжуються значними руйнуваннями і людськими жертвами.

У будівлях та спорудах ІІ категорії захисту названі вибухонебезпечні суміші можуть виникнути тільки в момент виробничої аварії або несправності технологічного обладнання, вибухонебезпечні речовини зберігаються у надійній упаковці. Попадання блискавки у такі будівлі, як правило, супроводжується значно меншими руйнуваннями та жертвами.

У будівлях та спорудах ІІІ категорії від прямого удару блискавки може виникнути пожежа, механічні руйнування та ураження людей. До цієї категорії відносяться виробничі приміщення, димові труби, водонапірні башти тощо.

Будівлі та споруди, які відносяться за улаштуванням до І категорії, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки, електростатичної та електромагнітної індукції та виникнення високих потенціалів внаслідок контакту з надземними та підземними металевими комунікаціями по всій території України.

Будівлі та споруди ІІ категорії захисту повинні бути захищені від прямих ударів блискавки, вторинних її дій та від виникнення високих потенціалів в комунікаціях тільки у місцевостях із середньою інтенсивністю грозової діяльності  $n_T = 10$ .

Будівлі та споруди, віднесені за будовою захисту від блискавок до ІІІ категорії, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки та виникнення високих потенціалів внаслідок контакту з наземними металевими комунікаціями у місцевостях із грозовою діяльністю 20 год. на рік та більше. Будівлі захищаються від прямих ударів блискавки блискавковідводами. *Зоною захисту блискавковідводу* називають частину простору прилеглу до блискавковідводу, усередині якого будівля або споруда захищена від прямих ударів блискавки із певним ступенем надійності.

*Блискавковідводи* складаються із приймачів блискавки, що приймають на себе розряд блискавки, заземлювальних пристроїв, які призначені для відведення струму блискавки у землю, та відведень струму, що з'єднують приймачі блискавки із заземлювальними пристроями.

Блискавковідводи можуть розташовуватися окремо або встановлюватися безпосередньо на будівлі або споруді. За типом приймача блискавки їх поділяють на стержневі, тросові та комбіновані. Залежно від кількості діючих на одній споруді блискавковідводів, їх поділяють на одиночні, подвійні та багатократні.

*Приймачі стержневих блискавковідводів* роблять із сталевих стержнів різних розмірів та форм перерізу. Мінімальна площа перерізу приймача блискавки — 100 мм<sup>2</sup>. Цьому відповідає круглий переріз стержня діаметром 12 мм, штабова сталь 35×3 мм або газова труба зі сплющеним кінцем.

Приймачі блискавки тросових блискавковідводів виконують із сталевих багатодротових тросів перерізом не менше 35 мм<sup>2</sup> (діаметр 7 мм).

У якості приймачів блискавки можна використовувати також металеві конструкції споруд, які потрібно захищати — димарі та інші труби, дефлектори (якщо вони не мають викидів горючої пари та газів), металеву покрівлю та інші металоконструкції, що піднімаються над будівлею.

*Відведення струму* роблять із сталевих проволочи перерізом 25-35 мм<sup>2</sup>, діаметром не менше 6 мм, сталі квадратного або іншого профілю. У якості відведень струму можна використовувати металеві конструкції будівель та споруд, що захищені блискавковідводом (колони, ферми, пожежні драбини, металеві напрямні ліфтів тощо), крім попередньо напруженої арматури залізобетонних конструкцій. Відведення струму потрібно прокладати найкоротшими шляхами до заземлювальних пристроїв. З'єднання відведень струму із приймачами струму та

заземлювальними пристроями повинно забезпечити безперервність електричного зв'язку у з'єднаних конструкціях. Це звичайно забезпечується зварюванням. Відведення струму потрібно розташовувати на такій відстані від входів у будівлю, щоб до них не могли торкатися люди. Таке розташування запобігає ураженню струмом блискавки.

*Заземлювачі відведень струму* встановлюють для відведення струму блискавки у землю, і від їх правильної та якісної будови залежить ефективна робота захисту від блискавок.

Конструкція заземлювача приймається залежно від імпульсного опору, що вимагається із урахуванням питомого опору та зручності його укладення у ґрунті. Для забезпечення безпеки людей рекомендується огорожувати заземлювачі або під час грози не допускати людей до заземлювачів на відстані менше 5—6 м. Заземлювачі потрібно розташовувати на відстані від доріг, тротуарів тощо.

*Ураган* — це циклон, у якого тиск у центрі дуже низький, а вітри досягають великої і руйнівної сили. Швидкість вітру може досягати 25 км/год. Іноді урагани на суходолі називають *бурею*, а на морі — *штормом, тайфуном*.

Урагани являють собою явище морське і найбільші руйнування від них бувають поблизу узбережжя. Але вони можуть проникати і далеко на суходіл. Урагани можуть супроводжуватися сильними дощами, повенями, у відкритому морі утворюють хвилі висотою більше 10 м, штормовими нагонами. Особливою силою відрізняються тропічні урагани, радіус вітрів яких може перевищувати 300 км.

Урагани — явище сезонне. Щорічно на Землі розвивається у середньому 70 тропічних циклонів. Середня тривалість урагану близько 9 днів, максимальна — 4 неділі.

*Буря* — це дуже сильний вітер, який призводить до великого хвилювання на морі і до руйнувань на суходолі. Буря може спостерігатися під час проходження циклону, смерчу.

Швидкість вітру біля земної поверхні перевищує 20 м/с і може досягати 100 м/с. У метеорології застосовується термін «шторм», а за швидкості вітру більше 30 м/с — ураган. Короткочасні посилення вітру до швидкостей 20–30 м/с називаються *шквалами*.

*Смерч* — це атмосферний вихор, що виникає у грозовій хмарі а потім поширюється у вигляді темного рукава або хоботу за напрямком до поверхні суходолу та моря.

У верхній частині смерч має схоже на лійку розширення, що зливається з хмарами. Коли смерч спускається до земної поверхні, нижня частина його теж іноді стає розширеною, нагадуючи перекинуту лійку. Висота смерчу може досягати 800–1500 м. Повітря у смерчі обертається і одночасно піднімається по спіралі уверх, втягуючи пил або воду. Швидкість обертання може досягати 330 м/с. У зв'язку з тим, що всередині вихору тиск зменшується, відбувається конденсація водяної пари. За наявності пилу та води смерч стає видимим.

Діаметр смерчу над морем вимірюється десятками метрів, над суходолом — сотнями метрів.

Смерч виникає звичайно у теплому секторі циклону і рухається разом із циклоном зі швидкістю 10—20 м/с. Смерч проходить шлях завдовжки від 1 до 40—60 км. Супроводжується грозою, дощем, градом та, якщо досягає поверхні Землі, майже завжди робить великі руйнування, усмоктує у себе воду і предмети, що зустрічаються на його шляху, піднімає їх високо уверх і переносить на великі відстані. Предмети у кілька сотень кілограмів легко піднімаються смерчем і переносяться на десятки метрів. Смерч на морі являє собою небезпеку для

кораблів. Смерчі над суходолом називаються *тромбами*, у США їх називають *торнадо*.

Так само як урагани, смерчі розпізнають із супутників погоди. Для візуальної оцінки сили (швидкості) вітру у балах за його дією на наземні предмети або за хвилюванням на морі англійський адмірал Ф. Бофорт у 1806 р. розробив умовну шкалу, яка після змін та уточнень у 1963 р. була прийнята Всесвітньою метеорологічною організацією і широко застосовується у синоптичній практиці. Швидкість вітру за шкалою Бофорта змінюється від 0-0,2 (Штиль) до 32,7 м/с (Ураган).

#### 4.1.5. Космічні небезпеки

**Космос** — це світовий простір, що впливає на живі організми на Землі. Розглянемо деякі небезпеки, що загрожують людині із Космосу.

*Астероїди* — це малі планети, діаметр яких коливається у межах 1-1000 км. Нині відомо близько 300 космічних тіл, які можуть перетинати орбіту Землі. Всього за прогнозами астрономів у Космосі існує приблизно 300 тис. астероїдів та комет.

Зустріч нашої планети з такими небесними тілами являє собою серйозну небезпеку для всієї біосфери. Розрахунки показують, що удар астероїда діаметром близько 1 км супроводжується виділенням енергії, що у десятки разів перевищує весь існуючий на Землі ядерний потенціал. Енергія одного удару оцінюється величиною  $\approx 10^{23}$  ерг.

У 1994 р. відбулася унікальна астрономічна подія: осколки комети Шумейкера-Леві зіштовхнулися з Юпітером. Вона нагадала усім про існування проблеми кометної небезпеки і небезпеки астероїдів. Імовірність зіткнення астероїдів із Землею оцінюється  $\approx 10^{-5}$  —  $10^{-8}$ . Тому у багатьох країнах ведуться роботи з проблем небезпеки астероїдів і техногенного засмічення космічного простору, які направлені на прогнозування і попередження зіткнення масивних тіл із Землею.

Основним засобом боротьби із астероїдами і кометами, що наближаються до Землі є ракетно-ядерна технологія. Залежно від розмірів небезпечних космічних об'єктів (НКО) і використаних для їх виявлення інформаційних засобів час на організацію протидії може змінюватися у широких межах від кількох діб до кількох років. Із урахуванням операцій на виявлення, уточнення траєкторії і характеристик НКО, а також час підльоту засобів перехвату потрібна дальність виявлення НКО повинна складати 150 млн км від Землі.

Передбачається розробити систему планетарного захисту від астероїдів і комет, яка ґрунтується на двох принципах захисту, а саме: зміна траєкторії НКО або руйнування його на кілька частин. Тому на першому етапі розробки системи захисту Землі від метеоритної небезпеки та від небезпеки астероїдів передбачається створити службу спостереження за станом з таким розрахунком, щоб виявляти об'єкти розміром близько 1 км за рік — два до його підльоту до Землі. На другому етапі необхідно розрахувати його траєкторію і проаналізувати можливість зіткнення із Землею. Якщо імовірність такої події велика, то необхідно приймати рішення по знищенню або зміні траєкторії цього небесного тіла. З цією метою передбачається використати міжконтинентальні балістичні ракети з ядерною боєголовкою. Сучасний рівень космічних технологій дає змогу створити такі системи перехоплення.

Тіла розміром близько 100 м можуть з'явитися у безпосередній близькості до Землі досить зрідка. У цьому випадку уникнути зіткнення шляхом зміни траєкторії практично нереально. Єдина можливість запобігти катастрофі — це зруйнувати тіла на кілька дрібних фрагментів.

Величезний вплив на земне життя робить сонячна радіація. Сонячна радіація є потужним оздоровчим і профілактичним фактором. Розподіл сонячної радіації на різних широтах служить важливим показником, що характеризує різні кліматогеографічні зони, що враховується у гігієнічній практиці під час вирішення різних питань, пов'язаних із містобудуванням, тощо.

Уся сукупність біохімічних, фізіологічних реакцій, що протікають за участю енергії світла, носить назву *фотобіологічних* процесів. Фотобіологічні процеси в залежно від їх функціональної ролі можуть бути умовно розділені на три групи.

Перша група забезпечує синтез біологічно важливих сполук (наприклад, фотосинтез). До другої групи відносяться фотобіологічні процеси, які служать для отримання інформації і дає змогу орієнтуватися в навколишньому середовищі (зір, фототаксис, фотоперіодизм). До третьої групи входять процеси, що супроводжуються шкідливими для організму наслідками (наприклад, руйнування білків, вітамінів, ферментів, поява шкідливих мутацій, онкогенний ефект). Відомі стимулюючі ефекти фотобіологічних процесів (синтез пігментів, вітамінів, фотостимуляція клітинного складу). Активно вивчається проблема фотосенсибілізуючого ефекту. Вивчення особливостей взаємодії світла з біологічними структурами створило можливість для використання лазерної техніки у офтальмології, хірургії тощо.

Найактивнішою у біологічному відношенні є ультрафіолетова частина сонячного спектру, яка біля поверхні Землі представлена потоком хвиль у діапазоні від 290 до 400 нм. Інтенсивність ультрафіолетового випромінювання біля поверхні Землі не завжди стала і залежить від географічної широти місцевості, пори року, стану погоди, ступеню прозорості атмосфери. За хмарної погоди інтенсивність ультрафіолетового випромінювання біля поверхні Землі може знижуватись до 80 %; за рахунок запиленості атмосферного повітря це зниження складає від 11 до 50 %.

Бактерицидна дія штучного ультрафіолетового випромінювання використовується також для знезаражування питної води. При цьому органолептичні властивості води не змінюються, в неї не вносяться сторонні хімічні речовини.

Однак дія ультрафіолетового випромінювання на організм і навколишнє середовище не обмежується лише сприятливим впливом. Відомо, що надмірне сонячне опромінювання приводить до розвитку вираженої еритеми з набряком шкіри і погіршенням стану здоров'я. Найчастішим ураженням очей при дії ультрафіолетових променів є фотоофтальмія. У цих випадках виникає гіперемія кон'юнктиви, з'являються блефароспазм, сльозотечія і світлобоязнь. Подібні ураження зустрічаються за рахунок відбивання променів Сонця від поверхні снігу в арктичних і високогірних районах («снігова сліпота»). Відомий фотосенсибілізуючий ефект у осіб, особливо чутливих до дії ультрафіолетових променів, під час роботи з кам'яновугільним пеком. Підвищення чутливості до ультрафіолетових променів спостерігається у хворих із свинцевою інтоксикацією, у дітей, що перенесли кір, тощо.

За останні роки в спеціальній літературі висвітлюється питання про підвищення частоти виникнення раку шкіри у осіб, що постійно зазнають надмірного сонячного опромінювання. Як аргумент приводяться дані про велику частоту випадків раку шкіри в південних районах порівняно з розповсюдженням його на півночі.

Довгохвильова частина сонячного спектра представлена інфрачервоним випромінюванням. За біологічною активністю інфрачервоні промені діляться на короткохвильові з діапазоном хвиль від 760 до 1400 нм і довгохвильові з діапазоном хвиль від 1500 до 25000 нм. Інфрачервоне випромінювання справляє на організм теплову дію. Чим коротша довжина хвиль, тим глибше проникнення їх у тканини, але суб'єктивне відчуття тепла і почуття жару менш виражені. Навпаки,

довгохвильове інфрачервоне випромінювання поглинається переважно поверхневими шарами шкіри, де зосереджені терморцептори; почуття жару при цьому виражене. Найнесприятливіший вплив інфрачервоного випромінювання проявляється у виробничих умовах, де його потужність може у багато разів перевищувати рівень, можливий у природних умовах. Відмічено, що у робітників гарячих цехів, складувів, що мають контакт з потужними потоками інфрачервоного випромінювання, знижується електрична чутливість ока, збільшується прихований період зорової реакції тощо. Інфрачервоні промені за тривалої дії викликають і органічні зміни органа зору. Інфрачервоні випромінювання з довжиною хвилі 1500—1700 нм досягає роговиці і передньої камери ока; коротші промені з довжиною хвилі до 1300 нм проникають до кришталика, у тяжких випадках можливий розвиток теплової катаракти. Зрозуміло, що ця дія можлива лише при відсутності належних заходів захисту робітників. Тому одним з найважливіших завдань санітарного лікаря на відповідних підприємствах являється попередження виникнення захворювань, пов'язаних з несприятливим впливом інфрачервоного випромінювання.

#### 4.1.6. Біологічні небезпеки

##### *Загальні відомості*

Світ навколо людини ділиться на живий та неживий. Відмітною особливістю живих об'єктів є їх здатність рости та розмножуватися. Біологічними (біо від грец. *bios* - життя) називаються небезпеки, що походять від живих об'єктів.

Всі об'єкти живого світу можна умовно розділити на кілька груп; а саме мікроорганізми (*Protista*), гриби (*Fundi*, *Mycetes*), рослини (*Plantae*), тварини (*Ansmalia*), люди (*Homo sapiens*).

Комплексна наука про живу природу називається *біологією*. Предметом вивчення біології є життя у всіх його проявах

Живий світ дуже різноманітний. Але є одна загальна дуже важлива властивість усіх живих істот — це їх клітинна будова. Клітини — це цеглинки, з яких складаються всі живі істоти, їх тканини, органи та організми в цілому.

**Клітина** — це найменша форма організованої живої матерії, здатна у середовищі та умовах, які підходять для неї, існувати самостійно. Клітинну будову живих об'єктів відкрив англієць Роберт Гук у 1665 р.

Рослини, тварини, люди є багатоклітинними, а мікроорганізми, як правило, істоти одноклітинні.

Між різними живими істотами іде постійна боротьба. У цій боротьбі людина не завжди виходить переможцем.

Носіями, або субстратами, біологічних небезпек є всі середовища життя (повітря, вода, ґрунт), рослинний і тваринний світ, самі люди, штучний світ, створений людиною та інші об'єкти.

Біологічні небезпеки можуть справляти на людину різну дію — механічну, хімічну, біологічну та ін.

Наслідком біологічних небезпек є різні хвороби, травми різної важкості, у тому числі смертельні.

Виходячи з принципу доцільності, домінуючого у природі, можна стверджувати, що всі живі істоти виконують певну призначену їм роль. Але по відношенню до людини деякі з них є небезпеками.

Знання біологічних небезпек — це одна з умов успішного захисту людини від небезпек взагалі та біологічних, зокрема.



У кожній групі живих істот розрізняють кілька типів, що поділяються на загоны; в загонах — кілька класів; у кожному класі — кілька порядків; останні поділяються на родини, що складаються з рядів, а ряди поділяються на види.

Кожен живий об'єкт має свою назву, яка складається з двох слів. Перше слово, що пишеться з великої літери, означає назву роду даного організму, а друге є його видовим елементом. Таку бінарну номенклатуру ввів шведський вчений Карл Лінней. Наприклад, бацила туберкульозу носить наукову назву *Mycobacterium tuberculosis*, дріжджі — *Saccharomyces cerevisiae*, бацила правця — *Clostridium Tetani*.

Деякі мікроби нагадують своїми діями тварин, інші — рослин. Щоб зрозуміти суть та характер біологічних небезпек, розглянемо докладніше кожен групу живих істот.

### **Мікроорганізми**

*Мікроорганізми* — це найменші, здебільшого одноклітинні істоти, яких можна побачити тільки у мікроскоп, характеризуються величезною різноманітністю видів, здатних існувати у різних умовах. Мікроорганізми виконують корисну роль у круговороті речовин у природі, використовуються у харчовій та мікробіологічній промисловості, при виробництві пива, вин, ліків.

Деякі види мікроорганізмів є хвороботворними, або патогенними. Вони викликають хвороби рослин, тварин та людини. Такі хвороби як проказа, чума, тиф, холера, малярія, туберкульоз та багато інших у далекі часи забирали тисячі життів, сіючи забобони та страх серед населення. Людство довгий час не знало, що ці хвороби викликаються мікроорганізмами. Не було і засобів боротьби із заразними хворобами. Тому інфекційні захворювання людини іноді набували масового розповсюдження, яке називається епідемією, або пандемією.

Широке розповсюдження заразних хвороб тварин називається *епізоотією*, а рослин — *епіфітотією*.

Людство наполегливо шукало розгадку страшних хвороб. Давньогрецький учений Демокріт (460—370 до н.е.) висловлював думку, що хвороби викликаються дрібними організмами, які проникають у тіло людини та тварин. Це геніальне передбачення підтвердилося лише більше 2000 років після того.

Гіппократ (460—377 рр. до н.е.) вніс значний вклад у вчення про походження хвороб, створивши теорію хвороботворних «міазмів».

Арістотель (384—322 рр. до н.е.) справедливо твердив, що сказ передається через укуси скажених собак.

Гіппократівську теорію «міазмів» підтримав і самий видатний римський лікар Клавдій Гелен (130—200 рр. до н.е.).

Славетний швейцарський лікар Парацельс (1493 — 1541 рр.) вважав, що збудниками заразних хвороб є живі істоти. У своїх працях він часто використовує слово «вірус».

Видатний італійський лікар Джироламо Фракастро (1478 — 1553 рр.) також припускав, що збудниками хвороб є особливі організми, які дуже швидко розмножуються. Фракастро описав ряд захворювань тварин: ящур, сап, віспу овець та ін.

У 1348 — 1350 рр. від епідемії чуми загинуло 7,5 млн людей, тобто майже половина населення, яке мешкало в той час на території Європи. Під час епідемії чуми (1364 р.) у Москві живими залишилося так мало людей, що вони не могли поховати мертвих. Протягом усього середньовіччя віспа, бактеріальна дизентерія, висипний тиф, проказа та грип завдавали великої шкоди населенню. Спустошливий характер носили й епізодичні хвороби, під час яких гинули мільйони тварин. У багатьох містах Європи встановлені пам'ятники загиблим під час епідемій.

З давніх часів і до 17 ст. ученими різних країн і народів було висловлено багато ідей про причини інфекційних захворювань і способи боротьби з ними. Серед них були й геніальні здогади, про які сказано вище, а також забобони та схоластика.

У 17 ст. в науці з'являються дві антисхоластичні течії: емпіризм та раціоналізм. Корифеєм першого був Френсіс Бекон (1561 — 1626), другого — Рене Декарт (1596 — 1650). Представники цих течій були повні рішучості розбити схоластичні канони, понад усе відшукати істину шляхом досліджень та експериментів. Наука ставала на міцний фундамент. У цей час були закладені основи сучасної науки. Саме в той період починається ера великих відкриттів у біології, що мають відношення до розглядаваної проблеми біологічних небезпек.

*Відкриття Левенгука.* Як відомо, багато вчених давнини висловлювали ідею про існування дрібних живих істот, що проникають в організм і викликають захворювання. Але ніхто цих істот не бачив. Уперше вдалося побачити бактерії голландцю Антоні ван Левенгуку. Це сталося у 1676 р. Відомо, що перший мікроскоп був побудований у 1590 році З. Янсенем (Нідерланди). Близьке використовував мікроскоп у дослідженнях Р. Гук, який відкрив клітинну будову тканин. Левенгук (1632—1723) відкрив бактерії випадково, займаючись іншою проблемою. Його дуже зацікавили побачені живі істоти, які він назвав «звірятками». Він присвятив вивченню мікроорганізмів більше 50 років свого життя, вивчаючи форму та розміри бактерій.

*Мікробіологія.* Випадкове відкриття Левенгука стало початком нової науки – мікробіології. Її основоположником визнається французький учений Луї Пастер (1822 — 1895). За освітою Пастер був хіміком. Захоплюючись біологією, він установив, що кожне інфекційне захворювання виникає в результаті патогенної діяльності особливого виду мікробів і запропонував способи боротьби з ними.

Геніальність Пастера полягає в тому, що він використав принцип послаблення збудника. Послаблений збудник, не викликаючи захворювання, створює імунітет у організмі людини або тварини, якій зроблене щеплення. Пошуками збудників інфекційних хвороб займався не менш знаменитий лікар Роберт Кох. Він відкрив збудників сибірської виразки, туберкульозу та холери.

Мікробіологія вивчає мікроорганізми, їх систематику, морфологію, генетику, роль у круговороті речовин у природі, патогенну дію, що призводить до хвороб людини, тварин та рослин.

Мікроорганізми дуже різноманітні. Їх іноді називають просто мікробами (від *mikros-* малий та *bios-* життя). Виходячи з самої назви, мікроорганізми дуже маленькі об'єкти. Тому мікробіологи використовують дрібні одиниці, такі як мікромметр, наномметр і навіть ангстрем. Більшість бактерій мають величину 0,5-1 мкм, гриби дріжджів — 5-10 мкм. Самі дрібні бактерії мають в діаметрі близько десятої мікромметра.

Окремі види бактерій та грибів досягають у довжину кількох міліметрів та навіть сантиметрів. Але, як правило, мікроорганізми — це живі істоти дуже малих розмірів, які людина без допомоги мікроскопа побачити не може.

*Мікроплазми* — це вид мікроорганізмів, що мешкають у водоймищах, гної. Патогенні мікроплазми викликають хвороби людини (пневмонію), тварин (запалення легенів), розлади.

*Бацили* (від лат. *Bacillum*) — це бактерії що мають вигляд паличок, які утворюють внутрішньоклітинні спори.

*Аероби* — організми, здатні до життя тільки у присутності атмосферного кисню.

*Анаероби* — організми, здатні до життя тільки за відсутності атмосферного кисню.

*Бактеріологія* — розділ мікробіології, що вивчає бактерії.

*Види мікроорганізмів.* Серед патогенних мікроорганізмів розрізняють *бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, найпростіші.*

Найпростіші складаються із однієї клітини. Частіше всього вони мешкають у водоймищах. Приклади найпростіших тварин: *амеба, радіолярія, грегарина, евгена, трипаносома, міксоспориція, парамеція.*

*Трипаносоми* мають розмір 12 — 100 мкм, є паразитами крові й тканин людини та хребетних тварин. Переносники — кровосисні комахи (муха цеце). Викликають захворювання трипаносомоз, на яке хворіють люди і тварини (лихоманка, ураження лімфатичних вузлів та ін.). Захворювання людей називають сонною хворобою (африканський трипаносомоз) або хвороба Шагаса (американський трипаносомоз).

*Евгена* — водиться переважно у мілких прісних водоймищах, часто викликає «цвітіння води, відомо близько 60 видів, довжина до 0,1 мм.

Незважаючи на свою назву, найпростіші мають будову навіть складнішу, ніж окрема клітина. «Знехтував» найпростішими і Карл Лінней, описавши їх як один рід, названий «хаос інфузоріум». Лише через два сторіччя після відкриття Левенгука вчені встановили, що такі тяжкі захворювання як малярія, сонна хвороба, що переслідували людину з давніх часів, викликаються паразитами найпростішими.

Звичайні розміри найпростіших  $1/20$  —  $1/7$  мм. Їх можна побачити без мікроскопа (око людини розрізняє предмети розміром до 0,1 мм. Розмножуються вони поділом кожні 3 год.

*Бактерії* — типові представники мікроорганізмів. Бактерії, що мають форму правильних кульок, називають *коками*. Групи коків називають *стафілококами* або *стрептококами*. До коків відносять збудників різних інфекційних хвороб. Дуже багато бактерій мають форму паличок, наприклад кишкова паличка, що мешкає в нашому організмі (*Escherichia coli*), — збудник тифу (*Salmonella typhi*), дизентерії (*Shigella dysenteriae*).

Електронний мікроскоп дає змогу побачити і органи руху бактерій — тоненькі джгутики.

Бактерії — всюдисущі та дуже витривалі. Їх знаходили у воді гейзерів з температурою близько 100 °С, у вічній мерзлоті Арктики, де вони пробули більше 2 млн років, не загинули у відкритому космосі, а також під дією смертельної для людини дози радіації. Є серед них бактерії — хижакі, які ловлять найпростіших. Деякі бактерії живляться аміаком, метаном. Їх намагались використовувати для «поїдання» метану в шахтах. Розмножуються бактерії найпростішим діленням надвоє, у сприятливих умовах через кожні 20 хв.

Бактеріальними захворюваннями є *чума, туберкульоз, холера, правець, проказа, дизентерія, менінгіт* та ін. Від чуми в середні віки загинули десятки мільйонів людей. Ця хвороба наводила на людей панічний жах. Вважається, що у ХХ ст. небезпека чуми зникла.

Туберкульозні бактерії відкрив Р. Кох у 1882 р., але повністю ця хвороба не переможена. Холера в Європу занесена у 1816 р., до 1917 р. в Росії холерою переохворіло більше 5 млн людей, половина з яких померла. Зараз випадки холери рідкі.

Правець уражає нервову систему. Хвороба переможена за допомогою профілактичних щеплень.

Випадки захворювання проказою стали рідкими. Людей, що захворіли як і раніше поміщають у лепрозорії.

*Віруси* (від лат. *virus* — яд) — найдрібніші неклітинні частинки, що складаються із нуклеїнової кислоти (ДНК або РНК) та білкової оболонки (кансиду). Мають вигляд палички, сферичні тощо. Розмір від 20 до 300 нм і більше. Віруси — внутрішньоклітинні паразити: розмножуючись тільки у живих клітинах, вони використовують їх ферментативний апарат і перемикають клітину на синтез зрілих вірусних частинок — віріонів. Віруси дрібніші бактерій у 50 раз. Їх не видно у світловому мікроскопі. Вони не затримуються найтоншими фарфоровими фільтрами. Віруси розповсюджені повсюди. Викликають хвороби рослин, тварин і людини. Вивченням вірусів займається наука вірусологія.

Отже, віруси мають наступні особливості, порівнюючи з бактеріями. Для вірусів характерна така властивість як *фільтрованість*, тобто вони проходять через фільтри. Учень Пастера Шарль Шамберлан використав для фільтрування рідин, у яких бактерії розмножувалися, особливий фарфоровий фільтр (свічку Шамберлана), що затримує самі дрібні з усіх відомих бактерій. Саме такий фільтр був використаний для доказів небактеріального характеру збудника сказу.

Віруси від бактерій не здатні існувати та розмножуватися самостійно. Кожна бактерія являє собою клітину, що має свій обмін речовин. Бактерії здатні рости та розмножуватися на *штучних поживних середовищах*. Віруси, як справжні клітинні паразити, повністю залежать від обміну речовин у клітині-хазяйці. «Підкорена» клітина змушена синтезувати складові речовини вірусу, з яких незабаром монтуються нові вірусні частинки.

Бактерії та живі клітини організму завжди містять одночасно два типи нуклеїнових кислот: рибонуклеїнову (РНК) та дезоксирибонуклеїнову (ДНК) кислоти. Віруси містять тільки один вид нуклеїнової кислоти — або РНК, або ДНК.

Віруси здатні «нав'язати» свою генетичну інформацію спадковому апарату ураженої ним клітини. Віруси заражають клітину і заставляють її допомагати їх розмноженню. Це, як правило, закінчується загибеллю клітини. Віруси, на відмінну від бактерій, розмножуються лише в живих клітинах. Тому віруси вивчають на рівні організму піддослідної тварини або культури клітини.

Вірусними захворюваннями є віспа, сказ, грип, енцефаліт, кір, свинка, краснуха, гепатит та ін. Давні рукописи донесли до нас описи страшних епідемій віспи, у яких загинуло до 40 % хворих. Англієць Едвард Дженнер у 1796 р. запропонував свій метод вакцинації, поклавши тим самим початок боротьби з цією недугою. Але тільки у 1980 р. ВОЗ заявила про те, що віспа переможена. Тепер дітям, що народилися після 1980 р. не роблять щеплення віспи.

*Сказ* — смертельна хвороба людини і тварин, відома з глибокої давнини. Найчастіше сказ вражає собак. Хворіють на сказ також вовки, кішки, щурі, ворони та інші тварини. *Щеплення* — єдиний надійний засіб проти сказу. Перше щеплення проти сказу було зроблене Луї Пастером у 1885 р. Дитина, сильно покусана скаженою собакою, не захворіла. Людину, що захворіла на сказ, вилікувати неможливо. Прихований (інкубаційний) період хвороби тягнеться від 8 днів до року. Тому при будь-якому укусі тварини необхідно звертатися до лікаря.

У 1981 р. у Сан-Франциско (США) були виявлені люди, хворі незвичайними формами запалення легенів та пухлин. Захворювання закінчувалося смертю. Як виявилось, у цих хворих був різко послаблений імунітет (захисні властивості) організму. Ці люди стали гинути від мікробів, які викликають у звичайних умовах тільки легке нездужання. Хворобу назвали СНІД-синдромом набутого імунodefіциту.

Віруси СНІДу були одночасно відкриті у 1983 р. біологами у Франції та США. Встановлено, що віруси СНІДу передаються під час переливання крові,

нестерильними шприцами, статевим шляхом, а також при вигодовуванні дитини грудним молоком.

Перші півроку–рік, а іноді і протягом кількох років після зараження у людини не помітно ніяких ознак хвороби, але вона є джерелом вірусу і може заразити людей навколо себе. До цього часу ліків проти СНІДу не знайдено. СНІД називають «чумою ХХ сторіччя».

Епідемія грипу описана Гіппократом ще у 412 р. до н.е. У ХХ ст. були відмічені 3 пандемії грипу. У січні 1918 р. в Іспанії з'явилися повідомлення про епідемію грипу, які отримали назву «іспанка». «Іспанка» обійшла весь світ, заразивши близько 1,5 млрд людей (проминула лише кілька загублених в океані острівків) і забрала 20 млн життів — більше, ніж перша світова війна.

У 1957 р. близько 1 млрд людей захворіли «азіатським грипом», загинуло більше 1 млн людей. У 1968-1969 р. на планеті Земля лютував «гонконгський грип». Кількість епідемій грипу, як не дивно, з кожним сторіччям зростає: у ХV було 4 епідемії, у ХVІІ — 7, у ХІХ — аж 45.

Чому до цього часу немає надійних щеплень проти грипу? Виявляється, що вірус грипу дуже швидко змінюється. Не встигли лікарі створити вакцину проти однієї форми грипу, як збудник хвороби з'являється вже в новому вигляді.

Рикетсії (за ім'ям американського вченого Ricketts) — мілкі хвороботворні бактерії, розмножуються у клітинах хазяїна (так само як віруси). Збуджують рикетсіози (висипний тиф, ку-лихоманку та ін.) у людини та тварин.

Рикетсіоз, те саме, що й ку-лихоманка. Ку-лихоманка (рикетсіоз Q) — гостре інфекційне захворювання людини та тварин, викликане рикетсіями. Ознаки захворювання: головний біль, слабкість, безсоння, біль у м'язах. У тварин хвороба протікає без симптомів. Людина заражається від тварин.

Спірохети — мікроорганізми, клітини яких мають форму тонких звивистих ниток. Мешкають у ґрунті, стоячих та стічних водах. Патогенні спірохети — збудники сифілісу, тифу, лептоспірозу та інших захворювань. Спірохетози — захворювання людини й тварин, викликані патогенними спірохетами.

Актиноміцети — мікроорганізми з рисами бактерій та найпростіших грибів. Розповсюджені у ґрунті, водоймищах, повітрі. Деякі види є патогенними, викликають такі захворювання як актиномікоз, туберкульоз, дифтерію та ін. Деякі актиноміцети утворюють антибіотики, вітаміни, пігменти тощо. Використовуються у мікробіологічній промисловості.

Ріст та розмноження мікроорганізмів. Як і все живе, одноклітинні мікроорганізми ростуть. Досягнувши певної величини, клітина перестає рости. Під мікроскопом можна спостерігати, як у певний момент вона ділиться на дві частини, які стають самостійними організмами. Так із одної материнської клітини з'являються дві дочірні. Виростаючи, вони теж діляться, утворюючи чотири клітини, потім вісім, шістнадцять і надалі так само у геометричній прогресії.

Першим вченим, який побачив під мікроскопом, як мікроб ділиться навпіл, був Лазаро Спаланцані (1729 — 1799 рр.) Було це у 1776 р. Час від виникнення клітини до її поділу називається часом *генерації*. У природі спостерігається певна закономірність: чим дрібніший організм, тим скоріше з'являється у нього потомство. Так, час генерації кишкової палички *Escherichia coli* та збудника холери *Vibrio cholerae* складає всього 20 хвилин. Користуючись формулами геометричної прогресії  $a_n = a_1 \cdot q^{n-1}$  та  $S_n = (a_n q - a) / (q - 1)$ , де  $a_1$  та  $a_n$  — відповідно перший та будь-який інший члени прогресії,  $q$  — знаменник прогресії;  $n$  — номер взятого члена;  $S_n$  — сума перших  $n$ -членів, можна підрахувати кількість бактерій, що утворюються за певний час. Підрахунки показують, що вже через добу з однієї бактерії утворюється нереально велика кількість клітин. Відповідно, процес розмноження мікробів

обмежений певними умовами. Французький учений Ж. Моно досліджував ріст бактерій і встановив наступну закономірність. У перший час бактерії пристосовуються до середовища та розмножуються дуже повільно. Цей період називають *лаг-фазою*. Потім іде фаза швидкого розмноження за логарифмічним законом (лог-фаза), після чого настає стаціонарна фаза, коли середовище збагачується продуктами життєдіяльності бактерій, що гальмують процес розмноження і насамкінець бактерії починають відмирати (фаза відмирання).

Причиною загибелі бактерій є несприятливі умови середовища:

1) звичайно мікроорганізми нормально живуть при температурі 0 — 90 °С. Для деяких видів ця межа набагато ширша: від — 270 до + 400 °С;

2) прямі промені сонця для більшості бактерій згубні;

3) мікроорганізми життєздатні в умовах дуже низького тиску (всього 5 мм рт. ст.) та дуже високого (більше 5 атм.);

4) на життєздатність мікроорганізмів впливає реакція середовища рН. Найсприятливіше нейтральне (рН = 7) або лужне (рН > 7) середовище.

Субстратами (носіями) біологічних небезпек можуть бути елементи середовища мешкання (повітря, вода, ґрунт), рослини, тварини, люди, обладнання, інструменти, сировина, переробні матеріали та ін.

Бактерії живуть у воді, у тому числі також у гарячих джерелах, у льодах, у повітрі на різній висоті від Землі. Особливо багато бактерій у ґрунтах. У 1 г орного ґрунту міститься від 1 до 20 млрд мікробів. Мікроби супроводжують людину все життя. Без мікробів життя неможливе. Але патогенні мікроби для людини небезпечні. Тому людина наполегливо шукає способи захисту від патогенних мікробів. Ще Спалланцані довів, що за тривалого кип'ятіння рідин, мікроби, які знаходяться в них, гинуть. Німецький вчений Шванн встановив, що висока температура вбиває і мікробів, що перебувають у повітрі. Фізик Тиндаль довів, що мікроби у рідинах гинуть після кількох повторних кип'ятінь. Повторне короткочасне нагрівання рідини до точки кипіння, запропоноване Тиндалем називають *тиндалізацією*. Усі методи знищення мікробів під впливом високої температури мають загальну назву — стерилізація. Часткова стерилізація молока нагріванням до 60 °С протягом 30 хв називається *пастеризацією*.

Для уловлювання мікробів із рідин та газів застосовують спеціальні фільтри, що мають дуже мілкі пори.

Мікроорганізми не безсмертні. Розмноження їх не безмежне. Багато клітин гинуть не доживаючи до поділу. Мікроби ворогують між собою (антагонізм). Мікроби гинуть від сонячного світла, ультрафіолету. Деякі мікроби живляться відмерлими частинами рослин. Це сапрофіти. Інші нападають на живі організми — це паразити.

Хвороботворні мікроби виділяють ферменти, які порушують нормальний стан людини.

**Бактерициди** — хімічні речовини, що вбивають бактерії.

*Бактеріоситаз* — тимчасова зупинка розмноження бактерій під впливом різних речовин (у тому числі й ліків).

*Уловлювачі бактерій* — пристосування для відбору проб повітря з метою визначення ступеню та характеру бактеріального забруднення.

*Бактеріоносії та вірусносії* — люди або тварини, що мають у собі збудників інфекційних захворювань при відсутності ознак захворювання.

*Бактеріологічне нормування*. Принцип нормування бактеріологічних забруднень може бути реалізований на практиці на основі прямих та непрямих показників.

Прямі методи полягають у встановленні залежності між фактом захворювання та знаходженні відповідних патогенних мікробів. Однак через тривалий інкубаційний період та порівняно малу частоту захворювань прямі методи визнаються недостатньо надійними.

У зв'язку з цим стали застосовуватися непрямі показники бактеріального нормування якості води. Одним з перших непрямих показників небезпечного для здоров'я бактеріального забруднення води було запропоновано вважати загальну кількість бактерій, вирощуваних на живильному середовищі з 1 мл нерозведеної води. При вирішенні питання про те, яку кількість бактерій, що осіли у воді, можна вважати безпечною, була рекомендація Р. Коха, зроблена ним на основі вивчення холерної епідемії у Гамбурзі у 1892 р. Порівнюючи якість питної води, якою постачалося населення Гамбурга, з якістю води сусіднього міста Альтона, яке зостався вільним від епідемії холери, Р. Кох відзначив, що очищення води на фільтрах м. Альтона до вмісту в ній не більше 100 мікробів у 1 мл забезпечувала населенню безпеку під час холерної епідемії.

У 1914 р. у першому стандарті якості питної води у США показник не більше 100 бактерій у 1 мл був використаний у якості нормативу допустимого загального бактеріального забруднення. Другого разу у світовій практиці це було зроблено в СРСР у 1937 р. Надалі цей показник був прийнятий у стандартах майже всіх європейських країн.

Другим непрямим показником є кількість кишкових паличок. Дослідженнями вчених було доведено, що кишкова паличка може слугувати санітарно-показниковим мікроорганізмом.

У 1937 р. було прийнято тимчасовий стандарт якості води, що подається у водопровідну мережу, згідно якому кількість кишкових паличок у 1 л води повинна бути не більше 3. Цей норматив перевірено багатолітньою практикою централізованого водопостачання. Дотримання цього нормативу створює необхідний ступінь безпеки у відношенні інфекцій, які можуть розповсюджуватися водним шляхом. Було доведено, що коли кількість кишкових паличок наближається до 3 в 1 л, досягається відсутність у воді життєздатних та вірулентних (хвороботворних) мікроорганізмів.

У людському організмі містяться різноманітні мікроорганізми. Якісь з них нешкідливі, інші навіть корисні. Хвороботворні мікроби відрізняються тільки тим, що виділяють ферменти, які розкладають кров'яні тільця, м'язи, слизові оболонки, порушуючи тим самим нормальний стан організму. Особливу групу утворюють хвороботворні мікроби, які виділяють сильнодіючі отрути (токсини), що отруюють уражений організм. Руйнуючу дію на організм людини справляють також агресини, що містяться в бактеріях.

Мікроби проникають в організм людини найчастіше трьома шляхами: через органи дихання, травний тракт та шкіру. Зараження через шляхи дихання називається крапельною інфекцією.

Носіями хвороботворних мікробів є тварини, комахи. Місцем розмноження мікробів, що виробляють токсини, можуть бути продукти живлення. *Clostridium botulinum* розмножується у м'ясній їжі і виділяє токсин ботулізму, дуже сильну отруту. Хвороботворні мікроби зберігають життєздатність у воді дуже довго. Але людина не може довго існувати без води. Звідси постійна загроза інфекції. Сильна епідемія холери спалахнула у Петербурзі в 1908 - 1909 р. Причина — надходження стічної води з каналу у водопровідну мережу.

Людина має добрий природний захист від хвороботворних мікробів. Перша лінія захисту — наша шкіра. Але найменша ранка відкриває доступ мікробам в організм. У носовій порожнині мікроорганізми затримуються дрібними волосками.

У ротовій порожнині бактерії затримуються слиною, у якій містяться бактерицидна речовина, відома під назвою *лізоцим*. Лізоцим є також в сльозах. Це встановив А. Флеммінг. У 1965 р. біохіміки визначили склад лізоциму, в молекулі якого знаходиться 129 різних амінокислотних залишків. Лізоцим розчиняє клітинні стінки ряду бактерій, знищує бактерії. Але якщо мікробам все-таки вдається проникнути в організм, то їх чекає кисле середовище шлунку, яке знищує більшу частину мікроорганізмів. Деякі мікроби все-таки проникають у кишечник. Тут їх чекає чергова перешкода. І.І. Мечников у 1883 р. показав, що білі кров'яні тільця (лейкоцити) здатні активно захоплювати та поглинати сторонні мікроби, які проникли в організм. Це явище Мечников назвав *фагоцитозом*, а білі кров'яні тільця — фагоцитами. На основі цих фактів розроблена фагоцитарна теорія імунітету.

Імунітет буває набутий та природний, або природжений. У 1796 р. англійський лікар Дженнер відкрив метод запобіжних щеплень, який він назвав *вакцинацією*, а матеріал для щеплень *вакциною* (від лат. *vacca* — корова). Несприйнятливість до інфекцій, створювана штучним шляхом, називається *імунізацією*. Імунізація сироваткою є пасивною, вакциною — активною.

У боротьбі з мікробами велике значення має гігієна. Піт, пил, бруд — добре поживне середовище для мікроорганізмів. Ефективним середовищем боротьби з мікробами є дезинфекція. У якості засобів дезинфекції застосовується настойка йоду, ультрафіолетові промені, хлор та ін. Дезинфекція є безпосереднім засобом боротьби з мікробами.

Дезинсекція та дератизація спрямовані проти переносників мікробів. *Дезинсекція* — засіб боротьби з комахами. Препарати, які застосовуються при дезинфекції називаються *інсектицидами*. Їх багато. Всі вони мають у якості складової частини хлор.

Боротьба з гризунами називається *дератизацією*. При цьому застосовують хімічні, механічні та біологічні засоби. ГОСТ 12.1.008-76 «Біологічна безпека» зобов'язує приймати відповідні засоби під час роботи з біологічними об'єктами, щоб попередити виникнення у працюючих захворювання, стану перенесення, інтоксикації, сенсibiliзації й травм, викликаних мікроорганізмами.

*Гриби* — відокремлена група нижчих рослин, що позбавлені хлорофілу і живляться готовими органічними речовинами. Існує більше 100 тисяч видів грибів. Від бактерій гриби відрізняє наявність ядра у клітині. Патогенні гриби викликають хвороби рослин, тварин та людини.

Наука про гриби — *мікологія*. *Мікози* (від грец. *mykes* — гриб) — хвороби людини та тварин, що викликаються паразитичними грибами. Токсичні гриби викликають харчові отруєння людини й тварин, які називаються *мікотоксикозами*.

Гриби мають три форми розмноження: вегетативну, безстатеву та статеву. Самий отруйний гриб на світі — бліда поганка. Отрута блідої поганки не руйнується ні при кип'ятінні, ні при жаренні. Цей гриб являє собою смертельну небезпеку для людини. Людина може отруїтися червоним мухомором, але смертельні наслідки рідкі. Майже кожний їстівний гриб має свого неїстівного або отруйного двійника. Це являє небезпеку для недосвідченого грибника.

На життя людей вже багато сторіч мають вплив гриби-паразити рослин. Кожен рік людство втрачає через ці гриби близько п'ятої частини світового врожаю рослин. Паразитичний гриб фітофтора уражає картоплю, що прирікає населення на голод. Так, у 1845 р. був значний неврожай картоплі в Ірландії.

Небезпечний також гриб — *паразит споринья*. Він росте на колосках жита. Містить відомий і дуже небезпечний наркотик ЛСД. У людини викликає важке захворювання — «антонів вогонь».



### ***Тваринний та рослинний світ***

Деякі тварини являють потенційну небезпеку для людини.

**Кліщі.** Живляться кров'ю великих тварин і людини. Кліща, що присмоктався, не можна витягувати. Його голова зостанеться у шкірі і викличе запалення, більш небезпечно ніж сам укус. Краще рясно змочити кліща спиртом або одеколоном і кліщ сам відпаде. Дуже шкідливі маленькі коростяні кліщі, що викликають хворобу — коросту. Головна шкода кліщів — не у їх укусах, а у хворобах, що переносяться кліщами, наприклад, кліщовому енцефаліті. Надійним захистом від цієї хвороби є щеплення.

**Скорпіони.** Зловісна слава скорпіона пов'язана з його отруйністю. Для дрібних тварин укус скорпіона смертельний. Для людини укол жала скорпіона дуже болісний (виникає пухлина, людину морозить, підвищується температура), але життю не загрожує. Достеменно відомо тільки кілька випадків загибелі дітей, вкушених великими тропічними скорпіонами.

**Павуки.** Павук каракурт (у перекладі чорна смерть), довжиною трохи більше одного сантиметра, один із самих небезпечних. Смертність від його укусів складає близько 4 %. Укус каракурта викликає психічне збудження укушеного, болі у всьому тілі, порушення роботи серця та утруднене дихання. Спеціальна сироватка проти каракурта не завжди доступна. У польових умовах рекомендується зразу після укусу припікати ранку сірником. Отрута павука під час нагрівання руйнується. Інші небезпечні павуки (наприклад, тарантул) серйозної загрози для людини не становлять, хоча їх укус болісний.

**Сарана.** Небезпечна тим, що знищує урожай, всю рослинність, може приректи на голод весь тваринний світ і людину.

**Акули та скати.** За різними оцінками спеціалістів нараховується від 250 до 350 видів акул. За офіційною статистикою від акул гине 35 людей за рік. Акули нападають на людину не тільки у відкритому морі, а й на глибині 1 — 1,5 м недалеко від берега.

Поведінка акул непередбачувана. Іноді люди знаходяться довго у відкритому морі, яке кишить акулами, а ті їх не чіпають. Жак-Ів Кусто, який більше ста разів зустрічався з акулами, свідчить, що іноді неможливо передбачити, що зробить акула. Під час другої світової війни у Тихому океані загинуло більше тисячі моряків. Транспорт торпедували вночі, а вранці рятувальні кораблі, що прибули на місце катастрофи, виявили на воді багато трупів у рятувальних жилетах. Усі тіла були без ніг. Ф. Рузвельт у 1942 р. дав розпорядження почати розробку заходів, щодо відлякування акул. Препарат, який отримав гучну назву «винищувач акул», входив у рятувальний комплект американських військовослужбовців. Як показала практика, апарат виявився ненадійним. Кінцеве рішення поки що не знайдено. Жак-Ів Кусто запропонував для захисту від акул оригінальний пристрій — захисток від акул. Це металева клітка, у якій нирець занурюється під воду. Ефективним колективним засобом захисту від акул виявилися сітки, розставлені у морі недалеко від пляжів.

**Піраньї.** Це невеликі, до 30 см у довжину, рибки, що живуть у річках і озерах Південної Америки. Піраньї нападають на усе живе, що опинилося у межах їх досяжності: великих риб, домашніх та диких тварин, людину. Алігатор — і той намагається уникати з ними зустрічі. Зграя піраньї здатна у лічені хвилини обгризти бика, залишивши тільки голий скелет. Пастухи, що переганяють худобу через річки, де водяться піраньї, змушені віддавати їм на поталу оду з тварин. Поки піраньї розправляються з нещасною жертвою, стадо може перейти на протилежний берег. 19 вересня 1981 р. більше 300 людей були з'їдені піраньями біля

бразильського порту Обідус. Люди опинилися у воді у результаті аварії пасажирського судна.

*Електричні риби.* До них відносяться близько 30 видів електричних скатів, електричний вугор, електричний сом. Характерними особливостями цих тварин є наявність у них електричних органів. Електричні органи — це видозмінені м'язи. Напруга електричних зарядів досягає 220 В, а в електричних вугрів — навіть 600 В. Як відомо, така напруга небезпечна для людини.

*Земноводні.* У джунглях Південної Америки живе жабка кокої. Це маленька істота, яка поміщається у чайній ложці. Її отрута у тисячу разів сильніша ціаністого калію і у 35 раз сильніше отрути середньоазіатської кобри. Отрути однієї жабки вистачило б для вбивства 1500 людей. Це сама сильна отрута із відомих тваринних отрут. Через шкіру вона не проникає, але будь-яка подряпина може призвести до біди.

*Отруйні ящірки* — ядозуби, або хелодерми, володіють сильнотоксичною отрутою, від якої швидко гинуть дрібні тварини. Небезпечна отрута і для людини. Близько третини гине від укусів.

*Змії.* Самою отруйною змією довгий час вважався австралійський тарпан. Усі відомі випадки укусу людини тарпаном закінчувалися її загибеллю. За новими дослідженнями отруйнішими вважаються тигрові та морські змії. Гюрза — велика гадюка, завдовжки до 2 м, небезпечна для людини. Королівська кобра є самою довгою отруйною змією на Землі. Рекордна довжина досягає 5,7 м. Укушена цією коброю людина може померти дуже швидко, всього через пів-години після укусу.

Змій дуже багато, лише невелика частина серед них є отруйною. Отрута змії діє тільки під час попадання у кров. Зміїна отрута використовується у медицині. Зараз існують спеціальні розплідники змій (серпентарії), у яких беруть отруту.

*Ссавці (звірі).* Єдиними носіями отрути серед звірів на нашій планеті вважаються єхидни та качкодзьоби. Хижаки — леви, гієни, тигри, леопарди та інші за певних умов можуть становити собою небезпеку для людини.

*Рослини (PLANTAE).* Здавна люди помічали, що деякі види рослин володіють лікарськими і отруйними властивостями. Але, як стверджував Парацельс, тільки доза робить речовину отрутою або ліками.

*Тютюн.* Появу в XV ст. тютюну в Європі пов'язують з іменем француза Жана Ніко, який начебто привіз насіння цієї рослини з острова Тобаго. Звідси латинська назва тютюну — *Nicotiana tabacum*. У тютюні міститься отруйний алкалоїд нікотин. Смертельна доза нікотину міститься приблизно у 20 цигарках, але оскільки вона поступає в організм поступово, смерть курця не настає. Нікотин дуже швидко розноситься по тілу курця. У мозок він потрапляє через 5-7 с після першої затяжки. Смола, що утворюється під час згоряння тютюну, викликає пухлини. Серед курців рак легень зустрічається у кілька разів частіше, ніж серед тих, хто не курить. Один із англійських королів так охарактеризував куріння: «звичай, огидний для очей, ненависний для носа, шкідливий для грудей, небезпечний для легень». Знаменитий поет Гете казав: «Освічена людина не курить». Був час, коли в Росії за куріння карали батогами. Існував звичай нюхати і жувати тютюн. З Америки в Європу було завезено багато культур — картоплю, томати, соняшники тощо. Тютюн — найнепотрібніша з них. Однак тютюнову пилілку використовують з користю у сільському господарстві для боротьби з шкідливими комахами.

*Конопля.* Із смолистих виділень коноплі отримують небезпечні наркотики, відомі як гашиш, маріхуана, анаша, споживання яких призводить до розвитку найтяжчого захворювання — наркоманії.

*Кропива.* Весною зелений борщ з молодої кропиви допомагає заповнити нестачу вітамінів у організмі. Листки кропиви покриті волосками з їдким соком.

Волоски просочені кремнеземом і дуже крихкі. При найменшому дотику головки волосків обламуються, їдкий сік потрапляє у ранки, викликаючи опіки і подразнення шкіри.

*Мак.* Людина розпочала розводити мак заради їстівного насіння, в якому більше 50 % відмінного масла. Але ще у давнину люди робили надрізи на неспілих головках маку, із яких виступав білий сік (опій або опіум). Засохлий сік зшкрібали і отримували гіркий коричневий порошок — опій (опіум). З давніх пір, на жаль, опій використовують не тільки як ліки, але і як наркотик. Куріння опіуму забрало тисячі життів курців і навіть послужило причиною опіумних війн. Зараз висівання опіумних сортів маку заборонене рішенням ООН.

У величезному світі рослин, крім рослин, які являють потенційну небезпеку для людини, є рослини — *хижаки* і рослини — *паразити*. Існують навіть легенди про рослини — людодіди. Герберт Уеллс на основі цих легенд написав оповідання «Страшна орхідея».

Існує ряд садових рослин і квітів, які отруйні або настільки токсичні, що викликають отруєння. Більша частина постраждалих — діти.

*Дурман.* Усі частини цієї рослини містять алкалоїд з наркотичним ефектом. Дурман легко відрізнити від інших рослин по великих лійкоподібних квітах.



## 4.2. ТЕХНОГЕННІ НЕБЕЗПЕКИ

### 4.2.1. Механічні небезпеки

Під механічними небезпеками розуміють такі небажані впливи на людину, походження яких обумовлене силами гравітації або кінетичною енергією тіл.

Механічні небезпеки створюються об'єктами природного та штучного походження, що падають, рухаються та обертаються. Наприклад, механічними небезпеками природної властивості є обвали та каменепади в горах, снігові лавини, селі, град та ін. Носіями механічних небезпек штучного походження є машини та механізми, різне обладнання, транспорт, будівлі та споруди та багато інших об'єктів, що діють в силу різних обставин на людину своєю масою, кінетичною енергією або іншими властивостями.

В результаті дії механічних небезпек можливі тілесні пошкодження різної важкості. Згідно статистиці кожного року в Росії в результаті дорожньо-транспортних пригод гинуть близько 100 чоловік і значно більша кількість отримує травми. Це більше, ніж від інших небезпек узятих разом.

Величину механічних небезпек можна оцінити по-різному. Наприклад, за кількістю руху  $mv$ , кінетичною енергією  $0,5 mv^2$ , запасеною енергією  $mgh$  ( $m$ ,  $v$  — маса та швидкість тіла відповідно,  $h$  — висота,  $g$  — прискорення вільного падіння).

Об'єкти, що являють собою механічну небезпеку, можна поділити за наявністю енергії на два класи: енергетичні та потенційні. Енергетичні об'єкти діють на людину, тому що мають той чи інший енергетичний потенціал. Потенційні механічні небезпеки позбавлені енергії. Травмування у цьому випадку може статися за рахунок енергії самої людини. Наприклад, колючі, ріжучі предмети (цвяхи, що стирчать, задирки, леза тощо) являють собою небезпеку при випадковому контакті людини з ними. До потенційних небезпек відносяться також такі небезпеки, як нерівні та слизькі поверхні, по яким рухається людина, висота можливого падіння, відкриті люки та ін. Перераховані безенергетичні небезпеки є

причиною численних травм (переломів, вивихів, струсів головного мозку, падінь, забитих місць).

Механічні небезпеки поширені у всіх видах діяльності людей усіх вікових груп: серед дітей, школярів, домогосподарок, людей старшого віку в спортивних іграх, побутовій та виробничій діяльності.

Захист від механічних небезпек здійснюється різними способами, характер яких залежить від конкретних умов діяльності. Добре розроблені також способи надання до лікарняної допомоги та лікування наслідків механічних небезпек.

#### 4.2.2. Механічні коливання

До механічних коливань відносяться *вібрація, шум, інфразвук, ультразвук, гіперзвук*.

Загальною властивістю цих фізичних процесів є те, що вони пов'язані з перенесенням енергії. За певної величини та частоти ця енергія може справляти несприятливу дію на людину: викликати різні захворювання, створювати додаткові небезпеки. Тому необхідно вивчити властивості цих небезпечних явищ, вміти вимірювати параметри коливань і знати методи захисту від них.

**Вібрація** Вібрацією називаються механічні коливання, яким піддається яке-небудь тіло. Причиною вібрації є неурівноважені силові дії. Вібрація знаходить корисне застосування у медицині (вібраційний масаж) та у техніці (вібратори). Однак тривалий вплив вібрації на людину є небезпечним. Вібрація при певних умовах є небезпечною для машин та механізмів, тому що може викликати їх руйнування.

Розрізняють *загальну і локальну (місцеву) вібрації*.

Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева впливає на окремі частини тіла. Інколи працюючий може одночасно піддаватися загальній та місцевій вібрації (комбінована вібрація). Вібрація порушує діяльність серцево-судинної та нервової систем, викликає вібраційну хворобу. Особливо небезпечна вібрація на резонансних та навколо резонансних частотах (6-9 Гц).

Основними параметрами, що характеризують вібрацію, є: амплітуда зміщення, тобто величина найбільшого відхилення точки, що коливається, від положення рівноваги; амплітуда коливальної швидкості та коливального прискорення; період коливань – час між двома послідовними однаковими станами системи; частота  $f$ , що пов'язана з періодом певним співвідношенням:

$$f = 1/T.$$

Через специфічні властивості органів чуттів людини, для характеристики вібрації використовують середньоквадратичні швидкості  $V^2 = V^2g_0$ .

Абсолютні значення параметрів вібрації вимірюються в широких межах. Тому зручніше користуватися рівнем параметрів. Рівень параметра – це десятикратний логарифм відношення абсолютної величини параметра до деякої величини, прийнятої за початок відліку (поріг, опорне значення). Вимірюються рівні у децибелах (дБ) .

Рівень коливальної швидкості визначається за формулою:

$$L_v = 10 \lg \frac{V^2}{V_0^2} = 20 \lg \quad , \text{ дБ},$$

де  $V_0$  — опорне значення коливальної швидкості (м/с), вибране міжнародною угодою, що дорівнює  $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ .

Рівень  $L_v$  є основною характеристикою вібрації.

Спектри вібрації показують залежність між рівнями складових та частотою. Спектри бувають дискретні, суцільні та змішані. Дискретний спектр характерний

для періодичного або квазіперіодичного коливального процесу, суцільний — для випадкового, змішаний — для їх сполучення. Зображення суцільного спектру вимагає обов'язкової обмовки щодо ширини  $\Delta f$  елементарних частотних смуг. Якщо  $f_1$  — нижня гранична частота даної смуги частот,  $f_2$  — верхня гранична частота, то у якості частоти, що характеризує смугу загалом, береться середня геометрична частота  $f = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$ . Аналіз вібрації ведеться в октавних смугах, при цьому  $f_2 / f_1 = 2$ , або у третьоктавних смугах, при цьому  $f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2}$ , а  $f_{\text{сг}} = \sqrt[6]{2} f_1$ . Середні геометричні частоти октавних смуг стандартизовані і знаходяться в межах 1...2000 Гц.

*Нормування вібрації.* Розрізняють санітарно-гігієнічне та технічне нормування вібрації. Вібрація нормується за стандартами та іншими правилами і нормами. Для вимірювання вібрацій використовується апаратура типу «ИШВ», фірм RFT (Роботрон), «Брюль-К'єр».

*Захист від вібрації.* Існує кілька основних напрямків боротьби з вібрацією. Боротьба з вібрацією у джерелі її виникнення передбачає конструювання та проектування таких машин та технологічних процесів, у яких виключені або зменшені неурівноважені сили, відсутня ударна взаємодія деталей, замість підшипників кочення використовуються підшипники ковзання. Застосування спеціальних видів зачеплення та чистоти поверхні шестерні дозволяють зменшити рівень вібрації на 3—4 дБ. Усунення дисбалансу мас, що обертаються, досягається балансуванням.

*Відставка від режиму резонансу* досягається або зміною характеристик системи (маси та жорсткості) або зміною кутової швидкості. Характеристики жорсткості системи вимірюються введенням у конструкцію ребер жорсткості або зміною її пружних характеристик.

*Вібродемпфування* — це зменшення вібрації об'єкту шляхом перетворення її енергії в інші види (у кінцевому рахунку — в теплову енергію). Збільшення втрат енергії можна досягти різними прийомами: застосуванням матеріалів з великим внутрішнім тиском; використанням пластмас; дерева, гуми; нанесенням шару пружних та в'язких матеріалів, що мають великі втрати на внутрішнє тертя (руберойд, фольга, мастики, пластичні матеріали тощо). Товщина покриття береться такою, що дорівнює 2–3 товщинам елементу конструкції в якому потрібно зменшити вібрації. Добре зменшують вібраційні коливання змащувальні мастила.

*Вібраційне гасіння* — це спосіб зменшення вібрації шляхом уведення в систему додаткових реактивних імпедансів (опорів). Частіше всього для цього віброуючі агрегати встановлюють на масивні фундаменти. Одним із способів збільшення реактивного опору є установка віброгасників. Найбільше поширення отримали динамічні віброгасники.

$$f_0 = 1 / 2\pi \sqrt{\frac{q}{m}} = f$$

У цьому випадку підбираються віброгасники з масою  $m$  та жорсткістю  $q$ , власна частота яких  $f_0$  настроєна на основну частоту  $f$  агрегату, що має масу  $M$  та жорсткість  $Q$ .

Колівання віброгасника у кожний момент часу знаходяться у протилежній фазі з коливаннями агрегату.

Іншим типом віброгасників є буферні резервуари, що слугують для перетворення пульсуючого потоку газу в рівномірний.

*Віброізоляція* — це спосіб зменшення вібрації захищеного об'єкту за допомогою введення в систему пружного зв'язку, що перешкоджає передачі вібрації від

джерела коливань до основи та суміжних елементів конструкцій. Ефективність віброізоляції оцінюється за коефіцієнтом передачі:

$$КП = \frac{F_{осн}}{F_{маш}},$$

де  $F_{осн}$  — сила, що діє на основу;  $F_{маш}$  — сила збурення, створювана машиною.

Чим менший КП, тим краща віброізоляція. Добра віброізоляція досягається за  $КП = 1/8 \dots 1/15$ . Коефіцієнти передачі можна розраховувати за формулою:

$$КП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1},$$

де  $f$  — частота сили збурення;  $f_0$  — власна частота системи на ізоляторах. Ефективність віброізоляції звичайно оцінюють у децибелах, використовуючи формулу:

$$\Delta L = 20 \lg 1/КП$$

Прикладом вібраційного захисту можуть слугувати також гнучкі вставки у повітропроводах, «плаваючі підлоги», ізолюючі від вібрацій опори (для ізоляції машин з вертикальною силою збурення).

У промисловості знаходить застосування активний вібраційний захист, який передбачає введення додаткового джерела енергії (сервомеханізму), за допомогою якого здійснюється зворотній зв'язок від об'єкту, що ізолюється, до системи вібраційної ізоляції. Для захисту від вібрації застосовуються спеціальні засоби індивідуального захисту (рукавиці).

**Шум.** Будь-який небажаний звук називають шумом. Шум шкідливий для здоров'я, зменшує працездатність, підвищує рівень небезпеки. Тому необхідно передбачати заходи захисту від шуму. А для цього потрібно володіти відповідними знаннями.

*Фізичні характеристики шуму.* Шум – це механічні коливання, що поширюються у твердому, рідкому та газоподібному середовищі. Частки середовища при цьому коливаються відносно положення рівноваги. Звук поширюється у повітрі зі швидкістю 344 м/с.

Шум створюється джерелом, яке має певну потужність  $P$ . Потужність, яка припадає на одиницю площі, перпендикулярної до напрямку поширення звука, називається *інтенсивністю* звука  $g$ . Якщо джерело шуму знаходиться у сфері радіуса  $r$ , то середня інтенсивність звука на поверхні цієї сфери дорівнює:

$$g_{ср} = \frac{P}{4r^2} \cdot 1/\pi, \text{ Вт/м}^2$$

Тиск  $P$ , що виникає в середовищі при проходженні звука, називається акустичним. Він вимірюється у  $\text{Н/м}^2$  або Па. На слух діє квадрат звукового тиску. Інтенсивність звуку пов'язана зі звуковим тиском через залежність:

$$i = \frac{p^2}{\rho c}.$$

Абсолютні значення інтенсивності та тиску змінюються у широких межах. Користуватися абсолютними значеннями цих характеристик шуму незручно. Крім того відчуття людини пропорційні до логарифма подразника (закон Вебера-Фехнера). Тому введені особливі показники, так звані рівні, які виражені у децибелах (дБ). Рівень інтенсивності шуму визначається за формулою:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}$$

де  $I_0$  — інтенсивність, що відповідає порогу чутності,  $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ .

Рівень звукового тиску дорівнює:

$$L_p = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ}$$

де  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2 = \text{Па}$  — тиск порогу чутності.

Слуховий апарат людини найбільш чутливий до звуків високої частоти. Тому для оцінки шуму необхідно знати його частоту, яка вимірюється в герцах (Гц), тобто числом коливань на секунду. Вуху людини сприймає звукові коливання у межах 16...16000 Гц. Нижче 16 Гц та вище 16000 Гц знаходяться відповідно області нечутних людиною інфразвуків та ультразвуків. Залежність рівнів від частоти називається спектром шуму. Спектри шуму (як і вібрації) бувають дискретними, суцільними та змішаними. У суцільних спектрах інтервали між частотними складовими безкінечно малі.

На практиці, для боротьби з шумом використовуються октавні смуги, тобто  $f_2/f_1 = 2$ . Використовується такий ряд середньо-геометричних октавних смуг: 63, 125, 250, 500, 2000, 4000, 8000 Гц. Спектри показуються у вигляді таблиць або графіків.

Суб'єктивне сприйняття шуму оцінюється за кривими рівної гучності.

Якщо необхідно знайти загальний рівень шуму кількох джерел, то додаються інтенсивності, але не рівні. Загальний рівень шуму  $L$  кількох однакових джерел  $n$  з рівнем  $L_1$  дорівнює  $L = L_1 + 10 \lg n$ , дБ.

Джерела шуму можуть випромінювати енергію за напрямками нерівномірно. Ця нерівномірність характеризується коефіцієнтом  $\Phi$ , що дорівнює:

$$\Phi = \frac{I}{I_c} = \frac{P}{P_c}$$

У знаменнику середнє значення інтенсивності та тиску (вважається, що енергія випромінюється в сферу).

Спрямованість характеризують показником спрямованості ПС:

$$\text{ПС} = 10 \lg \Phi = 20 \lg \frac{P}{P_c} = L - L_c$$

Рівні звукового тиску, створювані однією і тою самою машиною, можуть суттєво відрізнятися у залежності від умов улаштування: у приміщенні або на відкритому повітрі. Але звукова потужність залишається незмінною. Рівень звукової потужності  $L_p = 10 \lg P/P_0$ , дБ, де  $P_0$  – порогова потужність, що дорівнює  $10^{-12}$  Вт.

Встановлені такі методи визначення шумових характеристик машин:

1. метод звукового поля;
2. метод відбитого звукового поля;
3. метод зразкового джерела шуму;
4. метод вимірювання шумових характеристик на відстані 1 м від зовнішнього контуру машини.

Найбільш точні перші два методи:

Шкідливий вплив шуму залежить і від тривалості перебування людини у несприятливих у акустичному відношенні умовах. Тому введено поняття дози шуму. Доза шуму —  $D$  в  $\text{Па}^2 \cdot \text{год}$ . — інтегральна величина, що враховує акустичну енергію, що діє на людину за певний період часу. Допустима доза шуму дорівнює:

$$D_{\text{доп}} = P_{\text{Адоп}}^2 T_{\text{р.д.}}$$

де  $P_{\text{Адоп}}$  — допустимий тиск (за шкалою А), Па;  $T_{\text{р.д.}}$  — тривалість дії шуму, год.

*Нормування шуму.* Нормування може здійснюватися кількома методами:

а) за граничним спектром ГС. ГС — це вісім нормативних рівнів звукового тиску на частотах від 31,5 до 8000 Гц (в октавних смугах); б) нормування рівня звуку в дБА; в) за дозою шуму;

*Методи боротьби з шумом.* Завданнями акустичного розрахунку є:

1. визначення рівня звукового тиску в розрахунковій точці, коли відоме джерело шуму та його шумові характеристики;
2. визначення величини зменшення шуму.
3. розробка заходів із зменшення шуму до допустимої величини.

Для зменшення шуму можуть бути застосовані наступні методи:

1. зменшення шуму в джерелі;
2. зміна спрямованості випромінювання;
3. раціональне планування підприємств та цехів, акустична обробка приміщень;
4. зменшення шуму на шляху його поширення;
5. засоби індивідуального захисту від шуму.

*Вимірювання шуму.* Вимірювання шуму виконують з метою визначення рівнів звукових тисків на робочих місцях та відповідності їх санітарним нормам, а також для розробки та оцінки ефективності різних заходів з глушіння шуму.

Основним приладом для вимірювання шуму є шумомір. У шумомірі звук, що сприймається мікрофоном, перетворюється у електричні коливання, які підсилюються, потім проходять через фільтри корекції та випрямляч і реєструються приладом зі стрілкою.

Діапазон вимірюваних сумарних рівнів шуму звичайно складає 30–130 дБ за частотних меж, що дорівнюють 5—8000 Гц.

Шумоміри мають перемикач, що дозволяє виконувати виміри за трьома шкалами: А, В, С (або за лінійною шкалою).

У шумомірах використовують електродинамічні та конденсаторні мікрофони.

Для визначення спектрів шуму шумомір підключають до фільтрів та аналізаторів.

У ряді випадків шум записується на магнітофон (через шумомір) а потім в лабораторних умовах аналізується.

Вимірювання шуму на робочих місцях промислових підприємств виконують на рівні звуку 2/3 включеного працюючого обладнання.

У теперішній час для вимірювань шуму використовують вітчизняні шумоміри Ш-70, прилад ІШВ в комплекті з октавними фільтрами. Для аналізу шуму застосовують спектрометр С34.

Із закордонних приладів добрі характеристики мають акустичні комплекти фірм «RFT» та «Брюль і К'єр».

**Інфразвук.** Область коливань, нечутна для людини. Звичайно верхньою границею інфразвукової області вважають частоти 16—25 Гц. Нижня границя інфразвуку невизначена.

Інфразвук виникає в атмосфері, в лісі, на морі (так званий голос моря). Джерелом інфразвуку є грім, вибухи, гарматні постріли, землетруси.

Для інфразвуку характерне мале поглинання. Тому інфразвукові хвилі у повітрі, воді та в земній корі можуть поширюватися на дуже великі відстані. Ця властивість інфразвуку використовується як передвісник стихійних лих, для дослідження властивостей атмосфери та водяного середовища води.

Захист від інфразвуку являє собою серйозну проблему.



**Ультразвук.** Ультразвук знаходить широке застосування у металообробній промисловості, машинобудуванні, металургії тощо. Частота застосовуваного ультразвуку від 20 кГц до 1 мГц, потужності — до кількох кіловат.

Ультразвук справляє шкідливий вплив на організм людини. У працюючих з ультразвуковими установками нерідко спостерігаються функціональні порушення нервової системи, зміни тиску, складу та властивості крові. Частішають скарги на головні болі, швидку втомлюваність, втрату слухової чутливості.

Ультразвук може діяти на людину як через повітряне середовище, так і через рідке або тверде (контактна дія на руки).

Рівні звукових тисків в діапазоні частот від 11 до 20 кГц не повинні перевищувати відповідно 75—110 дБ, а загальний рівень звукового тиску в діапазоні частот 20—100 кГц не повинен перевищувати 110 дБ.

Захист від дії ультразвуку при повітряному опроміненні може бути забезпечений:

- ◆ шляхом використання в обладнанні більш високих частот, для яких допустимі рівні звукового тиску вищі;

- ◆ шляхом застосування обладнання, що випромінює ультразвук, у звукоізолюючому виконанні (типу кожухів). Такі кожухи виготовляють з листової сталі або дюралюмінію (товщиною 1 мм) з обклеюванням гумою або руберойдом, а також із гетинаксу (товщиною 5 мм). Еластичні кожухи можуть бути виготовлені з трьох шарів гуми загальною товщиною 3–5 мм. Застосування кожухів, наприклад, в установках для очищення деталей, дає зменшення рівня ультразвуку на 20–30 дБ у чутному діапазоні частот та 60–80 дБ – в ультразвуковому;

- ◆ шляхом улаштування екранів, у тому числі прозорих, між обладнанням та працюючим;

- ◆ шляхом розташування ультразвукових установок у спеціальних приміщеннях, загородках або кабінах, якщо перерахованими вище заходами неможливо отримати необхідний ефект.

Захист від дії ультразвуку при контактному опроміненні полягає в повному виключенні безпосереднього доторкання працюючих до інструмента, рідини та виробів, оскільки такий вплив найбільш шкідливий.

Завантажування та вивантажування деталей повинно виконуватися за умови, що джерело ультразвуку вимкнене. У тих випадках, коли вимикання установки небажане, застосовують спеціальні пристосування, наприклад, у ваннах для очищення виробу занурюють у ванну в сітках, споряджених ручками з ізолюючим від вібрації покриттям (шпариста гума, поролон тощо).

#### 4.2.3. Електромагнітні поля (ЕМП)

**Характеристики ЕМП.** Будь-яке електромагнітне явище, розглянуте загалом, характеризується двома сторонами — електричною і магнітною, між якими існує тісний зв'язок. *Електромагнітне поле* (ЕМП) також має завжди дві взаємопов'язані сторони — електричне поле і магнітне поле. Разом з тим можна створити умови, при яких у деякій області простору виявляються тільки електричні або тільки магнітні явища. Таким є, наприклад, випадок заряджених нерухомих провідних тіл, зовні яких реєструється тільки електричне поле. Аналогічно в просторі, що оточує нерухомі постійні магніти, реєструється тільки магнітне поле. Як видно із розглянутих прикладів, мова йде тільки про статичні поля. Однак і в цих випадках, якщо розглядати явище загалом, неважко побачити як електричну так і магнітну сторону. Оскільки можна створити умови, за яких проявляється одна з складових ЕМП, то можливе і роздільне випромінювання електричного та магнітного полів, а також визначення тільки одного з полів у цілому ряді практичних завдань.

Електромагнітне поле являє собою особливу форму матерії. Будь-яка заряджена електрикою частинка оточена електромагнітним полем, що складає з нею єдине ціле. Але електромагнітне поле може існувати також у вільному, відокремленому від заряджених частинок, стані у вигляді фотонів, що рухаються з швидкістю близькою до  $3 \cdot 10^8$  м/с, або взагалі у вигляді випромінюваного електромагнітного поля (електромагнітних хвиль), що рухається з такою самою швидкістю.

ЕМП, що рухається (електромагнітне випромінювання ЕМВ), характеризується векторами напруженості електричного  $E$  (В/м) та магнітного  $H$  (А/м) полів, що відображають силові властивості ЕМП.

В електромагнітній хвилі вектори  $E$  і  $H$  завжди взаємно перпендикулярні. У вакуумі та повітрі  $E = 377 H$ . Довжина хвилі  $\lambda$ , частота коливань  $f$  та швидкість поширення електромагнітних хвиль в повітрі  $c$  пов'язані із співвідношенням  $c = \lambda f$ . Наприклад, для промислової частоти  $f = 50$  Гц довжина хвилі  $\lambda = 3 \cdot 10^8 / 50 = 6000$  км, а для ультракоротких частот  $f = 3 \cdot 10^8$  Гц, довжина хвилі дорівнює 1 м. Навколо джерела ЕМП виділяють ближню зону, або зону індукції, яка знаходиться на відстані  $R \leq \lambda / 2\pi \approx \lambda / 6$ , та дальню зону, або зону випромінювання, у якій  $R > \lambda / 6$ . В діапазоні від низьких частот до короткохвильових випромінювань частотою  $< 100$  МГц. ЕМП навколо генератора потрібно розглядати як поле індукції, а робоче місце — таким, що знаходиться в зоні індукції. У зоні індукції електричні та магнітні поля можна вважати незалежними одне від одного. Тому нормування у цій зоні ведеться як за електричною, та і за магнітною складовою. В зоні випромінювання (хвильовій зоні), де вже сформувалася електромагнітна хвиля, що біжить, найбільш важливим параметром є інтенсивність, яка у загальному вигляді визначається векторним добутком  $E$  на  $H$ , а для сферичних хвиль при розповсюдженні в повітрі може бути виражена так:

$$\dot{I} = \frac{P_{дж}}{4R^2} \cdot 1/\pi, \text{ де } P_{дж} - \text{потужність випромінювання.}$$

**Джерела ЕМП та класифікація електромагнітних випромінювань.** Природними джерелами електромагнітних полів та випромінювань є передусім: атмосферна електрика, радіовипромінювання сонця та галактик, електричне та магнітне поле Землі. Всі промислові та побутові електричні та радіоустановки є джерелами штучних полів та випромінювань, але різної інтенсивності. Перерахуємо найбільш суттєві джерела цих полів.

Електростатичні поля виникають при роботі з матеріалами та виробами, що легко електризуються, а також при експлуатації високовольтних установок постійного струму.

Джерелами постійних та магнітних полів є: електромагніти, соленоїди, магнітопроводи в електричних машинах та апаратах, литі та металокерамічні магніти, використовувані в радіотехніці.

Джерелами електричних полів промислової частоти (50 Гц) є: лінії електропередач, відкриті розподільні пристрої, що вмикають комутаційні апарати, пристрої захисту та автоматики, вимірювальні прилади, збірні, з'єднувальні шини, допоміжні пристрої, а також всі високовольтні установки промислової частоти.

Магнітні поля промислової частоти виникають навколо будь-яких електроустановок і проводів струму. Чим більший струм, тим вища інтенсивність магнітного поля.

Джерелами електромагнітних випромінювань радіочастот є потужні радіостанції, антени, генератори надвисоких частот, установки індукційного та

діелектричного нагрівання, радары, вимірювальні та контролюючі прилади, дослідницькі установки, високочастотні прилади та пристрої в медицині та в побуті.

Джерелом електростатичного поля та електромагнітних випромінювань у широкому діапазоні частот (над- та інфранизькочастотному, радіочастотному, інфрачервоному, видимому, ультрафіолетовому, рентгенівському) є персональні електронно-обчислювальні машини (ПЕОМ) та відео-дисплейні термінали (ВДТ) на електронно-променевих трубках, використовувані як в промисловості, наукових дослідженнях, так і в побуті. Головну небезпеку для користувачів становить електромагнітне випромінювання монітора в діапазоні 20 Гц — 30 мГц та статичний електричний заряд на екрані.

Джерелом підвищеної небезпеки у побуті з точки зору електромагнітних випромінювань є також мікрохвильові печі, телевізори будь-яких модифікацій, радіотелефони. У теперішній час визнаються джерелами ризику у зв'язку з останніми даними про дію магнітних полів промислової частоти: електроплити з електропроводкою, електричні грилі, праски, холодильники (коли працює компресор).

**Електромагнітне поле Землі — необхідна умова життя людини.** Життя на нашій планеті виникло у тісній взаємодії з електричними випромінюваннями, і, перед усім, з електромагнітним полем землі. Людина пристосувалася до земного поля в процесі свого розвитку, і воно стало не тільки звичною, але й необхідною умовою нашого життя. Як збільшення так і зменшення інтенсивності природних полів здатне відбитися на біологічних процесах.

Електромагнітна сфера нашої планети визначається в основному електричним ( $E = 120\text{—}150 \text{ В/м}$ ) та магнітним ( $H = 24\text{—}40 \text{ А/м}$ ) полем Землі, атмосферною електрикою, радіовипромінюванням Сонця та галактик, а також полями штучних супутників (потужних радіостанцій, промислового електротермічного обладнання, дослідницьких установок, вимірних та контролюючих пристроїв тощо). Як вже зазначалося діапазон природних та штучних полів дуже широкий: починаючи від постійних магнітних та електростатичних полів і закінчуючи рентгенівським та гамма-випромінюванням частотою  $3 \cdot 10^{21}$  Гц та вище. Кожний з діапазонів електромагнітних випромінювань по-різному впливає на розвиток живого організму. ЕМВ, особливо світлового діапазону (з довжиною хвиль  $0,39\text{—}0,76 \text{ мкм}$ ), не тільки відіграють величезну роль як потужний фізіологічний фактор біоритміки живого, але й здійснюють потужний інформаційний вплив на організм через органи зору або інші світлові рецептори. Безумовно, що ЕМВ інших діапазонів також мають свій вплив на живі організми. На відміну від світлового, інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювань ще не знайдено відповідних рецепторів для ЕМВ інших діапазонів. Є деякі факти, що говорять про безпосереднє сприйняття клітинами мозку ЕМВ радіочастотного діапазону, про вплив низькочастотних ЕМВ на функції головного мозку, які вимагають додаткового підтвердження.

Далі будуть розглянуті найбільш поширені електромагнітні поля (ЕМП), використовувані в техніці та науці, а саме ЕМП промислової частоти, статичні поля та ЕМП радіочастот.

З приводу природних полів зазначимо, що посилення електричного поля перед грозою та під час грози характеризується дискомфортом самопочуття людини, а магнітні бурі, пов'язані з сонячною активністю, не тільки впливають на ослаблених та старих людей, але також є однією з причин багатьох автодорожніх та інших аварій. Ослаблені природні поля стали предметом вивчення перед усім у зв'язку з розвитком космонавтики. Досліди над тваринами, зокрема над мишами, показують, що значне зменшення геомагнітного поля через певний відрізок часу (у другому

покоління) здатне викликати суттєву зміну процесів життєдіяльності: порушується діяльність печінки, нирок, статевих залоз, але саме головне — з'являються пухлини у різних органах. Існує гіпотеза вченого з США Мак-Ліна, що пов'язує збільшення ракових захворювань людини зі зменшенням магнітного поля нашої планети, яке за його розрахунками за останні 2,5 тисячі років зменшилося на 66 %. Екранування від електричних полів також не проходить без наслідків для експериментальних тварин. Було відзначено збільшення смертності піддослідних тварин після 2—3 тижнів перебування у екранованому від зовнішніх електричних полів просторі, перед усім за рахунок порушень регуляції обміну речовин в організмі.

Із багатьох фактів та припущень про вплив ЕМВ на людину та навколишній світ виділимо гіпотезу, яка пояснює глобальний характер акселерації (збільшення середнього зросту та прискорення статевого дозрівання у людей) у різних географічних зонах, у всіх національних та соціальних групах населення зростанням радіофону. Згідно гіпотезі, акселерація є своєрідною відповіддю організму на тривале пригнічення. Організм за допомогою гіперкомпенсації оцінює зміну діючих факторів середовища і з випередженням пристосовується до такої тенденції за рахунок прискорення фізіологічних процесів. До того ж пристосованість у вигляді гіперкомпенсації при тривалих змінах середовища, наприклад, за час життя людини, може передаватися наступним поколінням.

Цікава також гіпотеза, згідно якої швидке зростання радіофону (в післявоєнні роки тільки випромінювані потужності локаторів виростають за кожне десятиріччя в 10—30 разів) може послабити залежність наших біоритмів від загального добового ритму. Як вважають вчені, біоритми нашого організму синхронізуються природним ЕМП планети. Але чим вищий рівень перешкоди природному фону (в даному разі штучного радіофону), тим гірше працює синхронізація.

Ще раз відзначимо, що якщо природне поле Землі необхідне для життя людини, а слабкі штучні ЕМП неоднозначно діють на живий світ, нерідко справляючи сприятливу дію, то можна стверджувати справедливо про шкідливий вплив сильних полів на тварин і людину. Цей вплив полягає насамперед у тому, що у людей порушується функціональний стан центральної нервової та серцево-судинної системи.

**Вплив електромагнітного поля на організм людини.** Механізм впливу ЕМП на біологічні об'єкти дуже складний і недостатньо вивчений. Але в спрощеному вигляді цей вплив можна уявити наступним чином: у електричному полі молекули, з яких складається тіло людини, поляризуються і орієнтуються за напрямком поля: у рідинах, зокрема в крові, під дією електрики з'являються іони і, як наслідок, струми. Однак іонні струми будуть протікати у тканині тільки по міжклітинній рідині, тому що за постійного поля мембрани клітини, будучи добрими ізоляторами, надійно ізолюють внутрішньоклітинне середовище.

При підвищенні частоти зовнішнього ЕМП електричні властивості живих тканин змінюються: вони втрачають властивості діелектриків і набувають властивостей провідників, до того ж ця зміна відбувається нерівномірно. З подальшим зростанням частоти індукція іонних струмів поступово заміщується поляризацією молекул.

Змінне поле викликає нагрівання тканин людини як за рахунок змінної поляризації діелектрика, так і за рахунок появи струмів провідності. Тепловий ефект є наслідком поглинання енергії електромагнітного поля. На високих частотах, перед усім в діапазоні радіочастот ( $10^{15}$ – $10^{11}$  Гц), енергія поля, що проникає в організм багатократно відбивається, заломлюється у багатоплощинній структурі тіла з різними товщинами шарів тканин. Внаслідок цього поглинається енергія ЕМП неоднаково, звідси вплив на різні тканини відбувається також

неоднаково. Крім того, підшкірний жировий шар може грати роль четверть-хвильового трансформатора, що узгоджує хвильові опори шкіри та м'язової тканини, яка межує з жировим шаром. При цьому доля енергії, що проходить через тіло, може значно збільшитися. Цей ефект залежить від товщини жирового шару, товщини шкіри та частоти поля.

При опроміненні дециметровими хвилями ( $10^8$  —  $10^9$  Гц) підшкірний шар жиру товщиною 9 мм може бути таким узгоджувальним трансформатором. Цим можна пояснити, що випромінювання з довжинами хвиль 20—30 см поглинається в широкому діапазоні від 20—100 % у шкірі, жирі та м'язах. За довжини хвиль 30—100 см воно поглинається у кількості 30—40 %, але в основному внутрішніми органами, і це визначає його найбільшу шкідливість як термогенного фактора. Випромінювання з довжинами хвиль коротше 10 см в основному поглинається шаром шкіри. Для людини, з точки зору теплового ефекту, що викликається випромінюванням, це найменш небезпечний випадок, тому що, з одного боку, надлишкове тепло зараз же відчувається — підвищується температура шкіри, а з другого боку — це тепло розсіюється і відводиться від шкіри як у зовнішнє середовище, так і в тканини, розташовані глибше.

Теплова енергія, що виникла у тканинах людини, збільшує загальне тепловиділення тіла. Якщо механізм терморегуляції тіла не здатний розсіювати надлишкове тепло, може статися підвищення температури тіла. Це відбувається, починаючи з інтенсивності поля, що дорівнює  $100 \text{ Вт/м}^2$ , яка називається тепловим порогом. Органи та тканини людини, які мають слабо виражену терморегуляцію, більш чутливі до опромінення (мозок, очі, нирки, кишечник, сім'яники). Перегрівання тканин та органів призводить до їх захворювання. Підвищення температури тіла на  $1^\circ\text{C}$  та вище недопустиме через можливі необоротні зміни.

Дослідження показали, що вплив ЕМП високих частот, і особливо надвисоких частот, на живий організм виявляється і за інтенсивності нижче теплових порогів, тобто має місце їх нетепловий вплив, який, як вважають, є результатом ряду мікропроцесів, що відбуваються під дією полів.

Негативний вплив ЕМП викликає оборотні, а також необоротні зміни в організмі: гальмування рефлексів, зниження кров'яного тиску (гіпотонія), уповільнення скорочень серця (брадикардія), зміну складу крові у бік збільшення числа лейкоцитів та зменшення еритроцитів, помутніння кристалика ока (катаракта).

Суб'єктивні критерії негативного впливу ЕМП — головні болі, підвищена втомлюваність, дратівливість, порушення сну, задишка, погіршення зору, підвищення температури тіла.

Разом із біологічною дією, електростатичне поле та електричне поле промислової частоти обумовлюють виникнення розрядів між людиною та іншим об'єктом, відмінний від людини потенціал. Зареєстровані при цьому струми не являють собою небезпеки, але можуть викликати неприємні відчуття. У будь-якому випадку такому впливу можна запобігти шляхом простого заземлення об'єктів, що мають великі габарити (автобус, дах дерев'яного будинку тощо), і видовжених об'єктів (трубопровід, дротяна загороджа тощо), тому що на них через велику ємність накопичується достатній заряд і суттєвий потенціал, які можуть обумовити помітний розрядний струм.

Великий практичний інтерес становлять дані досліджень впливу магнітного поля промислової частоти. Вчені Швеції виявили у дітей до 15 років, які мешкають навколо ЛЕП, що вони хворіють на лейкемію у 2,7 рази частіше, ніж у контрольній групі, віддаленій від ЛЕП.

Існує велика кількість гіпотез, які пояснюють біологічну дію магнітних полів. Загалом, вони зводяться до індукції струмів в живих тканинах та до безпосереднього впливу полів на клітинному рівні.

Відносно нешкідливим для людини на протязі тривалого часу пропонується визнати МП, що мають порядок геомагнітного поля та його аномалій, тобто напруженості МП не більше 0,15—0,2 кА/м. За більш високих напруженостей МП починає проявлятися реакція на рівні організму. Характерною рисою цих реакцій є тривала затримка відносно початку дії МП, а також яскраво виражений кумулятивний ефект за тривалої дії МП. Зокрема, експерименти, проведені на людях, показали, що людина починає відчувати МП, якщо воно діє не менше 3—7 с. Це відчуття зберігається деякий час (близько 10 с.) і після закінчення дії МП.

Цікаві дані отримані проф. А.В. Сосуновим: постійне магнітне поле напруженістю 48 кА/м стимулювало ріст ракових клітин у тканинних культурах, а при напруженості 160 кА/м більшість ракових клітин гинула. Надаючи додаткові відомості про вплив магнітних полів приведемо результати експериментів Інституту гігієни праці ім. Ф.Ф. Ерісмана. Співробітники цього інституту встановили, що вода, оброблена магнітним полем у 160 кА/м не викликає серйозних змін в організмі піддослідних пацюків. Коли ж пацюки починали пити воду, оброблену більш сильним магнітним полем (400 кА/м), то у них виникали патологічні зміни у нервовій та кровоносній системах, а також у самій крові. Все це вказує на неоднозначність реакцій організму на дію ЕМП, перед усім магнітної складової, і вимагає великої обережності при нормуванні ЕМП, а також ретельності і серйозного обґрунтування при гігієнічному нормуванні полів.

**Принципи нормування електромагнітних полів.** У теперішній час у якості визначального параметра для оцінки впливу поля як електричного, так і магнітного частотою до 10–30 кГц прийнято застосовувати густину електричного струму індукції в організмі. Вважається, що густина струму провідності  $j < 0,1$  мкА/см<sup>2</sup> не впливає на роботу мозку, тому що імпульсні біоструми, що протікають у мозку, мають велике значення. В таблиці 4.3 показані можливі ефекти у залежності від густини струму, наведеного змінним полем в тілі людини.

*Т а б л и ц я 4.3. Дія електромагнітного поля на людину*

| Густина індукційного струму $j$ , мкА/см <sup>2</sup> | Ефекти, що спостерігаються  |
|---|---|
| 0,1   | Немає<br>Мерехтіння світлових кругів в очах, аналогічне тому, що виникає при надавлюванні на очне яблуко<br>Гострі невралгічні симптоми, подібні до тих, що викликаються електричним струмом, тобто проявляється стимуляція сенсорних рецепторів та м'язових клітин<br>Збільшується імовірність фібриляції шлуночка серця, зупинка серцевої діяльності, тривалий спазм дихальних м'язів, серйозні опіки |
| 1,0   |   |
| 10–50   |   |
| більше 100  |   |

Оцінку небезпеки для здоров'я людини виводять із зв'язку між значення густини струму, наведеного в тканинах, і характеристиками ЕМП. Густина струму індукції, створюваного магнітним полем, визначається зам формулою:

$$j = \pi R \gamma f B, \text{ де,}$$

$B$  — магнітна індукція, Тл,  $B = \mu H$ ;  $f$  — частота, Гц;  $\gamma$  — питома провідність См/м.

Для питомої провідності мозку приймають  $\gamma = 0,2$  См/м, для серцевого м'яза  $\gamma = 0,25$  См/м. Якщо прийняти радіус  $R = 7,5$  см для голови і 6 см для серця, добуток  $\gamma \cdot R$  виходить однаковим в обох випадках. При такому підході безпечна для здоров'я магнітна індукція дорівнює близько 0,4 мТл при 50 або 60 Гц. Таке значення еквівалентне напруженості магнітного поля  $H \leq 300$  А/м.

Густина струму, індукованого в тілі людини електричним полем, оцінюють за формулою:  $j = k F E$ , з різними коефіцієнтами  $k$  для області мозку та серця. Для орієнтовних розрахунків, оскільки важливо оцінити порядок густини струму  $j$ , приймається  $k = 3 \cdot 10^{-3}$  См/Гц м.

В області частот від 30 до 100 кГц механізм дії полів через збудження нервових та м'язових клітин поступається місцем тепловому впливу і в якості визначального фактора приймається питома потужність поглинання. При цьому вважається у відповідності з різними міжнародними нормами, що для енергії, поглинутої тілом людини, достатньо безпечною межею є 0,4 Вт/кг (у стандарті ФРГ – VDE 0848, частина 2). В діапазоні частот від 100 мГц до 3 ГГц слід враховувати резонансні ефекти в тілі та в області голови. На це при нормуванні повинна робитися поправка.

**Нормування ЕМП радіочастот.** Для попередження захворювань, пов'язаних із впливом радіочастот, встановлені гранично допустимі значення напруженості та густини потоку енергії (ГПЕ) на робочому місці персоналу та для населення.

Згідно ГОСТ 12.1.006.-84 напруженість ЕМП в діапазоні частот 60 кГц — 300 мГц на робочих місцях персоналу на протязі робочого дня не повинна перевищувати встановлених *гранично допустимих рівнів* (ГДР):

за електричною складовою, В/м:

50 — для частот від 60 кГц до 3 МГц;

20 — для частот більше 3 МГц до 30 МГц;

10 — для частот більше 30 МГц до 50 МГц;

5 — для частот більше 50 МГц і до 300 МГц;

за магнітною складовою, А/м:

5 — для частот від 60 кГц до 1,5 МГц;

0,3 — для частот від 30 МГц до 50 МГц.

У теперішній час у відповідності із стандартом СЕВ 5801-86 визначають ГДР у діапазоні частот 60 кГц—300 МГц виходячи з енергетичного навантаження (ЕН), яке являє собою добуток квадрата напруженості поля під час його дії. Енергетичне навантаження, створюване електричним полем, дорівнює  $ЕН_E = E^{2T}$ , магнітним —  $ЕН_H = H^{2T}$ . Звідси значення ГДР  $E$  та  $H$  знаходять з наступних виразів:

$$E_{ГДР} = \sqrt{\frac{ЕН_{E_{ГДР}}}{T}}, \quad H_{ГДР} = \sqrt{\frac{ЕН_{H_{ГДР}}}{T}}$$

Значення ГДР енергетичного навантаження на протязі робочого дня, а також ГДР складових поля для короткого проміжку часу, визначені за вказаними формулами, наведені в таблиці 4.4.

**Таблиця 4.4. Значення ГДР енергетичного навантаження на людину**

| Параметр                           | Граничні значення ГДР в діапазонах частот, МГц |                |                  |
|------------------------------------|--|----------------|------------------|
|                                    | від 0,06 до 3                                  | більше 3 до 30 | більше 30 до 300 |
| $E_{H_{EГДК}} (В/м)^2 \text{ год}$ | 20000  | 7000           | 800              |
| $E_{H_{HГДК}} (А/м)^2 \text{ год}$ | 200  | –              | –                |
| $E_{ГДР} (В/м)$                    | 500  | 300            | 80               |
| $H_{ГДР} (А/м)$                    | 50   | –              | –                |

Одночасна дія електричних та магнітних полів в діапазоні частот 0,06–3 МГц вважається допустимою за умови:

$$E_{H_E} / E_{H_{EГДР}} + E_{H_H} / E_{H_{HГДР}} \leq 1$$

Гранично допустиму густину потоку енергії в діапазоні частот 300 МГц–300 ГГц на робочих місцях персоналу встановлюють виходячи з допустимого значення енергетичного навантаження  $W$  на організм і часу перебування в зоні опромінення, однак у всіх випадках вона не повинна перевищувати 10 Вт/м, а при наявності рентгенівського випромінювання або високої температури повітря в робочих приміщеннях (вище 28 °С — 1 В/м<sup>2</sup>).

Гранично допустима густина потоку енергії (в принципі, це густина потужності, судячи з розмірності Вт/м<sup>2</sup>, але в технічній літературі і нормативній документації, на жаль, прийнятий термін «густина потоку енергії») визначається за формулою:

$$ГПЕ = W/T,$$

Де  $W$  — нормоване значення допустимого енергетичного навантаження на організм, що дорівнює 2 Вт/м<sup>2</sup> для всіх випадків опромінення, виключаючи опромінення від антен сканування та антен, що обертаються, і 20 Вт/м<sup>2</sup> для опромінення від антен сканування та антен, що обертаються;  $T$  — час перебування в зоні опромінення, год.

Існують санітарні норми гранично допустимих значень електричного поля і густини потоку енергії на території житлової забудови:

| E В/м | 50 Гц | 30–300<br>кГц | 0,3–3<br>МГц | 3–30<br>МГц | 30–300<br>МГц | Для діапазону<br>0,3–300 ГГц |
|-------|-------|---------------|--------------|-------------|---------------|------------------------------|
|       |       | 500           | 20           | 10          | 4             | 2                            |

Гранично допустима ГПЕ при експлуатації мікрохвильових печей не повинна перевищувати 0,1 Вт/м<sup>2</sup> при трикратному опроміненні по 40 хвилин кожного дня і загальній тривалості опромінення не більше 2 год. за добу.

**Нормування ЕМП промислової частоти і статичних полів.** Для електростатичних полів згідно ГОСТ 12.1.045–84 встановлюється допустима напруженість поля на робочих місцях за формулою  $E = 60 / \sqrt{t}$  кВ/м, де  $t = 1–9$  год.

У відповідності з цим стандартом граничне значення напруженості поля  $E_{ГДР}$ , за якого дозволяється працювати на протязі години, дорівнює 60 кВ/м. На протязі робочої зміни дозволяється працювати без спеціальних заходів захисту при напруженості 20 кВ/м.

Для визначення допустимого часу в електростатичному полі без захисних засобів у залежності від фактичної напруженості  $E_{ФАКТ}$  потрібно користуватися формулою:  $t_{ДОП} = (E_{ГДР} / E_{ФАКТ})^2$ .



Для електричного поля промислової частоти у відповідності з ГОСТ 12.1.002–84 гранично допустимий рівень напруженості електричного поля, перебування в якому не дозволяється без застосування спеціальних засобів захисту, дорівнює 25 кВ/м. При напруженості поля від 20 кВ/м до 25 кВ/м час перебування персоналу в полі не повинен перевищувати 10 хв.

Згідно стандарту дозволяється перебування персоналу без спеціальних засобів захисту на протязі всього робочого дня в електричному полі напруженістю до 5 кВ/м. В інтервалі більше 5 кВ/м і до 20 кВ/м включно допустимий час перебування  $T$  (год.) визначається за формулою  $T = 50/E^2$ , де  $E$  — напруженість діючого поля у контрольованій зоні, кВ/м.

При перебуванні персоналу на протязі робочого дня в зонах з різною напруженістю приведений час перебування обчислюють за формулою:

$$T_{\text{пер}} = 8 (t_{E1} / T_{E1} + t_{E2} / T_{E2} + \dots + t_{En} / T_{En}), \text{ де}$$

$t_{E1}, t_{E2}, t_{En}$  та  $T_{E1}, T_{E2}, T_{En}$  — фактичний та допустимий час перебування в зоні з напруженістю  $E_1, E_2,$  та  $E_n$ .

За необхідності визначення гранично допустимої напруженості електричного поля при заданому часі перебування в ньому, рівень напруженості в кВ/м обчислюється за формулою:  $E = 50 / (T + 2)$ , де  $T$  — час перебування в електричному полі, год.

Усередині житлових будівель приймається  $E_{\text{ГДР}} = 0,5$  кВ/м, на території житлової забудови — 1 кВ/м.

Для постійних магнітних полів у відповідності з СН 1742-77 встановлена напруженість поля  $H_{\text{ГДР}} = 8$  кА/м на протязі робочої зміни при роботі з магнітними установками та магнітними матеріалами.

Для магнітних полів промислової частоти у відповідності з СН 3206-85 у залежності від характеру дії (безперервного або переривчастого) встановлений зв'язок між загальним часом дії на протязі робочого дня ( $T$ ) і гранично допустимою напруженістю поля  $H_{\text{ГДР}}$ .

При цьому характер дії поділено на групи:

1. безперервна і переривчаста дія з тривалістю імпульсу  $t_i > 0,02$  с, з тривалістю паузи  $t_n < 2$  с (і при  $t_i > 60$  с);
2. переривчаста дія  $60$  с  $> t_i > 1$  с,  $t_n > 2$  с;
3. переривчаста дія  $0,002$  с  $< t_i < 1$  с;  $t_n > 2$  с.

Рекомендації Міжнародного комітету з питання неіонізуючих випромінювань від 1990 р., зокрема, з питань ГДР електричного та магнітного полів промислової частоти для професіоналів (персоналу) та населення приведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. ГДР ЕМП для різних груп населення

| Час перебування в полі  | $E$ (кВ/м) | $H$ (мТл)            |
|-------------------------|------------|----------------------|
| Професіонали:           |            |                      |
| на протязі робочого дня | 10         | 0,5                  |
| короткий час            | 30         | 5 (< 2 год. на добу) |
| для частин тіла         | —          | 25                   |
| Населення:              |            |                      |
| аж до 24 годин на добу  | 5          | 0,1 (80 А/м)         |
| кілька годин на добу    | 10         | 1                    |

Для порівняння наведемо дані найбільш повних у всьому частотному діапазоні від 0 до 300 ГГц і авторитетних німецьких стандартів стосовно ЕМП промислової частоти та статичних полів.

Для електростатичного поля на протязі робочого дня за німецькими нормами  $E = 40$  кВ/м (у нас 20 кВ/м), для постійного магнітного поля –  $H = 16$  кА/м (у нас 8 кА/м).

Для напруженості електричного поля промислової частоти на протязі робочого дня  $E = 20$  кВ/м (у нас 5 кВ/м), для напруженості магнітного поля промислової частоти  $H = 4$  кА/м (у нас 1,4 кА/м).

Порівняння показує, що наші норми для персоналу по постійним полям жорсткіші в 2 рази, а по ЕМП промислової частоти – в 3–4 рази. Це свідчить про те, що у наші діючі норми закладений певний запас.

**Норми і рекомендації для захисту від ЕМП при експлуатації комп'ютерів.** У теперішній час рядом країн розроблено документи, які регламентують правила користування дисплеями. Найбільш відомі шведські документи MPR II 1990:8 (Шведського національного комітету з захисту від випромінювань) та більш жорсткий стандарт ТСО 95 (Шведської конференції професійних союзів). Ці норми застосовуються у всіх країнах Скандинавії і рекомендовані до розповсюдження в країнах ЕС.

Вимоги норм MPR до рівня електромагнітних випромінювань у 20 разів жорсткіші, ніж вимоги ГОСТ, що обмежують рівень випромінювання радіочастот, вимоги ТСО 95 жорсткіші у 50 разів.

Нижче приводяться для порівняння з ГОСТ 12.1.006-84 «Електромагнітні поля радіочастот» дані шведського стандарту MPR II 1990:8. В діапазоні частот 5 Гц–2 кГц напруженість електричного поля  $E$  не повинна перевищувати 25 В/м, а магнітна індукція – 250 нТл. Це рівнозначно напруженості магнітного поля  $H = 0,2$  А/м. В діапазоні частот 2–400 кГц –  $E \leq 2,2$  В/м, а  $H \leq 0,02$  А/м. Такі самі значення прийняті тепер і в Росії згідно СанПиН 2.2.2.542-96 для відео-дисплейних терміналів на відстані 50 см від них. Цими нормами рекомендується користуватися і в Україні.

Для захисту від електромагнітних випромінювань при використанні комп'ютерів ранніх поколінь необхідно встановлювати захисний екран. Слід відзначити, що при індивідуальному використанні ПЕОМ або однорядовому їх розташуванні необхідно також встановити захисне покриття на передню панель та бічні стінки монітора, тому що електромагнітне випромінювання від комп'ютера поширюється у всіх напрямках, а при розташуванні робочого місця на відстані не більше 1,5 м від задньої стінки – потрібне захисне покриття і на задню стінку. Дослідні дані з визначення напруженості ЕМП для ряду закордонних комп'ютерів без спеціальних захисних пристроїв на відстані 0,1 м від монітора без екрана на частоті 15 кГц виявилися таким, що дорівнюють 5,5–30 В/м, з екраном 3–12 В/м, на відстані 0,3 без екрана 4–25 В/м, з екраном 3–7 В/м. Виміри проводилися за допомогою приладу NFM-1.

Для тих самих комп'ютерів напруженість електростатичного поля, виміряна приладом «ИНЭП-2» на відстані 0,3 м від монітора без екрана дорівнювала 7–9,4 кВ/м, з екраном 4–8,1 кВ/м, на відстані 0,6 м без екрана 1,8–3,1 кВ/м, з екраном 1,3–2,9 кВ/м.

У всіх випадках для захисту від випромінювань очі повинні бути розташовані на відстані витягнутої руки до монітора (не ближче 70 см).

Більш пізні монітори з маркуванням Low Radiation практично задовольняють вимоги шведських стандартів. Комп'ютери з рідкокристалічним екраном не наводять статичної електрики і не мають джерел відносно потужного

електромагнітного випромінювання. При використанні блока живлення виникає деяке перевищення рівня на промисловій частоті, тому рекомендується працювати від акумулятора.

Найбільш ефективна система захисту від випромінювань реалізується через створення додаткового металічного внутрішнього корпусу, що замикається на вбудований закритий екран. За такої конструкції вдається зменшити електричне та електростатичне поле до фонових значень вже на відстані 5—7 см від корпусу, а за умови компенсації магнітного поля така конструкція забезпечує максимально можливу у наш час безпеку. Такі монітори коштують на 200–400 доларів дорожче звичайних, і тому в Україні поки що не отримали широкого розповсюдження.

**Прилади для вимірювань напруженості електростатичного та магнітного полів і густини потоку енергії ЕМП.** Для вимірювання напруженості електростатичного поля в просторі рекомендуються прилади «ИНЭП-1», «ИЭСР-1», «ИНЭП-20Д», що мають діапазон вимірювань 0,2–2500 кВ/м, для ЕСП на поверхні «ИЭЗ-П» з межею вимірюваних значень 4–500 кВ/м.

Для вимірювання напруженості постійного магнітного поля використовуються прилади Ш1-8 та Ф4355, що мають діапазон вимірювань 0–1600 кА/м.

Для вимірювання напруженості магнітного поля промислової частоти випускається прилад Г-79 з діапазоном вимірювань 0–15 кА/м в діапазоні 0,02–20 кГц.

Для вимірювань напруженості електричного поля промислової частоти стандарт рекомендує прилад NFM-1, що виробляється в Германії. Даний прилад годиться також для вимірювань магнітного поля, тому що його робота заснована на законі електромагнітної індукції. Для вимірювання Е використовуються антени дипольної системи, а для вимірювання Н — рамочні антени. Прилад працює в широкому діапазоні частот. На 50 Гц діапазон вимірювань Е – (2–40) кВ/м, в частотному діапазоні 60 кГц—300 МГц електричне поле вимірюється в межах 4–1500 В/м. Магнітне поле вимірюється в діапазоні 0,1–1,5 МГц для значень 0,5–300 А/м. Похибка всіх вимірювань доходить до 25 %.

З вітчизняних приладів можна вказати «ИНЭП-1», що годиться для вимірювань Е = 5–100 В/м в діапазоні 50 Гц—30 МГц і для вимірювань Н = 0,5–300 А/м в діапазоні 100 кГц—1,5 МГц. Похибка вимірювань також висока: до 20 %. Випускається також ПЗ-15, ПЗ-16, ПЗ-17 для вимірювання Е = 1–3000 В/м в діапазоні 0,01–300 МГц.

Для вимірювань ЕМП надвисоких частот, тобто починаючи з 300 МГц і вище, годяться ПЗ-9, ПЗ-18, ПЗ-19, ПЗ-20. Діапазон вимірювань  $1 \text{ мкВт/см}^2 - 100 \text{ мВт/см}^2$  – з допустимою похибкою до 30–40 %.

**Методи та засоби захисту від впливу ЕМ.** При невідповідності вимогам норм у залежності від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, рівня опромінення і необхідної ефективності захисту застосовують наступні способи та засоби захисту або їх комбінації: захист часом та відстанню; зменшення параметрів випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання; екранування джерела випромінювання; екранування робочого місця; раціональне розташування установок в робочому приміщенні; встановлення раціональних режимів експлуатації установок та роботи обслуговуючого персоналу; застосування засобів попереджувальної сигналізації (світлова, звукова тощо); виділення зон випромінювання; застосування засобів індивідуального захисту.

*Захист часом* передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні, якщо інтенсивність опромінення перевищує норми, встановлені за умови опромінення на протязі зміни, і застосовується, коли немає можливості зменшити інтенсивність опромінення до допустимих значень і тільки для випромінювань в

діапазоні 300 МГц – 300 ГГц, а також для електростатичного та електричного поля частотою 50 Гц. Допустимий час перебування залежить від інтенсивності опромінення.

*Захист відстанню* застосовується коли неможливо послабити інтенсивність опромінення іншими заходами, у тому числі й скороченням часу перебування людини в небезпечній зоні. В цьому випадку збільшують відстань між джерелом випромінювання і обслуговуючим персоналом. Цей вид захисту ґрунтується на швидкому зменшенні інтенсивності поля з відстанню. Це добре видно з формул. У ближній зоні, довжина якої  $R \leq \lambda/2\pi$ , де  $\lambda$  — довжина хвилі випромінювання,  $\lambda = 3 \cdot 10^8 / (f \sqrt{\epsilon_r} \cdot \sqrt{\mu_r})$ , напруженості електричної та магнітної складових поля зменшуються у залежності від відстані наступним чином:

$$E = \frac{I \cdot l}{2R^3} \cdot 1/\pi\epsilon\omega; \quad H = \frac{I \cdot l}{4R^2} \cdot 1/\pi,$$

де  $I$  — струм у провіднику (антені), А;  $l$  — довжина провідника (антени), м;  $\epsilon$  — діелектрична проникність середовища, Ф/м;  $\omega$  — кутова частота поля,  $\omega = 2\pi f$ ,  $f$  — частота поля, Гц;  $R$  — відстань від точки спостереження до джерела випромінювання, м.

Для одиночного прямолінійного провідника зі струмом напруженість магнітного поля  $H$  легко визначити за законом повного струму  $H = I/2\pi R$ , де  $I$  — струм,  $R$  — відстань від проводу до розглядової точки. Якщо вважати, що електричний струм до праски прямолінійний, потужність праски дорівнює 1 кВт, тоді  $I = P/U = 1000/220 = 4,5$  А, а на відстані 0,1 м від шнура  $H = 4,5/2\pi \cdot 0,1 = 7$  А/м. Санітарних норм для населення немає, але у світлі нових даних це значення може викликати занепокоєність. Правда, цей процес в даних умовах короткочасний.

Для дальньої зони ( $R \gg \lambda/2\pi$ ) ефективність поля оцінюється частіше всього за густиною потоку потужності  $S$ :

$$S = \frac{P \cdot G}{4R^2} \cdot 1/\pi,$$

де  $P$  — потужність випромінювання, Вт,  $G$  — коефіцієнт підсилення антени.

*Зменшення випромінювання* безпосередньо у самому джерелі досягається за рахунок застосування узгоджених навантажень та вбирачів потужності. Вбирачі потужності, що ослаблюють інтенсивність випромінювання до 60 дБ ( $10^6$ ) разів) та більше, являють собою хвилеводні лінії частково заповнені вбираючими матеріалами, у яких енергія випромінювання перетворюється на теплову. Заповнювачами слугують: чистий графіт або графіт у суміші з цементом, піском та гумою; пластмаси; порошок залізо в бакеліті, кераміці тощо; вода і ряд інших матеріалів.

Рівень потужності можна знизити також за допомогою атенюаторів (від французького *attenuer* — зменшувати, ослаблювати) плавно-змінних та фіксованих. Атенюатори, які випускаються промисловістю дозволяють ослабити у межах від 0 до 120 дБ випромінювання потужністю 0,1 — 100 Вт і довжиною хвилі 0,4—300 см.

Найбільш ефективним і часто застосованим методом захисту від електромагнітних випромінювань є *екранування* самого джерела або робочого місця. Форми та розміри екранів різноманітні і відповідають умовам застосування.

Якість екранування характеризується ступенем ослаблення ЕМП, який називається ефективністю екранування. Він виражений відношенням значень величин  $E$ ,  $H$ ,  $S$  у даній точці за відсутності екрана до значень  $E_E$ ,  $H_E$ ,  $S_E$  в тій самій точці за наявності екрана. На практиці звичайно ослаблення випромінювання оцінюють у децибелах і визначають за однією з наступних формул:

$$L = 20 \lg \frac{E}{E_\phi}; L = 20 \lg \frac{H}{H_\phi}; L = 20 \lg \frac{S}{S_\phi}.$$

Екрани діляться на такі види: екрани відбивання та екрани вбирання. Захисна дія екранів відбивання обумовлена тим, що діюче поле наводить у товщі екрану вихрові струми, магнітне поле яких напрямлене у бік, протилежний первинному полю. Результуюче поле швидко зменшується в екрані, проникаючи в нього на незначну величину. Глибину проникання  $\delta$  для будь-якого заздалегідь заданого ослаблення поля  $L$  можна вирахувати за формулою:

$$\delta = \ln L / \sqrt{\omega \cdot \mu / \gamma}$$

де  $\mu$  та  $\omega$  — відповідно магнітна проникність (Г/м) та електрична провідність (См/м) матеріалу.

На відстані, що дорівнює довжині хвилі, ЕМП у провідному середовищі майже повністю затухає, тому для ефективного екранування товщина стінки екрана повинна бути такою, що приблизно дорівнює довжині хвилі в металі. Глибина проникнення ЕМП високих та надвисоких частот дуже мала, наприклад, для міді вона складає десяті та соті долі міліметра, тому товщину екрана вибирають за конструктивними міркуваннями.

У ряді випадків для екранування застосовують металічні сітки, які дозволяють робити огляд та спостереження екранованих установок, вентиляцію та освітлення екранованого простору. Сітчасті екрани мають гірші властивості екранування порівняно із суцільними. Їх застосовують у тих випадках, коли потрібно ослабити густину потоку потужності на 20—30 дБ (в 100—1000 разів).

Всі екрани повинні заземлитися. Шви між окремими листами екрану або сітки повинні забезпечувати надійний електричний контакт між з'єднаними елементами.

Засоби захисту (екрани, кожухи тощо) з радіовбираючих матеріалів виконують у вигляді тонких резинових килимків, гнучких та жорстких листів поролону або волокнистої деревини, просоченої відповідним складом, феромагнітних пластин. Коефіцієнт відбивання вказаних матеріалів не перевищує 1—3 %. Їх склеюють або приєднують до основи конструкції екрана спеціальними скріпками.

Електромагнітна енергія, випромінювана окремими елементами електротермічних установок та радіотехнічної апаратури, при відсутності екранів (настроювання, регулювання, випробування) поширюється в приміщенні, відбивається від стін та перекриттів, частково проходить крізь них і трохи розсіюється в них. В результаті утворення стоячих хвиль в приміщенні можуть створюватися зони з підвищеною густиною ЕМВ. Тому роботи рекомендується проводити в кутових приміщеннях першого та останнього поверхів будинків.

Для захисту персоналу від опроміненнь потужними джерелами ЕМВ поза приміщеннями необхідно раціонально планувати територію радіоцентру, виносити служби за межі антенного поля, встановлювати безпечні маршрути руху людей, екранувати окремі будівлі та ділянки території.

Зони опромінення виділяються на основі інструментальних вимірювань інтенсивності опромінення для кожного конкретного випадку розташування апаратури. Установки огорожують або границю зони позначають яскравою фарбою на підлозі приміщення, передбачаються сигнальні кольори та знаки безпеки відповідно до ГОСТ12.3.026-76.

Для захисту від електричних полів повітряних ліній електропередач необхідно вибрати оптимальні геометричні параметри лінії (збільшення висоти підвісу фазних проводів ЛЕП, зменшення відстані між ними тощо). Це зменшить напруженість поля поблизу ЛЕП в 1,6—1,8 рази.

Для відкритих розподільних пристроїв рекомендуються пристрої екранування, які в залежності від призначення поділяються на стаціонарні та тимчасові. Роблять їх у вигляді козирків, навісів і перегородок із металічної сітки на рамі з кутикової сталі. Пристрої екранування необхідно заземлювати. Застосуванням заземлених тросів, підвішених на висоті 2,5 м над землею під фазами з'єднувальних шин ОРУ 750 кВ вдалося зменшити потенціал у робочій зоні на висоті 1,8 м, тобто на рівні людського зросту, з 30 до 13 кВ.

За значенням потенціалу  $\phi_h$  або напруженості поля  $E_h$  у зоні перебування людини можна оцінити значення емкісного струму, зумовленого електричним полем. Цей струм на протязі робочої зміни не повинен перевищувати 50–60 мкА:

$$I_h = 10 \phi_h \text{ (мкА)}; I_h = 12 E_h \text{ (мкА)},$$

де  $\phi_h$  у кВ,  $E_h$  у кВ/м.

Якщо струм більший вказаних значень, то при тривалій роботі людини в цих умовах потрібно застосовувати заходи, які зменшують струм, а саме, використовувати костюми, що мають властивості екранування, та пристрої екранування.

Зазначимо, що пристрої екранування, призначені для захисту від електричних полів промислової частоти і визначені загалом міркуваннями механічної міцності, можуть виявитися малоефективними для захисту від дії магнітних полів, тому що при частоті  $f = 50$  Гц електромагнітна хвиля проникає у мідь на кілька сантиметрів, і навіть екран з феромагнітного матеріалу, у якого  $\mu = 1000 \mu_0$ , повинен мати товщину стінки не менше 4–5 мм.

При виконанні ряду робіт, наприклад, по налагодженню та відпрацюванню апаратури, оператору неминує доводитися знаходитися в зоні електромагнітних випромінювань іноді великої густини потоку потужності. У цих випадках необхідно користуватися засобами індивідуального захисту, до яких відносяться комбінезони і халати з металізованої тканини, що здійснюють захист організму людини за принципом сітчастого екрану.

Для захисту очей від ЕМВ призначені захисні окуляри з металізованими скельцями типу ЗП5-80 (ГОСТ 12.4.013-75). Поверхня одношарових скелець повернута до ока, покрита безколірною прозорою плівкою двоокису олова, яка дає ослаблення електромагнітної енергії до 30 дБ при пропусканні світла не менше 75 %.

Для контролю рівнів ЕМП застосовують різні вимірювальні прилади у залежності від діапазону частот. Вимірювання проводять в зоні перебування персоналу від рівня підлоги до висоти 2 м через кожні 0,5 м. Для визначення характеру поширення та інтенсивності ЕМП у цеху або кабіні вимірювання виконується у точках перетину координатної сітки зі стороною 1 м. Всі вимірювання проводяться за максимальної потужності джерела ЕМП.

**Захист від лазерного випромінювання.** Лазерне випромінювання є електромагнітним випромінюванням, що генерується в діапазоні довжин хвиль  $\lambda = 0,2 \text{ — } 1000$  мкм. Лазери широко застосовуються у мікроелектроніці, біології, метрології, медицині, геодезії, зв'язку, стереоскопії, голографії, обчислювальної техніки у дослідженнях з термоядерного синтезу та в багатьох інших областях науки і техніки.

Лазери бувають імпульсивного та безперервного випромінювання. Імпульсивне випромінювання — з тривалістю не більше 0,25 с, безперервне випромінювання — з тривалістю 0,25 с та більше.

Промисловістю випускаються твердотільні, газові та рідинні лазери.

Лазерне випромінювання характеризується монохроматичністю, високою когерентністю, надзвичайно малою енергетичною розбіжністю променя та високою енергетичною освітленістю.

*Енергетична освітленість (опроміненість)*  $\text{Вт см}^{-2}$  — це відношення потужності потоку випромінювання, що падає на малу ділянку опроміненої поверхні, до площі цієї ділянки.

*Енергетична експозиція* ( $\text{Дж см}^{-2}$ ) це відношення енергії випромінювання, що падає на розглянуту ділянку, до площі цієї ділянки, інакше: це добуток енергетичної освітленості (опроміненості) ( $\text{Вт см}^{-2}$ ) на тривалість опромінення (с).

Енергетична освітленість лазерного променя досягає  $10^{12}$  —  $10^{13}$   $\text{Вт см}^{-2}$ . Цієї енергії виявляється достатньо для плавлення і навіть випаровування самих тугоплавких речовин.

Лазерне випромінювання супроводжується потужним електромагнітним полем. Наприклад, при розповсюдженні лазерного променя енергетичною освітленістю  $3 \cdot 10^9$   $\text{Вт/см}^2$  у повітрі утворюється електричне поле напруженістю  $E = 10^8$   $\text{В/м}$ . Тому у речовини, яка опромінюється лазерним променем, можливі прояви як чисто електричних, так і хімічних ефектів, що призводять до ослаблення зв'язків між молекулами, до їх поляризації, аж до іонізації молекул речовини, яка піддається опроміненню.

Таким чином, лазерне випромінювання, безумовно, становить небезпеку для людини. Найбільш небезпечно воно для органів зору. Практично на всіх довжинах хвиль лазерне випромінювання проникає вільно усередину ока. Промені світла, перед тим як досягнути сітківки ока, проходять через кілька середовищ заломлення: рогову оболонку, кришталік і, насамкінець склоподібне тіло. Найбільш чутлива до шкідливого впливу лазерного опромінення сітківка. В результаті фокусування на малих ділянках сітківки можуть концентруватися густини енергії в сотні та тисячі разів більші тої, яка падає на передню поверхню роговиці ока. Енергія лазерного випромінювання, поглинута всередині ока, перетворюється на теплову енергію. Нагрівання може викликати різні пошкодження і руйнування ока.

Тканини живого організму при малих та середніх інтенсивностях опромінення майже непроникні для лазерного випромінювання. Тому поверхневі (шкірні) покриви зазнають найбільшого його впливу. Ступінь цього впливу визначається, з одного боку, параметрами самого випромінювання: чим вища інтенсивність випромінювання і чим довша його хвиля, тим сильніша його дія; з другого боку, на наслідки ураження шкіри впливає ступінь її пігментації. Пігмент шкіри є наче своєрідним екраном на шляху випромінювання у розташовані під шкірою тканини та органи.

За великих інтенсивностей лазерного опромінення можливі пошкодження не тільки шкіри, але й внутрішніх тканин та органів. Ці пошкодження мають характер набряків, крововиливів, омертвіння тканин, а також згортання або розпаду крові. В таких випадках пошкодження шкіри виявляються відносно менш вираженими, ніж зміни у внутрішніх тканинах, а в жирових тканинах взагалі не відзначено яких-небудь патологічних змін.

Розглядані можливі шкідливі наслідки від дії лазерного випромінювання відносяться до випадків прямого опромінення внаслідок грубих порушень правил безпечного обслуговування лазерних установок. Розсіяно або концентровано відбите випромінювання малої інтенсивності впливає значно частіше, результатом можуть бути різні функціональні порушення в організмі — у першу чергу в нервовій і серцево-судинній системах. Ці порушення проявляються у нестійкому артеріальному тиску крові, підвищеному потінні, дратівливості тощо. Особи, що працюють в умовах впливу лазерного відбитого випромінювання підвищеної інтенсивності, скаржаться на головні болі, підвищену втомлюваність, неспокійний сон, відчуття втоми та болю в очах. Як правило, ці неприємні відчуття проходять

без спеціального лікування після упорядкування режиму праці та відпочинку і застосування відповідних захисних профілактичних заходів.

Нормування лазерного випромінювання здійснюється за гранично допустимими рівнями (ГДР) опромінення. Ці рівні лазерного опромінення, які при щоденній роботі не викликають у працюючих захворювань та відхилень у стані здоров'я.

Згідно «Санітарним нормам та правилам будови та експлуатації лазерів» (М.: Мінздрав ССРСР, 1982) ГДР лазерного випромінювання визначаються енергетичною експозицією тканин, що опромінюються ( $\text{Дж см}^{-2}$ ).

Біологічні ефекти, що виникають при дії лазерного випромінювання на організм поділяються на дві групи:

а) первинні ефекти — органічні зміни, що виникають безпосередньо в живих тканинах, які піддаються опроміненню (пряме опромінення);

б) вторинні ефекти — неспецифічні зміни, що виникають в організмі у відповідь на опромінення (тривале опромінення дифузним відбитим випромінюванням).

Лазери за ступенем небезпеки генерованого ними випромінювання поділяються на *чотири класи*:

1 клас — вихідне випромінювання не становить небезпеки для очей та шкіри;

2 клас — вихідне випромінювання становить небезпеку при опроміненні очей прямим або дзеркально відбитим випромінюванням;

3 клас — вихідне випромінювання становить небезпеку при опроміненні очей прямим, дзеркально відбитим, а також дифузним відбитим випромінюванням на відстані 10 см від поверхні, що має властивість дифузного відбивання і (або) при опроміненні шкіри прямим та дзеркально відбитим випромінюванням;

4 клас — вихідне випромінювання становить небезпеку при опроміненні шкіри дифузним відбитим випромінюванням на відстані 10 см від поверхні, що має властивість дифузного відбивання променів.

Робота лазерних установок може супроводжуватися також виникненням інших небезпечних та шкідливих виробничих факторів, таких як: шум, аерозолі, газу, електромагнітне та іонізуюче випромінювання.

Клас небезпеки лазерної установки визначається на основі довжини хвилі випромінювання  $\lambda$  (мкм), розрахункової величини енергії опромінення  $E$  (Дж) та ГДР для даних умов роботи.

Визначення рівнів опромінення персоналу для лазерів 2—4 класів повинно проводитися періодично не рідше одного разу на рік в порядку поточного санітарного нагляду. Крім того, здійснюється контроль за дотриманням:

- ◆ граничнодопустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- ◆ гранично допустимих рівнів вібраційної швидкості;
- ◆ гранично допустимих рівнів електромагнітних випромінювань;
- ◆ гранично допустимих рівнів іонізуючих випромінювань.

Лазери 3—4 класу, що генерують випромінювання у видимому діапазоні ( $\lambda = 0,4—0,75$  мкм), і лазери 2—4 класів з генерацією в ультрафіолетовому діапазоні ( $\lambda = 0,2—0,4$  мкм) та інфрачервоному діапазоні довжин хвиль ( $\lambda = 0,75$  мкм та вище) повинні споряджатися сигнальними пристроями, які працюють з моменту початку генерації до її закінчення. Конструкція лазерів 4 класу повинна забезпечуватися можливістю дистанційного керування.

Для обмеження поширення прямого лазерного випромінювання за межі області випромінювання лазери 3—4 класу повинні обладнуватися екранами, виготовленими з вогнестійкого світлобіраючого матеріалу, що не піддається плавленню і перешкоджає поширенню випромінювання.



Лазери четвертого класу повинні розташовуватися в окремих приміщеннях. Внутрішня обробка стін і стелі приміщень повинна мати матову поверхню. Для зменшення діаметру зіниць необхідно забезпечити високу освітленість на робочих місцях (більше 150 лк).

З метою виключення можливості небезпеки опромінення персоналу для лазерів 2–3 класів необхідно або огороджувати всю небезпечну зону, або екранувати пучок випромінювання. Екрани та огороження повинні виготовлятися з матеріалів з найменшим коефіцієнтом відбивання на довжині хвилі генерації лазера, бути вогнестійкими і не виділяти токсичних речовин при дії на них лазерного випромінювання.

У тому випадку, коли колективні засоби захисту не дозволяють забезпечити достатнього захисту, застосовуються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) — окуляри проти лазерів та захисні маски.

Конструкція окулярів проти лазерів повинна забезпечувати зменшення інтенсивності опромінення очей лазерним випромінюванням до ГДК у відповідності з вимогами ГОСТ 12.4.013-75.

#### 4.2.4. Іонізуючі випромінювання

##### *Основні положення*

*Іонізуючим випромінюванням* називається випромінювання, взаємодія якого з речовиною призводить до утворення у цій речовині іонів різного знаку. Іонізуюче випромінювання складається із заряджених та незаряджених частинок, до яких відносяться також фотони. Енергію частинок іонізуючого випромінювання вимірюють у позасистемних одиницях — електрон-вольтах, еВ.  $1 \text{ еВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

Розрізняють корпускулярне та фотонне іонізуюче випромінювання.

*Корпускулярне іонізуюче випромінювання* — потік елементарних частинок з масою спокою, що відрізняється від нуля, які утворюються при радіоактивному розпаді, ядерних перетвореннях, або генеруються на прискорювачах. До нього відносяться:  $\alpha$ - та  $\beta$ -частинки, нейтрони (n), протони (p) тощо.

*$\alpha$ -випромінювання* — це потік частинок, які є ядрами атома Гелію і мають дві одиниці заряду. Енергія  $\alpha$ -частинок, що випромінюється різними радіонуклідами, лежить у межах 2–8 МеВ. При цьому всі ядра даного радіонукліда випускають  $\alpha$  — частинки, що мають одну й ту саму енергію.

*$\beta$ -випромінювання* — це потік електронів або позитронів. Під час розпаду ядер  $\beta$ -активного радіонукліда, на відміну від  $\alpha$ -розпаду, різні ядра даного радіонукліда випромінюють  $\beta$ -частинки різної енергії, тому енергетичний спектр  $\beta$ -частинок неперервний. Середня енергія  $\beta$ -спектра складає приблизно  $0,3 E_{\text{max}}$ . Максимальна енергія  $\beta$ -частинок відомих у нинішній час радіонуклідів може досягати 3,0–3,5 МеВ.

Нейтрони (нейтронне випромінювання) — нейтральні елементарні частинки. Оскільки нейтрони не мають електричного заряду, під час проходження крізь речовину вони взаємодіють тільки з ядрами атомів. У результаті цих процесів утворюються або заряджені частинки (ядра віддачі, протони, дейтрони), або  $\gamma$ -випромінювання, що викликає іонізацію. За характером взаємодії із середовищем, що залежить від рівня енергії нейтронів, вони умовно поділені на 4 групи:

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| теплові нейтрони        | 0,0 – 0,5 кеВ    |
| проміжні нейтрони       | 0,5 – 200 кеВ    |
| швидкі нейтрони         | 200 кеВ – 20 МеВ |
| релятивістські нейтрони | більше 20 МеВ    |

*Фотонне випромінювання* – потік електромагнітних частинок, які поширюються у вакуумі із постійною швидкістю 300000 км/с. До нього відноситься  $\gamma$ -випромінювання, характеристичне, гальмівне та рентгенівське випромінювання.

Маючи одну й ту саму природу, ці види електромагнітних випромінювань розрізняються за умовами утворення, а також властивостями: довжиною хвилі та енергією.

Так,  $\gamma$ -випромінювання випромінюється під час ядерних перетворень або при анігіляції частинок.

*Характеристичне випромінювання* — фотонне випромінювання із дискретним спектром, що випромінюється при зміні енергетичного стану атома, яка обумовлена перебудовою внутрішніх електронних оболонок.

*Гальмівне випромінювання* — пов'язане із зміною кінетичної енергії заряджених частинок, має неперервний спектр і виникає у середовищі, яке оточує джерело  $\beta$ -випромінювання, у рентгенівських трубках, у прискорювачах електронів тощо.

*Рентгенівське випромінювання* — сукупність гальмівного та характеристичного випромінювань, діапазон енергії фотонів яких складає 1 кеВ – 1 МеВ.

Випромінювання характеризуються за їх іонізуючою та проникною здатністю. Іонізуюча здатність випромінювання визначається питомою іонізацією, тобто числом пар іонів, створених частинкою в одиниці об'єму, маси середовища або на одиниці довжини шляху. Випромінювання різних видів мають різну іонізуючу здатність.

Проникна здатність випромінювань визначається величиною пробігу. Пробігом називається шлях, який проходить частинка у речовині до її повної зупинки, обумовленої тим або іншим видом взаємодії.

$\alpha$ -частинки володіють найбільшою іонізуючою здатністю. Їх питома іонізація змінюється від 25 до 60 тис. пар іонів на 1 см шляху в повітрі. Довжина пробігу цих частинок в повітрі складає кілька сантиметрів, а у м'якій біологічній тканині — кілька десятків мікрон.

$\beta$ -випромінювання має суттєво меншу іонізуючу здатність і більшу проникну здатність. Середня величина питомої іонізації в повітрі складає близько 100 пар іонів на 1 см шляху, а максимальний пробіг досягає кількох метрів при великих енергіях.

Найменшою іонізуючою здатністю та найбільшою проникною здатністю володіють фотонні випромінювання. У всіх процесах взаємодії електромагнітного випромінювання із середовищем частина енергії перетворюється в кінетичну енергію вторинних електронів, які, проходячи крізь речовину, виконують іонізацію. Проходження фотонного випромінювання крізь речовину, взагалі не може бути охарактеризоване поняттям пробігу. Послаблення потоку електромагнітного випромінювання у речовині підлягає експонентціальному закону і характеризується коефіцієнтом послаблення  $\mu$ , який залежить від енергії випромінювання та властивостей речовини. Особливість експоненціальних кривих полягає в тому, що вони не перетинаються з віссю абсцис. Це означає, що якою б не була товщина шару речовини, вона не може повністю поглинути потік фотонного випромінювання, а може тільки послабити його інтенсивність у будь-яку кількість разів. У цьому суттєва відмінність характеру послаблення фотонного випромінювання від послаблення заряджених частинок, для яких існує мінімальна товщина шару речовини–поглинача (пробіг), де відбувається повне поглинання потоку заряджених частинок.

Відкриття іонізуючого випромінювання пов'язане з іменем французького вченого Анрі Беккереля. У 1896 р. він знайшов на фотографічних пластинках сліди якихось випромінювань, залишених мінералом, який містив уран, а у 1898 р. Марія

Кюрі та її чоловік П'єр Кюрі встановили, що після випромінювань уран спонтанно послідовно перетворюється в інші елементи. Цей процес перетворення одних елементів в інші, що супроводжується іонізаційним випромінюванням, Марія Кюрі назвала радіоактивністю. Так була відкрита природна радіоактивність, яку мають елементи із нестабільними ядрами. В 1934 році Ірен та Фредерік Жюліо-Кюрі показали, що діючи нейтронами на ядра стабільних елементів, можна отримати ізотопи із штучною радіоактивністю.

Таким чином розрізняють природні та технічні джерела іонізуючого випромінювання. До природних відносяться космічні, а також земні джерела, що створюють природне опромінювання (природний фон). До технічних відносяться джерела, спеціально створені для корисного застосування випромінювання або такі, що є побічним продуктом діяльності.

### **Фізика радіоактивності**

Природа випромінювань добре вивчена. Щоб зрозуміти, як виникають випромінювання, необхідно згадати деякі відомості з атомної фізики.

Згідно планетарної моделі атома, запропонованої в 1911 р. англійським фізиком Резерфордом ядро атома складається з позитивних протонів та нейтральних нейтронів. Навколо ядра обертаються по своїх орбітах негативно заряджені електрони. Заряд ядра дорівнює сумарному заряду електронів, тобто атом нейтральний з точки зору електрики.

Ядра атомів одного й того самого елемента завжди містять однакову кількість протонів, але кількість нейтронів у них може бути різного. Атоми, що мають ядра з однаковим числом протонів, але різняться за числом нейтронів відносяться до різновидів одного і того самого хімічного елемента і називаються ізотопами. Щоб відрізнити їх один від одного до символу елемента приписують число, що дорівнює сумі всіх частинок у ядрі даного ізотопу. Так, Уран-238 містить 92 протони та  $238 - 92 = 146$  нейтронів, в Урані-235 також 92 протони, але  $235 - 92 = 143$  нейтрони. Протони і нейтрони мають загальну назву «нуклони». Повне число нуклонів називається *масовим числом*  $A$  і є мірою стабільності ядра. Чим ближче розташований елемент до кінця таблиці Менделєєва, тим більше нейтронів у ядрі і тим менш стійкі ці ядра.

Ядра всіх ізотопів утворюють групу «нуклідів». Деякі нукліди стабільні, тобто за відсутності зовнішньої дії не зазнають ніяких перетворень. Але більшість нуклідів нестабільні, вони весь час перетворюються в інші нукліди.

Електрони розташовуються на орбітах в суворій послідовності, на найближчій до ядра орбіті може міститися не більше 2 електронів, на наступній орбіті — не більше 8, на третій — 18, далі — 32.

Ці умови навів, як постулати, в 1913 р. датський фізик Нільс Бор. Потім вони були підтвержені експериментаторами. Енергія атома дискретна. Перехід із одного стану в інший відбувається стрибкоподібно з випромінюванням або поглинанням суворо фіксованої порції енергії — кванта. Цей термін запровадив основоположник квантової теорії Макс Планк.

Електрони можуть переходити з однієї орбіти на іншу і покидати атом. Складні процеси, які відбуваються всередині атома, супроводжуються вивільненням енергії у вигляді випромінювання.

Можна сказати, випромінювання ядром двох протонів і двох нейтронів — це  $\alpha$ -випромінювання, випромінювання електрона — це  $\beta$ -випромінювання.

Якщо нестабільний нуклід стає перезбудженим, то він викидає порцію чистої енергії, яку називають *гамма-випромінюванням* (гамма-квантом). Як і у випадку рентгенівських променів (багато в чому подібних гамма-випромінюванню), при цьому не відбувається випромінювання яких-небудь частинок.

Процес спонтанного розпаду нукліда називається *радіоактивним розпадом*, а сам такий нуклід — *радіонуклідом*. Рівень нестабільності радіонуклідів неоднаковий: один розпадається дуже швидко, інші — дуже повільно.

Час, протягом якого розпадається половина всіх радіонуклідів даного типу, називається періодом піврозпаду. Наприклад, період піврозпаду Урану-238 дорівнює 4,47 млрд років, а Протактинію-234 всього трохи більше однієї хвилини.

#### ***Біологічна дія іонізуючих випромінювань***

Під дією іонізуючого випромінювання на організм людини у тканинах можуть відбуватися складні фізичні та біологічні процеси. В результаті іонізації живої тканини відбувається розрив молекулярних зв'язків і зміна хімічної структури різних сполук, що в свою чергу призводить до загибелі клітин.

Ще більш суттєву роль у формуванні біологічних наслідків відіграють продукти радіолізу води, яка складає 60–70 % маси біологічної тканини. Під дією іонізуючого випромінювання на воду утворюються вільні радикали Н та ОН, а у присутності кисню також вільний радикал гідропероксиду ( $\text{HO}_2$ ) та пероксиду водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), що є сильними окисниками. Продукти радіолізу вступають у хімічні реакції з молекулами тканин, утворюючи сполуки, не властиві здоровому організму. Це призводить до порушення окремих функцій або систем, а також життєдіяльності організму взагалі.

Інтенсивність хімічних реакцій, індукованих вільними радикалами, підвищується і в них залучаються багато сотень і тисяч молекул, що не зазнали опромінювання. В цьому полягає специфіка дії іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти, тобто ефект, створюваний випромінюванням обумовлений не стільки кількістю поглинутої енергії в опромінену об'єкті, скільки тою формою, в якій ця енергія передається. Ніякий інший вид енергії (теплової, електричної тощо), поглинутої біологічним об'єктом у тій самій кількості, не призводить до таких змін, які викликають іонізуючі випромінювання.

Порушення біологічних процесів можуть бути або оборотними, коли нормальна робота клітин опроміненої тканини повністю відновлюється, або необоротними, що ведуть до ураження окремих органів або всього організму та виникнення *променевої хвороби*.

Розрізняють дві форми променевої хвороби — *гостру та хронічну*.

**Г о с т р а** форма виникає в результаті опромінення великими дозами за короткий інтервал часу. При дозах близько порядку тисяч рад ураження організму може бути миттєвим («смерть під променем»). Гостра променева хвороба може виникнути і під час надходження усередину організму великих кількостей радіонуклідів.

**Х р о н і ч н і** у р а ж е н н я розвиваються в результаті систематичного опромінення дозами, що перевищують гранично допустимі (ГДД). Зміни у стані здоров'я називаються *соматичними ефектами*, якщо вони проявляються безпосередньо в опроміненій людині, та *спадковими*, якщо вони проявляються у його потомства.

Для вирішення питань радіаційної безпеки у першу чергу становлять інтерес ефекти, що спостерігаються при «малих дозах» — порядку кількох сантизивертів на годину та нижче, які реально зустрічаються під час практичного використання атомної енергії. У нормах радіаційної безпеки, за одиницю часу, як правило, використовується рік, і як наслідок цього, поняття річної дози випромінювання.

Дуже важливим тут є те, що згідно сучасним уявленням вихід несприятливих ефектів у діапазоні «малих доз», що зустрічаються у звичайних умовах, мало залежить від потужності дози. Це означає, що ефект визначається передусім сумарною накопиченою дозою незалежно від того, отримана вона за 1 день, за 1 с

або за 50 років. Таким чином, оцінюючи ефекти хронічного опромінювання, потрібно мати на увазі, що ці ефекти накопичуються в організмі протягом тривалого часу.

Ще в 1899 р. було встановлено ефект пригнічення ракових клітин іонізуючим випромінюванням. Надалі корисне застосування радіоактивних речовин у різних сферах діяльності стрімко розвивалося. У 1954 р. у Радянському Союзі була запущена перша в світі АЕС. На жаль, дослідження атома призвели до створення та застосування в 1945 р. атомної бомби у Хіросімі та Нагасакі. 26 квітня 1986 р. на ЧАЕС сталася дуже важка аварія, яка призвела до загибелі та захворювання людей, зараження значної території.

Дослідники випромінювань першими стикнулися з їх небезпечними властивостями. А. Беккерель отримав опік шкіри. Марія Кюрі, як припускають, померла від раку крові. Не менше ніж 336 осіб, що працювали з радіоактивними матеріалами, померли від переопромінення. Відмовитися від застосування радіоактивних речовин у науці, медицині, техніці, сільському господарстві неможливо через об'єктивні причини. Зостається один шлях — забезпечити радіаційну безпеку, тобто такий стан середовища життя, за якого з певною імовірністю виключене радіаційне ураження людини.

#### ***Дозиметричні величини та їх одиниці виміру***

Дія іонізуючого випромінювання на речовину проявляється в іонізації та збудженні атомів і молекул, які входять до складу речовини. Кількісною мірою цієї дії слугує поглинута доза  $D_p$  — середня енергія, передана випромінюванням одиниці маси речовини. Одиниця поглинутої дози — грей (Гр), названа на честь фізика Грея,  $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$ . На практиці застосовується також позасистемна одиниця — 1 рад =  $100\text{ ерг/г} = 1 \cdot 10^{-2}\text{ Дж/кг} = 0,01\text{ Гр}$ .

Поглинута доза випромінювання залежить від властивостей випромінювання та середовища поглинання. Для заряджених частинок ( $\alpha$ ,  $\beta$ , протонів) невеликих енергій, швидких нейтронів та деяких інших випромінювань, коли основними процесами їх взаємодії із речовиною є безпосередня іонізація та збудження, поглинута доза слугує однозначною характеристикою іонізуючого випромінювання за його дією на середовище. Це пов'язано з тим, що між параметрами, що характеризують дані види випромінювання (потік, густина потоку тощо) і параметром, що характеризує іонізаційну здатність випромінювання у середовищі — поглинутою дозою, можна встановити адекватні прямі залежності.

Для рентгенівського та  $\gamma$ -випромінювань таких залежностей не спостерігається, тому що ці види випромінювань непрямі щодо іонізації. Отже, поглинута доза не може бути характеристикою цих випромінювань за їх дією на середовище.

До останнього часу у якості характеристики рентгенівського та  $\gamma$ -випромінювань по ефекту іонізації використовують так звану *експозиційну дозу*. Експозиційна доза виражає енергію фотонного випромінювання, перетворену на кінетичну енергію вторинних електронів, що створюють іонізацію в одиниці маси атмосферного повітря.

За одиницю експозиційної дози рентгенівського та  $\gamma$ -випромінювань приймають **кулон** на кілограм (Кл/кг). Це така доза рентгенівського або  $\gamma$ -випромінювання, при дії якої на 1 кг сухого атмосферного повітря за нормальних умов утворюються іони, що несуть 1 Кл електрики кожного знака. На практиці до цього часу широко застосовується позасистемна одиниця експозиційної дози — рентген. 1 рентген (Р) — експозиційна доза рентгенівського та  $\gamma$ -випромінювань, за якої в  $0,001293\text{ г}$  ( $1\text{ см}^3$  за нормальних умов) утворюються іони, що несуть заряд в одну електростатичну одиницю кількості електрики кожного знака або  $1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}\text{ Кл/кг}$ .

Оскільки експозиційну дозу продовжують використовувати в практиці радіаційної безпеки, розглянемо співвідношення між рентгеном та поглинутою дозою.

Заряд електрона дорівнює  $4,8 \cdot 10^{-10}$  ел. од. заряду. Отже, за експозиційної дози в 1 Р буде утворено  $2,08 \cdot 10^9$  пар іонів у 0,001293 г атмосферного повітря. На утворення однієї пари іонів у повітрі витрачається в середньому 34 еВ енергії. Таким чином, за експозиційної дози в 1 Р вторинними електронами витрачається 88 ерг в 1 г повітря. Величини 88 ерг/г повітря та 0,114 повітря називають енергетичними еквівалентами рентгена.

Поглинута в будь-якій речовині доза рентгенівського та  $\gamma$ -випромінювання може бути розрахована за експозиційною дозою за таким співвідношенням:

$$D (\text{Гр}) = 8,8 \cdot 10^3 \cdot \mu / \mu_B \cdot D(P),$$

де  $\mu$  та  $\mu_B$  — масові коефіцієнти ослаблення ( $\text{см}^2/\text{г}$ ) для використовуваної речовини та повітря відповідно.

Дослідження біологічних ефектів, які викликані іонізуючими випромінюваннями, показали, що пошкодження тканин пов'язане не тільки з кількістю поглинутої енергії, але також і з її просторовим розподілом, що характеризується лінійною густиною іонізації. Чим вища лінійна густина іонізації, або, інакше, лінійна передача енергії частинок у середовищі на одиницю довжини шляху (ЛПЕ), тим більший ступінь біологічного пошкодження. Щоб урахувати цей ефект, уведено поняття еквівалентної дози  $D_{\text{ЕКВ}}$ , яка визначається рівністю:

$$D_{\text{ЕКВ}} = D_{\text{П}} \cdot Q,$$

де  $D_{\text{П}}$  — поглинута доза;  $Q$  — безрозмірний коефіцієнт якості, що характеризує залежність біологічних несприятливих наслідків опромінення людини в малих дозах від повної ЛПЕ опромінення.

Еквівалентна доза являє собою міру біологічної дії на дану конкретну людину, тобто вона є індивідуальним критерієм небезпеки, обумовленим іонізуючим випромінюванням. Нижче приведені середні значення коефіцієнтів для деяких видів випромінювання при розрахунку еквівалентної дози.

|   |    |
|---|----|
| Фотони будь-яких енергій                              | 1  |
| Нейтрони з енергією менше 10 кеВ                      | 1  |
| Електрони та мюони (менше 10 кеВ)                     | 5  |
| від 10 кеВ до 100 кеВ                                 | 10 |
| від 100 кеВ до 2 МеВ                                  | 20 |
| від 2 МеВ до 20 МеВ                                   | 10 |
| більше 20 МеВ   | 5  |
| Протони, крім, протонів віддачі, енергія більше 2 МеВ | 5  |
| Альфа-частинки, осколки поділу, важкі ядра            | 20 |

За одиницю вимірювання еквівалентної дози прийнято Зіверт (Зв), на честь шведського радіолога Рольфа Зіверта.  $1\text{Зв} = 1\text{Гр}/Q = 1\text{Дж}/\text{кг}$ . Зіверт дорівнює еквівалентній дозі випромінювання, за якої поглинута доза дорівнює 1 Гр при коефіцієнті якості, що дорівнює одиниці.

Застосовується також спеціальна одиниця еквівалентної дози – бер (біологічний еквівалент рада);  $1\text{бер} = 0,01\text{Зв}$ . Бером називається така кількість енергії, поглинута 1г біологічної тканини, за якої спостерігається той самий біологічний ефект, що й при поглинутій дозі випромінювання 1рад рентгенівського та  $\gamma$ -випромінювань, що мають  $Q = 1$ .

Коефіцієнт якості, певною мірою пов'язаний з ЛПЕ, використовується для порівняння біологічної дії різних видів випромінювань тільки під час вирішення завдань радіаційного захисту при еквівалентних дозах  $D_{\text{ЕКВ}} < 0,25 \text{ Зв}$  (25 бер).

Поглинута, експозиційна та еквівалентна дози, віднесені до одиниці часу, називаються *потужністю відповідних доз*.

Спонтанний розпад радіоактивних ядер відбувається за законом:

$$N = N_0 \cdot \exp(-\lambda t),$$

де  $N_0$  — кількість ядер у даному об'ємі речовини в момент часу  $t = 0$ ;  $N$  — кількість ядер у тому самому об'ємі до моменту часу  $t$ ;  $\lambda$  — стала розпаду.

Стала  $\lambda$  має значення імовірності розпаду ядра за 1с; вона дорівнює тій частині ядер, що розпадаються за 1с. Стала розпаду не залежить від загальної кількості ядер і має цілком певне значення для кожного радіоактивного нукліду.

Приведене вище рівняння показує, що протягом часу кількість ядер радіоактивної речовини зменшується за експоненціальним законом.

У зв'язку з тим, що період піврозпаду значної кількості радіоактивних ізотопів вимірюється годинами і днями (так звані ізотопи, що мають короткий період життя), його необхідно знати для оцінки радіаційної небезпеки у часі у випадку аварійного викиду в навколишнє середовище радіоактивної речовини, вибору місця дезактивації, а також під час переробки радіоактивних відходів та наступного їх поховання. (Період піврозпаду нуклідів приведено в НРБ — 96.

Перша характеристика з тих, що використовувалися у практичній дозиметрії — це експозиційна доза  $D_E$ .  $D_E$  — кількісна характеристика поля іонізуючого випромінювання, заснована на величині іонізації сухого повітря при атмосферному тиску.

Одиницею вимірювання  $D_E$  є рентген (Р).  $1 \text{ Р} = 2 \cdot 10^9 \text{ пар іонів/см}^3 \text{ повітря} = 0,11 \text{ ерг/см}^3 \text{ повітря}$ .

Потрібно враховувати, що чутливість різних органів тіла неоднакова. Наприклад, за однакової еквівалентної дози опромінення виникнення раку легень більш імовірне, ніж у щитовидній залозі. Тому дози опромінення органів і тканин потрібно враховувати з різними коефіцієнтами.

Міжнародна комісія з радіаційного захисту рекомендує наступні коефіцієнти радіаційного ризику для тканин та органів при розрахунку ефективної дози.

|   |      |
|---|------|
| Кістковий мозок (червоний); товстий кишечник (пряма, сигмоподібна) низхідна частина ободочної кишки; легені; шлунок | 0,12 |
| Сечовий міхур; грудна залоза; печінка; стравохід; щитоподібна залоза  |      |
| Шкіра; клітини кісткових поверхонь  | 0,01 |

Помноживши еквівалентні дози на відповідні коефіцієнти та додавши результати по всіх органах і тканинах, дістанемо ефективну еквівалентну дозу, що показує сумарний ефект опромінювання для організму. Ця доза також вимірюється у зівертах.

Описані три дози відносяться до окремої людини, тобто є індивідуальними. Додавши індивідуальні ефективні дози, отримані групою людей, дістанемо колективну еквівалентну дозу, яка вимірюється у людино-зівертах (люд.-Зв).

Багато радіонуклідів розпадаються дуже повільно і залишаються у віддаленому майбутньому. Колективну ефективну еквівалентну дозу, яку отримують покоління людей від якого-небудь радіоактивного джерела за весь час його існування, називають *очікуваною (повною) колективною ефективною еквівалентною дозою*.

*Активність джерела* — це міра кількості радіоактивної речовини. Визначається активність кількістю атомів, що розкладаються в одиницю часу, тобто швидкістю розпаду ядер радіонукліда.

Одиницею виміру активності є одне ядерне перетворення за секунду. В системі одиниць СІ вона дістала назву бекерель (Бк).

За позасистемну одиницю прийнято кюрі (Ки) — активність такої кількості радіонукліда, в якій відбувається  $3,7 \cdot 10^{10}$  актів розпаду за секунду. На практиці широко користуються похідними Ки: милікюрі —  $1 \text{ мКи} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ки}$ ; мікрोकюрі —  $1 \text{ мкКи} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ки}$ .

Під питомою активністю розуміють активність, віднесену до одиниці маси або об'єму, наприклад Ки/г, Ки/л тощо.

#### ***Джерела забруднення***

Розрізняють природні і створені людиною джерела випромінювання. Основну частину випромінювання населення Землі отримує від природних джерел. Природні джерела космічного та земного походження створюють *природний радіаційний фон* (ПРФ). На території України природний фон створює потужність експозиційної дози від 40–200 мбер/рік. Випромінювання, обумовлене розсіяними в біосфері штучними радіонуклідами, породжує *штучний радіаційний фон* (ШРФ), який у нинішній час загалом на Земній кулі додає до ПРФ лише 1–3 %.

Поєднання ПРФ та ШРФ утворює радіаційний фон (РФ), який діє на все населення земної кулі, маючи відносно постійний рівень. Космічні промені являють потік протонів та  $\alpha$ -частинок, що приходять на Землю із Світового простору. До природних джерел земного походження відносяться — випромінювання радіоактивних речовин, що містяться у породах, ґрунті, будівельних матеріалах, повітрі, воді.

По відношенню до людини джерела опромінювання можуть знаходитися зовні організму і опромінювати його. У цьому випадку йдеться про зовнішнє опромінювання. Радіоактивні речовини можуть опинитися у повітрі, яким дихає людина, у їжі, у воді і попасти всередину організму. Це — внутрішнє опромінювання.

Середня ефективна еквівалентна доза, отримувана людиною від зовнішнього опромінювання за рік від космічних променів, складає 0,3 мілізіверта, від джерел земного походження — 0,35 мЗв.

У середньому приблизно 2/3 ефективної еквівалентної дози опромінювання, яку людина отримує від природних джерел радіації, надходить від радіоактивних речовин, які надійшли в організм з їжею, водою, повітрям.

Найвагомішим з усіх природних джерел радіації є невидимий важкий газ радон (у 7,5 раза важчий за повітря), який не має смаку та запаху. Радон і продукти його розпаду випромінюють приблизно 3/4 річної індивідуальної ефективної еквівалентної дози опромінювання, отримуваної населенням від земних джерел, і приблизно за половину цієї дози від усіх джерел радіації. У будівлі радон надходить із природним газом (3 Кбк/добу), з водою (94), із зовнішнім повітрям (10), із будматеріалів та ґрунту під будівлею (60 Кбк/добу).

За останні десятиріччя людина створила більше тисячі штучних радіонуклідів і навчилася застосовувати їх з різною метою. Значення індивідуальних доз, отримуваних людьми від штучних джерел, сильно різняться.

#### ***Вимірювання іонізуючих випромінювань***

Необхідно пам'ятати, що не існує універсальних методів та приладів, які можна застосовувати за будь-яких умов. Кожен метод та прилад має свою область застосування. Неурахування цих застережень може призвести до грубих помилок. У радіаційній безпеці використовують *радіометри, дозиметри та спектрометри*.



*Радіометри* — це прилади, призначені для визначення якості радіоактивних речовин (радіонуклідів) або потоку випромінювання. Наприклад, газорозрядні лічильники (Гейгера – Мюллера).

*Дозиметри* — це прилади для вимірювання потужності експозиційної або поглинутої дози.

*Спектрметри* використовують для реєстрації й аналізу енергетичного спектра і поглинутої дози, а також ідентифікації на цій основі випромінюючих радіонуклідів.

Принцип дії будь-якого приладу, призначеного для реєстрації проникаючих випромінювань, полягає у вимірюванні ефектів, що виникають у процесі взаємодії випромінювання з речовиною. Найпоширенішим є іонізаційний метод реєстрації, що ґрунтується на вимірюванні безпосереднього ефекту взаємодії випромінювання з речовиною, тобто ступеню іонізації середовища, через яке пройшло випромінювання.

Для вимірів застосовують іонізаційні камери або лічильники, що слугують датчиком, і схеми реєстрації, що містять чутливі елементи. Іонізаційна камера являє собою конденсатор, що складається з двох електродів між якими міститься газ.

Електричне поле між електродами створюється від зовнішнього джерела. За відсутності радіоактивного джерела іонізації в камері не відбувається і вимірювальний прилад струму показує на нуль. Під дією іонізуючого випромінювання в газі камери виникають позитивні та негативні іони. Під дією електричного поля негативні іони рухаються до позитивно зарядженого електрода, позитивні до негативно зарядженого електрода. У колі виникає струм, який реєструється вимірювальним приладом. Іонізаційні камери звичайно працюють в режимі струму насичення, при якому кожний акт іонізації дає складову струму. За струмом насичення визначаються інтенсивність випромінювання та якість даної радіоактивної речовини.

Сцинтиляційний метод реєстрації випромінювань ґрунтується на вимірюванні інтенсивності світлових спалахів, що виникають у люмінесцентних речовинах при проходженні крізь них іонізуючих випромінювань. Для реєстрації світлових спалахів використовують *фотоелектронний помножувач* (ФЕП) із електронною схемою реєстрації. Речовини, що випромінюють світло під дією іонізуючого випромінювання, називаються сцинтиляторами (фосфорами, флуорами, люмінофорами).

ФЕП дає змогу перетворювати слабкі спалахи від сцинтилятора в достатньо великі електричні імпульси, які можна зареєструвати звичайною нескладною електронною апаратурою.

Сцинтиляційні лічильники можна застосовувати для вимірювання кількості заряджених частинок, гамма-квантів, швидких та повільних нейтронів; для вимірювання потужності дози від бета -, гамма - та нейтронного випромінювань; для дослідження спектрів гамма - та нейтронного випромінювань.

Сцинтиляційний метод має ряд переваг перед іншими методами, насамперед це висока ефективність вимірювання проникаючих випромінювань, малий час висвітлювання сцинтиляторів, що дає змогу виконувати вимірювання з ізотопами, які мають короткий період життя.

За допомогою фотографічного методу були отримані перші відомості про іонізуючі випромінювання радіоактивних речовин. Під час дії випромінювання на фотографічну плівку або пластинку в результаті іонізації у фотоемульсії відбуваються фотохімічні процеси, внаслідок яких після проявлення виділяється металічне срібло у тих місцях, де відбулося поглинання випромінювання. Здатність

фотоемулсії реєструвати випромінювання, перетворене різними фільтрами, дає змогу отримувати докладні відомості про кількість вимірюваного випромінювання.

Хімічно оброблена плівка має прозорі та почорнілі місця, які відповідають незасвіченим та засвіченим ділянкам фотоемулсії. Використовуючи цей ефект для дозиметрії, можна встановити зв'язок між ступенем почорніння плівки та поглинутою дозою. Нині цей метод використовується лише для індивідуального контролю дози рентгенівського, гамма -, бета - і нейтронного випромінювань.

Описані вище методи реєстрації випромінювань дуже чутливі і непридатні для вимірювання великих доз. Найзручнішими для цієї мети виявилися різні хімічні системи, у яких під дією випромінювання відбуваються ті, або інші зміни, наприклад, офарблення розчинів і твердих тіл, осадження колоїдів, виділення газів із сполук. Для вимірювання великих доз застосовують різне скло, яке змінює свій колір під дією випромінювання.

Для вимірювання досить великих потужностей дози застосовують калориметричні методи, в основі яких лежить зміна кількості тепла, виділеного у речовині, що поглинає радіацію.

Калориметричні методи застосовують для градування простіших методів визначення поглинутих доз, а також для визначення сумісного та роздільного гамма -, та нейтронного випромінювань у ядерних реакторах, прискорювачах, де потужність поглинутої дози складає кілька десятків рад на годину.

Великого поширення набули напівпровідникові, а також фото -, та термолюмінесцентні детектори іонізуючих випромінювань, що увійшли в практику протягом останнього десятиріччя.

#### ***Нормування радіаційної безпеки***

Питання радіаційної безпеки регламентуються законом «Про радіаційну безпеку населення», нормами радіаційної безпеки (НРБ-96) та іншими правилами та постановами.

Усі громадяни і особи без громадянства, що проживають на території України мають право на радіаційну безпеку. Це право забезпечується за рахунок проведення комплексу заходів щодо запобігання радіаційної дії на організм людини іонізуючого випромінювання вище встановлених норм та правил, нормативів, виконання громадянами й організаціями, що здійснюють діяльність із використанням джерел іонізуючого випромінювання, вимог до забезпечення радіаційної безпеки.

Вимоги НРБ-96 є обов'язковими для всіх юридичних осіб. Ці норми є основним документом, що регламентує вимоги радіаційної безпеки і застосовується за всіх умов дії на людину радіації штучного та природного походження.

У НРБ-96 приведені терміни та визначення. Так, в нормах сказано, що радіаційний ризик — це імовірність того, що у людини в результаті опромінювання виникає який-небудь конкретний шкідливий ефект.

Норми встановлюють наступні категорії осіб, що зазнають опромінювання: персонал та все населення. Персонал – особи, що працюють з технічними джерелами ( група А або ті особи, що перебувають за умовами роботи у сфері дії технічних джерел (група Б). Границя індивідуального ризику для техногенного опромінювання осіб із персоналу приймається такою, що дорівнює  $1 \cdot 10^{-3}$  на рік, для населення  $5,0 \cdot 10^{-5}$  на рік. Рівень ризику, яким можна знехтувати, приймається таким, що дорівнює  $10^{-6}$  на рік.

Для категорій осіб, що зазнають опромінювання, встановлюються три класи нормативів:

- ◆ основні границі дози, приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Допустимі рівні опромінювання людини

| Нормовані величини       | Границі дози   |   |
|--------------------------|--|---|
|                          | особи з персоналу (група А)  | особи з населення   |
| Ефективна доза           | 20 мЗв на рік в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв на рік | 1 мЗв на рік в середньому за будь-які послідовні 5 років але не більше 5 мЗв на рік |
| Еквівалентна доза за рік |  |   |
| у кришталіку,            | 150 мЗв  | 15 мЗв  |
| шкірі,                   | 500 мЗв  | 50 мЗв  |
| кистях та стопах         | 500 мЗв  | 50 мЗв  |

♦ допустимі рівні монофакторної (для одного радіонукліда або одного виду зовнішнього випромінювання, шляхи надходження) дії, що є похідними від основних границь дози: границі річного надходження, допустимі середньорічні об'ємні активності (ДОВА) та питомі активності (ДПА) тощо;

♦ контрольні рівні (дози та рівні). Контрольні рівні встановлюються адміністрацією установи за узгодженням із органами Державного санітарного епідеміологічного нагляду. Їх чисельні значення повинні враховувати досягнутий в установі рівень радіаційної безпеки та забезпечувати умови, за яких радіаційна дія буде нижча допустимої.

Основні границі дози опромінення осіб із персоналу та населення не включають дози від природних, медичних джерел іонізуючого випромінювання та дозу, отриману внаслідок радіаційних аварій. На ці види опромінювання встановлюються спеціальні обмеження.

При підрахунку внеску у загальне (зовнішнє та внутрішнє) опромінювання від надходження в організм радіонуклідів береться сума добутоків надходжень кожного радіонукліда за рік на його коефіцієнт дози. Річна ефективна доза опромінення дорівнює сумі ефективної дози зовнішнього опромінювання, накопиченої за календарний рік, та очікуваної ефективної дози внутрішнього опромінювання, що обумовлена надходженням в організм радіонуклідів за цей самий період. Інтервал часу для визначення величини очікуваної ефективної дози встановлюється таким, що дорівнює 50 років для осіб з персоналу та 70 років – для осіб з населення.

Для кожної категорії осіб, які зазнають опромінювання, допустиме річне надходження радіонукліда розраховується шляхом поділу річної границі дози на відповідний коефіцієнт дози.

#### **Захист від випромінювань**

Дозу випромінювання (Р) на робочому місці можна вирахувати за формулою:

$$d = \frac{\alpha \cdot K \cdot \gamma \cdot t}{R^2},$$

де  $d$  — активність джерела, мКі;  $K\gamma$  — гамма — стала ізотопа, яка береться з таблиць;  $t$  — час опромінювання, год;  $R$  — відстань, см.

Із цієї формули випливає, що для захисту від  $\gamma$ -випромінювання існує три методи: захист часом, відстанню та екрануванням.

Захист часом полягає в тому, щоб обмежити час  $t$  перебування в умовах опромінення та не допустити перевищення допустимої дози.

Захист відстанню ґрунтується на наступних фізичних засадах. Випромінювання точкового або локалізованого джерела поширюється у всі сторони рівномірно, тобто є ізотропним. Звідси випливає, що інтенсивність

випромінювання зменшується із збільшенням відстані  $R$  до джерела за законом обернених квадратів.

*Принцип екранування* або поглинання ґрунтується на використанні процесів взаємодії фотонів із речовиною. Якщо задані тривалість роботи, активність джерела та відстань до нього, а потужність дози  $P_0$  на робочому місці оператора виявляється вище допустимої  $P_d$ , немає іншого шляху, крім того, як зменшити значення  $P_0$  у необхідне число разів:  $n = P_0/P_d$ , помістивши між джерелом випромінювання та оператором захист із речовини, що поглинає радіацію.

Захисні властивості матеріалів оцінюються за коефіцієнтом ослаблення. Наприклад, для половинного ослаблення потоків фотонів з енергією 1 меВ необхідний шар свинцю в 1,3 см або 13 см бетону. Це «еталонні» матеріали. Захисна здатність інших речовин більша або менша у стільки разів, у скільки відрізняється їх густина від густини свинцю та бетону. Чим легша речовина, тим більше її потрібно для захисту. Знаючи необхідну кратність ослаблення  $n$  випромінювання, легко визначити відповідне їй число  $m$  шарів половинного ослаблення, при якому потужність дози  $P$  буде зменшена до допустимої  $P_d$ :

$$n = 2^m; \lg n = 0,3 m; m = \lg n / 0,3$$

Безпечність роботи з радіоактивними речовинами та джерелами випромінювань передбачає науково обґрунтовану організацію праці. Адміністрація підприємства зобов'язана розробити детальні інструкції, у яких викладені: порядок проведення робіт; обліку, зберігання та видачі джерел випромінювання; збирання та видалення радіоактивних відходів; утримання приміщень; заходи особистої профілактики; організація та порядок проведення радіаційного (дозиметричного) контролю. Усі працівники повинні бути ознайомлені з цими інструкціями, навчені безпечним методам роботи і зобов'язані скласти відповідний техмінімум. Усі працівники, що влаштовуються на роботу повинні проходити попередній, а потім також періодичні медичні огляди.

Слід відзначити, що організм беззахисний у полі випромінювання. Існують механізми пострадіаційного відновлення живих структур. Тому до певних меж опромінення не викликає шкідливих змін у біологічних тканинах. Якщо допустимі границі перевищені, то необхідна підтримка організму (посилене харчування, вітаміни, фізична культура, сауна тощо). При змінах у кровотворенні застосовують переливання крові. При дозах, що загрожують життю (600 — 1000 бер) використовують пересадку кісткового мозку. При внутрішньому переопроміненні для поглинання або зв'язування радіонуклідів у сполуки, що перешкоджають їх відкладанню в органах людини, вводять сорбенти або речовини, які утворюють комплекси.

До технічних засобів захисту від іонізуючих випромінювань відносяться екрани різних конструкцій. У якості ЗІЗ застосовують халати, комбінезони, плівковий одяг, рукавиці, пневматичні костюми, респіратори, протигази. Для захисту очей застосовуються окуляри. Весь персонал повинен мати індивідуальні дозиметри.

Зберігання, облік, транспортування та поховання радіоактивних речовин повинно здійснюватися у суворій відповідності з правилами.

Для захисту від шкідливих дій речовин застосовують *радіопротектори*.

*Протектори* — це лікарські препарати, що підвищують стійкість організму до дії шкідливих речовин або фізичних факторів. Найбільшого поширення набули радіопротектори, тобто лікарські засоби, що підвищують захищеність організму від іонізуючих випромінювань або такі, що зменшують важкість клінічного перебігу променевої хвороби.

*Радіопротектори* діють ефективно, якщо вони введені в організм перед опроміненням і присутні в ньому у момент опромінення. Наприклад, відомо, що

йод накопичується у щитоподібній залозі. Тому, якщо є небезпека попадання в організм радіоактивного йоду  $I^{131}$ , то завчасно вводять йодистий калій або стабільний йод. Накопичуючись у щитоподібній залозі, ці нерадіоактивні різновиди йоду перешкоджають відкладанню в ній небезпечного у радіоактивному відношенні  $I^{131}$ . Захисний ефект, що оцінюється так званим *фактором захисту* (ФЗ) залежить від часу прийому стабільного йоду відносно початку попадання *радіоактивної речовини* (РР) в організм. При введенні йоду за 6 год до контакту з РР фактор захисту  $\Phi_3 = 100$  разів. Якщо час контакту з РР та час приймання йоду співпадають,  $\Phi_3 = 90$  разів. При введенні йоду через 2 год після початку контакту, то  $\Phi_3 = 10$  разів. Якщо йод вводиться через 6 годин,  $\Phi_3 = 2$ . Для захисту від стронцію  $Cs^{137}$ , що проникає у кісткову тканину, рекомендується вживати продукти, що містять кальцій (квасоля, гречка, капуста, молоко).

Радіопротектори, що зменшують ефект опромінювання, виготовлені у вигляді спеціальних препаратів. Наприклад, препарат РС-1 є радіопротектором швидкої дії. Захисний ефект настає через 40–60 хв і зберігається на протязі 4–6 год. Препарат Б-190 — радіопротектор екстреної дії, радіозахисний ефект якого настає через 5 — 15 хв і зберігається протягом години.

Препарат РДД-77 — радіопротектор тривалої дії, захисний ефект якого настає через 2 доби і зберігається 10 — 12 діб.

Існує багато інших радіопротекторів, що мають різний механізм дії.

Захист від іонізуючих випромінювань являє дуже серйозну проблему і вимагає об'єднання зусиль вчених і спеціалістів не тільки в національних рамках, а й в міжнародному масштабі. У кінці 20-х років була створена *Міжнародна комісія з радіаційного захисту* (МКРЗ), яка розробляє правила роботи з радіоактивними речовинами. В Україні є відповідна національна комісія.

Світова громадськість стала виявляти підвищену тривогу з приводу дії іонізуючих випромінювань на людину і навколишнє середовище з початку 50-х років. Це було пов'язано з наслідками бомбардування Хіросіми та Нагасакі, а також з випробуваннями ядерної зброї, які призвели до поширення радіоактивного матеріалу по всій Земній кулі.

Знань про вплив радіоактивних опадів на біологічні об'єкти було ще не досить, і Генеральна Асамблея ООН У 1955р. заснувала *Науковий Комітет з дії атомної радіації* (НКДАР) для оцінки у світовому масштабі доз опромінювання, їх ефекту та пов'язаного з ними ризику. Серед небезпек, які загрожують людині, небагато привертають до себе постійну увагу громадськості і викликають так багато суперечок як проблема радіації. Особливо багато дискусій та акцій протесту виникають з приводу атомної енергетики. Стан тривоги різко загострився після аварії на ЧАЕС 26 квітня 1986 р.

ООН у 1957 р. створила спеціальну організацію — Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ), яка займається проблемами міжнародного співробітництва у галузі світового використання атомної енергії. Один з основних напрямів діяльності МАГАТЕ — проблема безпеки атомних станцій. Експерти МАГАТЕ проводять перевірки і роблять висновки про рівень безпеки конкретних АЕС. Зокрема, МАГАТЕ розробило міжнародну шкалу оцінки небезпеки ядерних аварій.

#### 4.2.5. Електробезпека

**Загальні положення.** Дія електричного струму на людину носить різноманітний характер. Проходячи через організм людини, електричний струм викликає *термічну, електролітичну*, а також *біологічну* дію.

*Термічна* дія струму проявляється в опіках деяких окремих ділянок тіла, нагріванні кровоносних судин, нервів, крові тощо.

*Електролітична дія струму* проявляється у розкладі крові та інших органічних рідин організму і викликає значні порушення фізико-хімічного складу.

*Біологічна дія струму* проявляється як подразнення та збудження живих тканин організму, що супроводжується мимовільними судомними скороченнями м'язів, у тому числі легенів та серця. В результаті можуть виникнути різні порушення і навіть повне припинення діяльності органів кровообігу та дихання.

Ця різноманітність дій електричного струму може призвести до двох видів ураження: до *електричних травм та електричних ударів*.

*Електричні травми* являють собою чітко виражені місцеві пошкодження тканин організму, викликані дією електричного струму або електричної дуги. У більшості випадків електротравми виліковні, але іноді при важких опіках травми можуть призвести до загибелі людей. Розрізняють такі електричні травми: *електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, електроофтальмологія та механічні пошкодження*.

*Електричний опік* — найпоширеніша електротравма. Опіки бувають двох видів: опіки струмом (або контактний) та дугові. Опік струмом обумовлений проходженням струму крізь тіло людини в результаті контакту із струмоведучою частиною і є наслідком перетворення електричної енергії у теплову. Розрізняють чотири ступеня опіків: I — почервоніння шкіри; II — утворення пухирів; III — змертвіння всієї товщі шкіри; IV — обуглювання тканин. Важкість ураження організму обумовлюється не ступенем опіку, а площею обпеченої поверхні тіла. Опіки струмом виникають при напругах не вище 1-2 кВ і є у більшості випадків опіками I та II ступеня; іноді бувають і важкі опіки. За більш вищої напруги між струмоведучою частиною та тілом людини утворюється електрична дуга (температура дуги вище 3500 °С і в неї дуже велика енергія), яка спричиняє *дуговий опік*. Дугові опіки, як правило, важкі — III та IV ступеня.

*Електричні знаки* — чітко окреслені плями сірого або блакитно-жовтого кольору на поверхні шкіри людини, що зазнала дії струму. Знаки бувають також у вигляді подряпин, ран, порізів або забитих місць, бородавок, крововиливів у шкіру та мозолів. У більшості випадків електричні знаки безболісні і лікування їх закінчується добре.

*Металізація шкіри* — це проникнення у верхні шари шкіри найдрібніших часток металу, що розплавився під дією електричної дуги. Це може статися при коротких замиканнях, вимиканнях рубильників під навантаженням тощо. Металізація супроводжується опіком шкіри, який викликається нагрітим металом.

*Електроофтальмологія* — ураження очей, викликане інтенсивним випромінюванням електричної дуги, спектр якої містить шкідливі для очей ультрафіолетові та ультрачервоні промені. Крім того, можливе попадання в очі бризок розплавленого металу. Захист від електроофтальмології досягається носінням захисних окулярів, які не пропускають ультрафіолетових променів, і забезпечують захист очей від бризок розплавленого металу.

*Механічні пошкодження* виникають у результаті різких неправильних судомних скорочень м'язів під дією струму, що проходить крізь тіло людини. В результаті можуть статися розриви шкіри, кровоносних судин та нервової тканини, а також вивихи суглобів і навіть переломи кісток. До цього ж виду травм потрібно віднести забиті місця, травми, викликані падінням людини з висоти, ударами об предмети в результаті мимовільних рухів або втрати свідомості через дію струму. Механічні пошкодження є, як правило, серйозними травмами, що вимагають тривалого лікування.

**Електричний удар.** Це збудження живих тканин організму електричним струмом, що проходить крізь нього, яке супроводжується мимовільними судомними

скороченнями м'язів. Залежно від наслідку дії струму на організм електричні удари умовно поділяються на наступні чотири ступеня:

I — судомне скорочення м'язів без втрати свідомості;

II — судомне скорочення м'язів, втрата свідомості, але збереження дихання та роботи серця;

III — втрата свідомості та порушення серцевої діяльності чи дихання (або всього разом);

IV — клінічна смерть, тобто відсутність дихання та кровообігу.

Причинами смерті в результаті ураження електричним струмом можуть бути: припинення роботи серця, припинення дихання та електричний шок. Припинення роботи серця, як наслідок дії струму на м'яз серця, найнебезпечніше. Ця дія струму може бути прямою, коли струм протікає крізь область серця, і рефлекторною, коли струм проходить по центральній нервовій системі. В обох випадках може статися зупинка серця або настане його фібриляція (безладне скорочення м'язових волокон серця фібрил), що призведе до припинення кровообігу.

Припинення дихання може бути викликане прямою або рефлекторною дією струму на м'язи грудної клітки, що беруть участь у процесі дихання. За тривалої дії струму настає, так звана асфіксія (ядуха) — хворобливий стан в результаті нестачі кисню та надлишку діоксиду карбону в організмі. Під час асфіксії втрачається свідомість, чутливість, рефлекси, потім припиняється дихання і, насамкінець, зупиняється серце — настає клінічна смерть.

Електричний струм — своєрідна важка нервово-рефлекторна реакція організму на сильне подразнення електричним струмом, яке супроводжується глибоким розладом кровообігу, дихання, обміну речовин тощо. Шоковий стан триває від кількох десятків секунд до кількох діб. Після цього може настати повне одужання як результат своєчасного лікувального втручання або загибель організму через повне згасання життєво важливих функцій.

**Фактори, що визначають небезпеку ураження електричним струмом.** Характер та наслідки дії на людину електричного струму залежать від наступних факторів: електричного опору людини; величини напруги та струму; тривалості дії електричного струму; шляху струму крізь тіло людини; роду та частоти електричного струму; умов зовнішнього середовища.

*Електричний опір тіла людини.* Тіло людини є провідником електричного струму, однак неоднорідним за електричним опором. Найбільший опір електричному струму справляє шкіра, тому опір тіла людини визначається, головним чином, опором шкіри.

Шкіра складається з двох основних шарів: зовнішнього — епідермісу та внутрішнього — дерми. Зовнішній шар — епідерма, у свою чергу має кілька шарів, з яких самий товстий верхній шар називається *роговим*. Роговий шар в сухому та незабрудненому стані можна розглядати як діелектрик: його питомий об'ємний опір досягає  $10^5 - 10^6$  Ом·м, що в тисячі разів перевищує опір інших шарів шкіри — дерми. Опір дерми незначний: він у багато разів менший опору рогового шару. Опір тіла людини при сухій, чистій та непошкодженій шкірі (вимірний при напрузі 15—20 В) коливається від 3 до 100 кОм і більше, а опір внутрішніх шарів тіла складає усього 300—500 Ом. Внутрішній опір тіла вважається активним. Його величина залежить від довжини та поперечного розміру ділянки тіла, по якій проходить струм. Зовнішній опір тіла складається наче з двох паралельно включених опорів: активного та ємнісного. На практиці звичайно нехтують ємнісним опором, який має невелике значення, і вважають опір тіла людини активним і незмінним. За розрахункову величину при змінному струмі промислової частоти приймають активний опір тіла людини, що дорівнює 1000 Ом.

У реальних умовах опір тіла людини не є сталою величиною. Він залежить від ряду факторів, у тому числі від стану шкіри, стану навколишнього середовища, параметрів електричного кола тощо. Пошкодження рогового шару (порізи, подряпини, садна тощо) зменшують опір тіла до 500—700 Ом, що збільшує небезпеку ураження людини струмом. Такий самий вплив справляє зволоження шкіри водою або потом. Таким чином, робота із електрообладнанням вологими руками або в умовах, що викликають зволоження шкіри, а також при підвищеній температурі, яка викликає посилене виділення поту, підвищує небезпеку ураження людини струмом. Забруднення шкіри шкідливими речовинами, які добре проводять електричний струм (пил, окалина тощо), призводить до зменшення її опору.

На опір тіла справляє вплив площа контактів, а також місце доторкання, тому що у однієї й тієї самої людини опір шкіри неоднаковий на різних ділянках тіла. Найменший опір має шкіра обличчя, шиї, рук на ділянці вище долоні та особливо на тому їх боці, що повернутий до тулуба, під пахвами, на тильному боці кисті тощо. Шкіра долоні та підошов має опір, що у багато разів перевищує опір шкіри інших ділянок шкіри.

Із збільшенням струму та часу його проходження опір тіла людини падає, тому що при цьому посилюється місцеве нагрівання шкіри, що призводить до розширення її судин, до посилення постачання цієї ділянки кров'ю та до збільшення виділення поту. Із зростанням напруги, що прикладається до тіла людини, опір шкіри зменшується в десятки разів, наближаючись до опору внутрішніх тканин (300-500 Ом) Це пояснюється електричним пробоем рогового шару шкіри, збільшенням струму, що проходить крізь шкіру. Із збільшенням частоти струму опір тіла буде зменшуватися і при 10-20 кГц зовнішній шар шкіри практично втрачає опір електричному струму.

*Величина струму та напруга.* Основним фактором, що обумовлює результат ураження електричним струмом, є сила струму, що проходить крізь тіло людини. Напруга, прикладена до тіла людини, також впливає на результат ураження, але лише настільки, наскільки вона визначає значення струму, який проходить крізь людину.

**В і д ч у т н и й с т р у м** — електричний струм, що викликає під час проходження через організм відчутні подразнення. Відчутні подразнення викликає змінний струм силою 0,6 — 1,5 мА та постійний — силою 5—7 мА. Вказані значення є п о р о г о в и м и відчутними струмами: з них починається область відчутних струмів.

**С т р у м, щ о н е в і д п у с к а є** — електричний струм, що викликає під час проходження крізь людину нездоланні судомні скорочення м'язів руки, у якій затиснутий провідник. Пороговий струм, що не відпускає, складає 10—15 мА змінного струму та 50—60 мА постійного струму. За такого струму людина вже не може самостійно розтиснути руку, в якій затиснута струмоведуча частина, і опиняється наче прикутою до неї.

**С т р у м ф і б р и л я ц і ї** — електричний струм, що викликає під час проходження крізь організм фібриляцію серця. П о р о г о в и й струм фібриляції складає 100 мА змінного струму і 300 мА сталого за тривалості дії 1–2 с на шляху рука-рука або рука-ноги. Струм фібриляції може досягти 5 А. Струм більше 5 А фібриляції серця не викликає. За таких струмів відбувається зупинка серця.

**Тривалість дії електричного струму.** Істотний вплив на результат ураження має тривалість проходження струму крізь тіло людини. Тривала дія струму призводить до важких, а іноді і смертельних уражень. Небезпека ураження струмом внаслідок фібриляції серця залежить від того, з якою фазою серцевого циклу збігається час проходження струму крізь область серця. Якщо тривалість проходження струму



дорівнює часу або перевищує час кардіологічного циклу (0,75–1 м), то струм «зустрічається» зі всіма фазами роботи серця (у тому числі з найбільш уразливою). Це дуже небезпечно для організму. Якщо час дії струму менший тривалості кардіологічного циклу на 0,2с і більше, то імовірність збігу моменту проходження струму з найбільш уразливою фазою роботи серця, а отже, і небезпека ураження різко зменшується.

Вплив тривалості проходження струму крізь тіло людини на результат ураження можна оцінити за емпіричною формулою:

$$I_H = 50 / t$$

де  $I_H$  — струм, що проходить крізь тіло людини, мА;  $t$  — тривалість проходження струму, с. Ця формула дійсна у межах 0,1—1,0 с. Її використовують для визначення гранично допустимих струмів, що проходять крізь тіло людини по шляху рука-ноги, необхідних для розрахунку захисних пристроїв.

*Шлях струму крізь тіло людини.* Шлях проходження струму крізь тіло людини грає суттєву роль у наслідку ураження, тому що струм може пройти крізь життєво важливі органи: серце, легені, головний мозок тощо. Вплив шляху струму на наслідок ураження визначається також опором шкіри на різних ділянках тіла. Можливих шляхів струму в тілі людини, які називаються також петлями струму, досить багато. Найчастіше зустрічаються петлі струму: рука – рука, рука – ноги, і нога-нога (табл. 4.7). Найнебезпечніші петлі голова-руки та голова-ноги, але ці петлі виникають відносно рідко.

**Таблиця 4.7. Характеристика шляхів струму в тілі людини**

| Шлях струму     | Частота виникнення шляху струму, % | Частка людей, що втратили свідомість під час проходження струму, % |
|-----------------|------------------------------------|--|
| Рука-рука       | 40                                 | 83   |
| Права рука-ноги | 20                                 | 87   |
| Ліва рука-ноги  | 17                                 | 80   |
| Нога-нога       | 6                                  | 15   |
| Голова-ноги     | 5                                  | 88   |
| Голова-руки     | 4                                  | 92   |
| Інші            | 8                                  | 65   |

**Рід та частота електричного струму.** Постійний струм приблизно в 4—5 разів безпечніший змінного. Це витікає із порівняння порогових відчутних, а також таких, що не відпускають струмів для постійного та змінного струму. Значно менша небезпека ураження постійним струмом підтверджується і практикою експлуатації електроустановок: випадків смертельного ураження людей струмом в установках постійного струму в кілька разів менше, ніж в аналогічних установках змінного струму.

Це твердження справедливе тільки для напруг до 250—300 В. При висщих напругах постійний струм небезпечніший, ніж змінний (з частотою 50 Гц). Для змінного струму грає роль також і його частота. Із збільшенням частоти змінного струму повний опір тіла зменшується, що призводить до збільшення струму, який проходить крізь людину, а отже, підвищується небезпека ураження.

Найбільшу небезпеку становить струм з частотою від 50 до 100 Гц; при подальшому підвищенні частоти небезпека ураження зменшується і повністю зникає при частоті 45—50 кГц. Ці струми зберігають небезпеку опіків. Зниження небезпеки ураження струмом із зростанням частоти стає практично помітним при

1—2 кГц. Встановлено, що фізично здорові та сильні люди легше переносять електричні удари. Підвищеною сприйнятливістю до електричних ударів відрізняються особи, що страждають хворобами шкіри, серцево-судинної системи, органів внутрішньої секреції, легень, нервовими хворобами тощо.

*Умови зовнішнього середовища.* Стан навколишнього повітряного середовища, а також навколишня обстановка може суттєвим чином впливати на небезпеку ураження струмом. Вогкість, пил, який проводить струм, їдкі пари та газы, що справляють руйнівну дію на ізоляцію електроустановок, а також висока температура навколишнього повітря, зменшують електричний опір тіла людини, що збільшує небезпеку ураження її струмом.

Залежно від наявності перерахованих умов, що підвищують небезпеку дії струмом на людину, «Правила улаштування електроустановок» ділять всі приміщення за небезпекою ураження людей електричним струмом на наступні класи: без підвищеної небезпеки, з підвищеною небезпекою, особливо небезпечні, а також території розміщення зовнішніх електроустановок.

1. Приміщення без підвищеної небезпеки характеризуються відсутністю умов, що створюють підвищену або особливу небезпеку.

2. Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю у них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпеку: а) вологості (відносна вологість повітря протягом тривалого часу перевищує 75 %) або струмопровідного пилу; б) струмопровідних підлог (металеві, земляні, залізобетонні, цегляні тощо); в) високої температури (вище + 35 °С); г) можливості одночасного доторкання людини до металоконструкцій будівель, що мають контакт з землею, до технічних апаратів, механізмів тощо, з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання — з другого боку.

3. Особливо небезпечні приміщення характеризуються наявністю одної з наступних умов, що створюють особливу небезпеку: а) особливої вогкості (відносна вологість повітря близько 100 %: стеля, стіни, підлога і предмети у приміщенні просочені вологою); б) хімічно активного або органічного середовища (що руйнує ізоляцію та струмоведучі частини електрообладнання); в) одночасно двох або більше умов підвищеної небезпеки.

*Критерії безпеки електричного струму.* Під час проектування, розрахунку та експлуатаційного контролю захисних систем керуються безпечними значеннями струму за даного шляху його протікання та тривалості впливу у відповідності з ГОСТ 12.1.038-82: за тривалого впливу допустимий безпечний струм прийнятий таким, що дорівнює 1 мА; за тривалості впливу до 30 с — 6 мА; для дії 1с та менше величини струмів наведені нижче, але вони не можуть розглядатися як такі, що забезпечують повну безпеку і приймаються в якості практично допустимих з досить малою імовірністю ураження.:

|                   |     |     |     |     |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| Тривалість дії, с | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Струм, А          | 5,0 | 70  | 100 | 250 |

Ці струми вважаються допустимими для найімовірніших шляхів їх протікання у тілі людини: рука-рука, рука-ноги та нога-нога.

*Умови ураження електричним струмом.* Усі випадки ураження людини струмом у результаті електричного удару можливі тільки під час замикання електричного кола крізь тіло людини, тобто при доторканні людини не менш ніж до двох точок кола, між якими існує деяка напруга. Напруга між двома точками кола струму, до яких одночасно торкається людина, називається *напругою доторкання*. Небезпека такого доторкання, що оцінюється значенням струму, який проходить крізь тіло

людини, або ж напругою доторкання, залежить від ряду факторів: схеми замикання кола струму крізь тіло людини, напруги мережі, схеми самої мережі, режиму її нейтралі (тобто заземлений чи ізольований варіант для нейтралі), ступеня ізоляції струмоведучих частин від землі, а також від значення ємності струмоведучих частин відносно землі тощо.

*Умови та основні причини ураження струмом.* Найтипівіші два випадки замикання кола струму крізь тіло людини: коли людина торкається одночасно двох проводів і коли вона торкається лише одного проводу. У другому випадку припускається наявність електричного зв'язку між мережею та землею (недосконалість ізоляції проводів відносно землі, замикання проводу на землю в результаті якої-небудь несправності тощо).

Стосовно мереж змінного струму першу схему звичайно називають *двофазним доторканням*, а другу — *однофазним*. Двофазне доторкання більш небезпечніше, оскільки до тіла людини прикладається найбільша у даній мережі напруга — лінійна і тому крізь людину пройде більший струм.

$$I_{\text{н}} = \frac{U_{\text{л}}}{R_{\text{н}}} = \frac{\sqrt{3 \cdot U_{\text{ф}}}}{R_{\text{н}}},$$

де  $U_{\text{л}}$  — лінійна напруга (напруга між фазними проводами мережі), В;  $U_{\text{ф}}$  — фазна напруга (напруга між початком та кінцем однієї обмотки або між фазними та нульовими проводами), В;  $R_{\text{н}}$  — опір тіла людини, Ом.

У мережі з лінійною напругою  $U_{\text{л}} = 380$  В ( $U_{\text{ф}} = 220$  В) за опору тіла людини  $R_{\text{н}} = 100$  Ом струм крізь тіло людини дорівнює

$$I_{\text{н}} = 1,73 \cdot 220 / 1000 = 380 / 1000 = 0,38 \text{ А.}$$

Цей струм для людини смертельно небезпечний.

При двофазному доторканні струм, що проходить крізь людину, практично не залежить від режиму нейтралі мережі. Небезпека доторкання не зменшується і в тому випадку, якщо людина буде надійно ізольована від землі. Однофазне доторкання трапляється у багато разів частіше, ніж двофазне, але воно менш небезпечне, оскільки напруга, під якою опиняється людина, не перевищує фазну, тобто менша лінійної в 1,73 рази. Відповідно меншим виявляється струм, що проходить крізь людину.

*Основні причини ураження електричним струмом.*

◆ Випадкове доторкання до струмоведучих частин, що перебувають під напругою у результаті: помилкових дій під час проведення робіт; несправності захисних засобів, якими потерпілий торкався струмоведучих частин тощо.

◆ Поява напруги на металевих конструктивних частинах електрообладнання в результаті: пошкодження ізоляції струмоведучих частин; замикання фази мережі на землю; падіння проводу (що перебувають під напругою) на конструктивні частини електрообладнання та ін.

◆ Поява напруги на відімкнених струмоведучих частинах в результаті: помилкового увімкнення вимкненої установки; замикання між струмоведучими частинами, що включені або знаходяться під напругою; розряду блискавки в електроустановку тощо.

◆ Виникнення напруги кроку на ділянці землі, де перебуває людина, в результаті: замикання фази на землю; вносу потенціалу видовженим струмопровідним предметом (трубопроводом, залізничними рейками); несправності у обладнанні захисного заземлення тощо.

*Напругою кроку* (кроковою напругою) називається напруга між точками землі, обумовлена стіканням струму замикання на землю при одночасному контакті з ними ніг людини. Найбільший електричний потенціал буде у місці контакту

провідника з землею. В міру віддалення від цього місця потенціал поверхні ґрунту зменшується, оскільки переріз провідника (ґрунту) збільшується пропорційно квадрату радіуса, і на відстані приблизно 20 м, може вважатися таким, що дорівнює нулю. Ураження при кроковій напрузі посилюється тому, що через судомні скорочення м'язів ніг людина може впасти, після чого коло струму замикається на тілі крізь життєво важливі органи. Крім того, зріст людини обумовлює більшу різницю потенціалів, прикладених до її тіла.

**Технічні способи та засоби захисту.** Для забезпечення електробезпеки застосовують окремо або у поєднанні один з іншим наступні технічні способи та засоби: захисне заземлення, занулення, захисне вимкнення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин; електричне розділення мереж, обладнання огороження, блокування, попереджувальна сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати; електрозахисні засоби.

*Захисним заземленням* називається навмисний електричний контакт із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою при замиканні на корпус та через інші причини. Завдання захисного заземлення – усунення небезпеки ураження струмом у випадку доторкання до корпусу та інших струмоведучих металевих частин електроустановки, що опинилися під напругою. Захисне заземлення застосовують у трифазних мережах з ізольованою нейтраллю.

Принцип дії захисного заземлення — зменшення напруги між корпусом, що опинився під напругою, та землею до безпечного значення. У якості провідників заземлення дозволяється використовувати різні металеві конструкції: ферми, шахти ліфтів, підйомників, сталеві труби електропроводок, відкрито прокладені стаціонарні трубопроводи різного призначення (крім трубопроводів горючих та вибухонебезпечних газів, каналізації і центрального опалення).

*Зануленням* називається навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на корпус та через інші причини. Завдання занулення — усунення небезпеки ураження струмом у випадку контакту з корпусом та іншими неструмоведучими металевими частинами електроустановки, що опинилися під напругою внаслідок замикання на корпус. Вирішується це завдання швидким вимкненням пошкодженої електроустановки із мережі.

Принцип дії занулення — перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання (тобто замикання між фазними та нульовими проводами) з метою викликати більший струм, здатний забезпечити спрацьовування захисту і цим самим автоматично вимкнути пошкоджену установку із мережі живлення. Таким захистом можуть бути плавкі запобіжники, магнітні пускачі з тепловим захистом, контактори у поєднанні з тепловими реле, автомати, що здійснюють захист одночасно від струмів короткого замикання та від перевантаження.

*Захисне вимкнення* — швидкодіючий захист, що забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні у ній небезпеки ураження струмом. При застосуванні цього виду захисту безпека забезпечується швидкодіючим (0,1–0,2с) вимкнення аварійної ділянки або мереж у однофазному замиканні на землю або на елементи електрообладнання, нормально ізольовані від землі, а також при доторканні людини до частин, що перебувають під напругою. Захисне вимкнення може слугувати доповненням до систем заземлення та занулення, а також у якості єдиного та основного заходу захисту.

*Мала напруга* — це нормальна напруга не більша 42 В, що застосовується у електричних колах для зменшення небезпеки ураження електричним струмом. Застосування малих напруг сприяє різкому зменшенню небезпеки ураження,

особливо під час роботи у приміщеннях із підвищеною небезпекою, особливо небезпечних та на зовнішніх установках. Однак електроустановки з такою напругою являють небезпеку при двофазному контакті. Малі напруги використовують для живлення електроінструменту, світильників стаціонарного освітлення, переносних ламп у приміщеннях із підвищеною небезпекою або особливо небезпечних та в інших випадках. Джерелами малої напруги можуть бути спеціальні знижувальні трансформатори із вторинним напруженням 12—14 В. Використання малих напруг – ефективний захід захисту, однак область його застосування невелика. Це обумовлено труднощами створення довгих мереж та потужних електроприймачів малої напруги.

*Пристрої огороження* застосовуються для того, щоб усунути можливість навіть випадкового контакту із струмоведучими частинами електроустановок.

*Попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки.* Блокувальні пристрої надійно виключають можливість випадкового контакту з частинами обладнання, що перебувають під напругою і розташовані у спеціальних закритих приміщеннях. Попереджувальну сигналізацію широко використовують у поєднанні з іншими заходами захисту. Сигналізацію виконують світловою або звуковою. Для профілактики електротравматизму застосовують знаки безпеки відповідно до вимог ГОСТ 12.4.026—76, а також попереджувальні плакати.

*Електрозахисні засоби* — вироби, які переносяться або перевозяться, і слугують для захисту людей, що обслуговують електроустановки, від ураження електричним струмом, дії електричної дуги та електромагнітного поля. За значенням захисні засоби умовно поділяють на ізолюючі, засоби огороження та допоміжні.

*Ізолюючі захисні засоби* слугують для ізоляції людини від струмоведучих частин та від землі. Їх поділяють на о с н о в н і та д о п о м і ж н і.

О с н о в н и м и є ізолюючі захисні засоби, що здатні надійно витримувати робочу напругу електроустановки і не допускати контакту із струмоведучими частинами, які зперебувають під напругою. В електроустановках напругою до 1000 В до основних ізолюючих захисних засобів відносяться оперативні штанги та кліщі для вимірювання струму, діелектричні рукавиці, інструмент з ізолюючими ручками та покажчики напруги.

Д о д а т к о в и м и є ізолюючі захисні засоби, що не розраховані на напругу електроустановки і самостійно не забезпечують безпеку персоналу. Тому ці засоби застосовуються разом з основними у вигляді додаткових заходів захисту. В електронних установках напругою до 1000 В до них відносяться діелектричні калози, килимки, а також ізолюючі підставки.

*Захисні засоби огороження* — різні переносні огорожі, що слугують для тимчасового огороження струмоведучих частин і таким чином попереджують можливість контакту з ними.

*Допоміжні захисні засоби* — це інструменти, пристрої та пристосування, які призначені для захисту електротехнічного персоналу від падіння з висоти (запобіжні пояси, канати страхування та ін.); для безпечного підйому на опори (монтерські кігті, лази для підйому на бетонні опори тощо); для захисту від світлових, теплових або хімічних дій (захисні окуляри, респіратори, протигази, брезентові рукавиці тощо); для захисту від шумів (протишумові навушники, шоломи та ін.).

**Перша допомога при ураженнях електричним струмом.** Першу допомогу людині, що уражена електричним струмом повинен уміти надавати кожний. Перша допомога при нещасних випадках, що викликані ураженням електричним струмом, складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання йому першої медичної допомоги.

*Звільнення потерпілого від дії струму.* Першою дією повинно бути швидке вимкнення тієї частини установки, до якої торкається потерпілий. Якщо швидко вимкнути установку неможливо, то треба відділити потерпілого від струмоведучих частин.

*Способи надання першої допомоги.* Надання першої допомоги залежить від стану, в якому перебувають уражений електричним струмом. Для визначення цього стану необхідно негайно: вкласти потерпілого на спину на тверду поверхню; перевірити наявність у потерпілого дихання, пульсу; перевірити стан зіниць — вузькі або розширені (розширені зіниці вказують на різке погіршення кровопостачання мозку). У всіх випадках ураження електричним струмом необхідно викликати лікаря незалежно від стану потерпілого. При цьому потрібно негайно почати надання відповідної допомоги потерпілому:

◆ якщо потерпілий знаходиться у свідомості, але до цього був у стані непритомності або тривалий час перебуває у стані непритомності або тривалий час знаходився під струмом, його потрібно вкласти на підстилку, накрити чим-небудь (одягом) і до прибуття лікаря забезпечити повний спокій, безперервно спостерігаючи за диханням та пульсом;

◆ якщо свідомість відсутня, але збереглися стійкі пульс та дихання, потрібно рівно та зручно вкласти потерпілого на підстилку, розстебнути пояс та одяг, забезпечити приток свіжого повітря та повний спокій, давати потерпілому нюхати нашатирний спирт та оббризкувати його водою;

◆ якщо потерпілий погано дихає (різко, судомно), робити штучне дихання і зовнішній масаж серця;

◆ якщо відсутні ознаки життя (дихання, серцебиття, пульс), не можна вважати потерпілого мертвим, тому що смерть часто буває тільки гаданою. У цьому випадку також треба робити штучне дихання і масаж серця. Висновок про смерть потерпілого може зробити тільки лікар.

Під час надання допомоги уявно померлому дорога кожна секунда, тому першу допомогу потрібно надавати негайно і безперервно.

#### 4.2.6. Статична електрика

**Виникнення статичної електрики.** Під статичною електрикою розуміють сукупність явищ, пов'язаних з виникненням та релаксацією вільного електричного заряду на поверхні або в об'ємі діелектриків або на ізольованих провідниках. Утворення та накопичення зарядів на перероблюваному матеріалі пов'язане із двома умовами. По-перше, повинен відбутися контакт поверхонь в результаті якого утворюється подвійний електричний шар. По-друге, хоча б одна з контактуючих поверхонь повинна бути з діелектричного матеріалу. Заряди будуть зберігатися на поверхнях після їх розділення тільки у тому випадку, якщо час руйнування контакту менший часу релаксації зарядів. Останнє значною мірою визначає величину зарядів на розділених поверхнях.

Подвійний електричний шар — це просторове розподілення електричних зарядів на границі метал — метал, метал — вакуум, метал — газ, метал — напівпровідник, метал — діелектрик, діелектрик — діелектрик, рідина — тверде тіло, рідина — рідина, рідина — газ. Товщина подвійного електричного шару на границі розподілу двох фаз відповідає діаметру іона ( $10^{-10}$  м).

Основна величина, що характеризує здатність до електризації — питомий електричний опір поверхонь матеріалів, що контактують. Якщо контактуючі поверхні мають низький опір, то при розділенні заряди з них стікають, і роздільні поверхні несуть незначний заряд. Якщо ж опір високий або велика швидкість відриву поверхонь, то заряди будуть зберігатися.

Отже, основні фактори, що впливають на електризацію речовин, їх електрофізичні параметри та швидкість розділення. Експериментально встановлено, що чим інтенсивніше ведеться процес (чим вища швидкість відриву), тим більший заряд залишається на поверхні.

Умовно прийнято, що за питомого електричного опору матеріалів менше  $10^5$  Ом·м заряди не зберігаються і матеріали не електризуються.

**Захист від статичної електрики.** Основна небезпека, що створюється електризацією різних матеріалів, полягає у можливості іскрового розряду як з діелектричної наелектризованої поверхні, так і з ізолюваного об'єкта, що проводить струм. Розряд статичної електрики виникає тоді, коли напруженість електричного поля над поверхнею діелектрика або провідника, обумовлена накопиченням на них зарядів, досягає критичної (пробивної) величини. Для повітря ця величина складає приблизно 30 кВ/м.

Запалювання горючих сумішей іскровими розрядами статичної електрики відбудеться, якщо енергія, що виділяється в розряді буде більша енергії, що запалює горючу суміш, або у загальному випадку буде вища мінімальної енергії запалювання горючої суміші. Електростатична іскрова безпека об'єкта досягається при виконанні умови безпеки:  $W_p \leq K W_{min}$ ,

де  $W_p$  — максимальна енергія розрядів, які можуть виникнути усередині об'єкта або його поверхні, Дж;  $K$  — коефіцієнт безпеки, що вибирається за умовами допустимої (безпечної) імовірності запалювання ( $K < 1,0$ );  $W_{min}$  — мінімальна енергія запалювання речовин та матеріалів, Дж.

Енергія (в Дж), що виділяється в іскровому розряді із зарядженої поверхні, яка проводить струм:  $W_p = 0,5 \cdot C \cdot \Phi^2$ ,

де  $C$  — електрична ємність об'єкта, що проводить струм відносно землі, Ф;  $\Phi$  — потенціал зарядженої поверхні відносно землі, В.

Електростатична електробезпека об'єктів забезпечується зменшенням електростатичної іскрової безпеки об'єкта (зменшенням  $W_p$ ), а також зменшенням чутливості об'єктів, навколишнього та проникаючого в об'єкти середовища до запалювальної дії статичної електрики (збільшенням  $W_{min}$ ). Енергію заряду із зарядженою діелектричною поверхнею можна визначити тільки експериментально. Мінімальна енергія запалювання горючих сумішей залежить від природи речовин і також визначається експериментально. Нижче наведені мінімальні енергії запалювання  $W_{min}$  (в мДж) деяких пароповітряних та газоповітряних сумішей:

|                  |       |
|------------------|-------|
| Аміак            | 0,680 |
| Ацетилен         | 0,011 |
| Ацетон           | 0,406 |
| Бензин Б-70      | 0,15  |
| Бензол           | 0,21  |
| Бутан            | 0,26  |
| Водень           | 0,013 |
| Діетиловий спирт | 0,19  |
| Метан            | 0,29  |
| Метиловий спирт  | 0,14  |
| Пропан           | 0,26  |
| Пропилен         | 0,17  |
| Етан             | 0,24  |
| Етилен           | 0,095 |
| Етиловий спирт   | 0,14  |

#### 4.2.7. Вибухи і пожежі

Під вибухом розуміють процес вивільнення великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий інтервалом часу. В результаті вибуху речовина перетворюється в дуже нагрітий газ із дуже високим тиском. Утворений газ із великою силою діє на навколишнє середовище, викликаючи його рух. Породжений хвилею тиск називається *вибуховою хвилею*. В міру віддалення від місця вибуху механічна дія вибухової хвилі слабшає.

Типовими прикладами вибухів є вибухи хімічних вибухових речовин. Вибухи можуть бути тепловими, за яких теплота, що виділилася, не встигає відводитися за межі вибухової речовини. Завдяки підвищенню температури розвивається процес хімічного розкладу, який самоприскорюється. Цей хімічний розклад називають *тепловим вибухом*.

Можливий інший процес вибуху. Хімічне перетворення поширюється по вибуховій речовині послідовно від одного шару до іншого у вигляді хвилі. Передній фронт такої хвилі, що рухається з великою швидкістю, являє собою ударну хвилю – різкий (стрибкоподібний) перехід речовини із вихідного стану у стан з дуже високим тиском і температурою. Такий процес хімічного перетворення вибухової речовини, який утворюється ударною хвилею і супроводжується швидким виділенням енергії, називається *детонацією*.

Детонаційні хвилі поширюються зі швидкістю, що перевищує швидкість звуку у вихідній речовині. Наприклад, швидкість хвилі у твердій вибухівці складає кілька кілометрів за секунду. Тонна такої твердої речовини може перетворитися у густий газ із дуже високим тиском за  $10^{-4}$  с. Тиск при цьому в утворюваних газах може досягати кількох сотень тисяч атмосфер. Дія вибуху може бути посилена у певному напрямку за рахунок надання вибуховій речовині спеціальної форми (кумулятивний ефект).

До вибухів, пов'язаних з фундаментальнішими перетвореннями речовин, відносяться ядерні вибухи. Під час ядерного вибуху відбувається перетворення атомних ядер вихідної речовини у ядра інших елементів, яке супроводжується вивільненням енергії зв'язку елементарних частинок (протонів і нейтронів), що входять у склад атомного ядра. Під час ділення всіх ядер, що містяться у 50 г урану або плутонію, вивільнюється така сама кількість енергії, як і при детонації 1000 т тринітротолуолу.

Існує інший тип ядерної реакції — реакція синтезу легких ядер, що супроводжується виділенням великої кількості енергії. Сили відштовхування одноіменних електричних зарядів перешкоджають перебігу реакції синтезу. Енергія, необхідна для синтезу температур досягається при ядерному вибуху урану або плутонію. Таким чином, якщо помістити в одному і тому самому пристрої речовини, що діляться, та ізотопи Гідрогену, то може бути здійснена реакція синтезу, результатом якої буде вибух величезної сили. При синтезі ядер дейтерію (ізотопи Гідрогену) вивільнюється енергія майже в три рази більша, ніж при діленні такої самої маси урану. Процес синтезу, що протікає за високої температури, називають *термоядерною реакцією*.

Існують вибухи, у яких енергія, що виділяється підводиться із зовні. Прикладом такої енергії є електричні розряди та лазерне випромінювання. Одним з видів вибуху є процес швидкого вивільнення енергії, що відбувається в результаті руйнування оболонки, яка утримує газ з високим тиском (наприклад, вибух балона із стисненим газом).

Вибух може відбутися при зіткненні твердих тіл, що рухаються назустріч одне одному з великою швидкістю. Під час зіткнення кінетична енергія тіл переходить у теплоту в результаті поширення по речовині потужної ударної хвилі, яка виникає в



момент зіткнення. Швидкість відносного зближення тіл, необхідна для того, щоб в результаті зіткнення речовина повністю перетворилася на пару, вимірюється десятками кілометрів за секунду. Тиск, який при цьому розвивається, складає мільйони атмосфер.

У природі відбувається багато явищ, які супроводжуються вибухами: блискавки, виверження вулканів, падіння на землю великих метеоритів — все це приклади вибухів. Тунгуський метеорит (1907р.) викликав вибух, еквівалентний за виділеною енергією  $10^7$  т тринітротолуолу. Ще більше енергії вивільнилося в результаті вибуху вулкана Кракатау (1883). Величезними за масштабом вибухами є хромосомні спалахи на Сонці. Енергія, що виділяється при цьому, колосальна  $\approx 10^{17}$  Дж.

Характер гігантських вибухів, які відбуваються в космічному просторі, мають спалахи нових зірок. Під час цих спалахів виділяється енергія  $10^{38}$  -  $10^{39}$  Дж. Така енергія випромінюється Сонцем за 10–100 тис. років. Ще могутніші вибухи являють собою спалахи наднових зірок, при яких вивільнюється енергія близько  $10^{43}$  Дж.

Вибухи бувають: народно-господарські, воєнні, науково-дослідницькі тощо. Небезпеку становлять неконтрольовані вибухи.

*Пожежа* — це неконтрольоване горіння, яке супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює небезпеку для життя людей. Пожежа, погашена у самій початковій стадії розвитку, називається *загорянням*. Пожежі завдають великої матеріальної шкоди, наприклад, у США близько 11 млрд доларів на рік. Причини пожеж: необережне поводження з вогнем, недотримання правил експлуатації, самозаймання речовин та матеріалів, розряди статичної електрики, грозові розряди, підпали.

Залежно від місця виникнення розрізняють пожежі: на транспортних засобах, степові та польові, підземні у шахтах та рудниках, торф'яні та лісові, а також у будівлях і спорудах (зовнішні та закриті).

Простір, охоплений пожежею, умовно ділять на 3 зони: *зона активного горіння (вогнище), теплова дія, задимлення*.

Основною характеристикою, що характеризує руйнуючу дію пожежі, є температура, яка розвивається під час горіння. У житлових будинках та громадських будівлях температури всередині приміщень досягають 800—900 °С, але розподіляються нерівномірно. Найвищі температури виникають під час зовнішніх пожеж і в середньому складають 1200—1300 °С.

Тепло, що утворюється в зоні горіння, виділяється у навколишнє середовище у процесі конвекції, променистого теплообміну й теплопровідності.

Вогнище оточує зона теплової дії, тобто територія, на якій температура повітря та газоподібних продуктів згоряння не менша 80 °С.

Зона задимлення складається з азоту, кисню, оксиду карбону, вуглекислого газу, парів води, тепла та інших речовин. Багато продуктів, що входять у склад диму, мають підвищену токсичність, особливо токсичні продукти горіння полімерів. Іноді продукти неповного згоряння, наприклад СО, можуть утворювати з киснем вибухонебезпечні суміші.

Припинення горіння досягається дією на гарячі поверхні охолоджуючими засобами, що гасять вогонь, розбавленням гарячих речовин або повітря, яке надходить у зону горіння, негорючими парами або газами; створенням між зоною горіння та горючим матеріалом ізолюючого шару із засобів, що гасять вогонь. У якості основного засобу, що гасить вогонь, використовують воду. Крім води, використовуються хімічні та повітряно-механічні піни, вуглекислий газ, азот, порошки, водяну пару, інгібітори.

Засоби для гасіння вогню подають у вогнище пожежі за допомогою пожежної техніки стаціонарними установками гасіння пожежі, пожежними автомобілями,

поїздами, кораблями, мотопомпами, вогнегасниками. Заходи з пожежної безпеки поділяються на пожежну профілактику та гасіння пожеж.



### 4.3. СОЦІАЛЬНІ НЕБЕЗПЕКИ

#### 4.3.1. Загальні відомості

Історично сформовані форми спільної діяльності людей, які характеризуються певним типом відношень між людьми утворюють суспільство, або соціум.

**С о ц і у м** — це особлива система, певний організм, що розвивається за своїми специфічними законами, які характери-зуються надзвичайною складністю. У соціумі взаємодіє велика кількість людей. Результатом цих зв'язків є особлива обстановка, що створюється в окремих соціальних групах, яка може впливати на інших людей, які не входять у дані групи.

Процеси, що відбуваються в суспільстві загалом і в окремих громадських групах, вивчає **с о ц і о л о г і я**. Закономірності поведінки та діяльності людей, обумовлені їх належністю до соціальних груп, а також психологічні характеристики цих груп вивчає соціальна психологія.

Вплив соціальних факторів на стан здоров'я суспільства вивчає соціальна гігієна.

**С о ц і а л ь н і н е б е з п е к и**. Соціальними називаються небезпеки, що отримали широке розповсюдження у суспільстві та ті, що загрожують життю й здоров'ю людей.

Носіями соціальних небезпек є люди, які утворюють певні соціальні групи. Особливість соціальних небезпек полягає в тому, що вони загрожують великій кількості людей. Розповсюдження соціальних небезпек обумовлене особливостями поведінки людей окремих соціальних груп. Соціальні небезпеки дуже численні. Наприклад, до соціальних відносяться усі протиправні (незаконні) форми насильства, вживання речовин, що порушують психічну та фізіологічну рівновагу людини (алкоголь, наркотики), паління, самовбивства, шахрайство, шарлатанство, здатні завдати шкоди здоров'ю людей.

#### **К л а с и ф і к а ц і я с о ц і а л ь н и х н е б е з п е к**

Соціальні небезпеки можуть бути класифіковані за певними ознаками:

1. За природою можуть бути виділені наступні групи небезпек:
  - а) небезпеки, пов'язані з психічним впливом на людину (шантаж, шахрайство, злочинство та ін.);
  - б) небезпеки, пов'язані із фізичним насильством (розбій, бандитизм, терор, згвалтування, взяття заручників);
  - в) небезпеки, пов'язані із вживанням речовин, які руйнують організм людини (наркоманія, алкоголізм, паління);
  - г) небезпеки, пов'язані з хворобами (СНІД, венеричні захворювання та ін.);
  - д) небезпеки самогубств.
2. За масштабами подій соціальні небезпеки можна поділити на:
  - а) локальні;
  - б) регіональні;
  - в) глобальні;
3. За статевою та віковою ознакою розрізняють соціальні небезпеки, характерні для дітей, молоді, жінок, людей похилого віку.
4. За організацією соціальні небезпеки можуть бути випадковими та навмисними.

П р и ч и н и с о ц і а л ь н и х н е б е з п е к. У своїй основі соціальні небезпеки породжуються соціально-економічними процесами, які протікають у суспільстві. У той же час слід відзначити суперечливий характер причин, наслідком яких є соціальні небезпеки.

Недосконалість людської природи — головна передумова появи соціальних небезпек. Наявність адекватної правової системи може виявитися основною умовою попередження та захисту від соціальних небезпек.

Розповсюдженню соціальних небезпек сприяє інтенсивний розвиток міжнародних зв'язків, туризму, спорту.

В и д и с о ц і а л ь н и х н е б е з п е к. Розглянемо деякі види соціальних небезпек.

*Шантаж* у юридичній практиці розглядається як злочин, що полягає у погрозі викриття, розголошення ганебних відомостей із метою домогтися яких-небудь вигод. Шантаж, як небезпека, справляє негативну дію на нервову систему.

*Шахрайство* — злочин, що полягає у заволодінні державним, громадським чи особистим майном (або у придбанні прав на майно) шляхом обману або зловживання довірою. Очевидно, що людина, яка стала жертвою шахрайства, зазнає сильного психофізіологічного потрясіння.

*Бандитизм* за карним правом — це організація озброєних банд з метою нападу на державні та громадські установи або на окремих осіб, а також участь у таких бандах та скоєних ними нападах.

*Розбій* — злочин, що полягає у нападі з метою заволодіння державним, громадським або особистим майном, що поєднується з насильством або погрозою насильства, небезпечними для життя і здоров'я особи, що зазнала нападу.

*Згвалтування* — статевий акт із застосуванням фізичного насильства, погроз або з використанням безпомічного стану потерпілої. Карне право передбачає суворе покарання за згвалтування, аж до страти (при обтяжливих обставинах).

*Захоплення заручників* являє собою форму злочину. Суть захоплення заручників полягає у захопленні людей (нерідко це бувають діти та жінки) певними особами з метою примусити виконати певні вимоги іншими особами, з числа яких узяті заручники.

*Терор* — фізичне насильство аж до фізичного знищення.

*Наркоманія* (від грец. нарке — заціпеніння та mania — безумство, захопленість) — залежність людини від прийому наркотиків, захворювання, яке виражається у тому, що життєдіяльність організму підтримується на певному рівні тільки за умови прийому наркотичної речовини і веде до глибокого насичення фізичних та психічних функцій. Різде припинення прийому наркотику викликає порушення багатьох функцій організму — абстиненцію.

Розрізняють пристрасть до якої-небудь однієї речовини — мононаркоманія (морфінізм, героїнізм, кодеїнізм, гашишизм, кокаїнізм тощо) і до їх кількох — полінаркоманія (опійна-алкогольна, опійна-барбітурова та ін.).

Виникнення наркоманії пов'язане із ефектом ейфорії, стимулювання або приємно оглушливим ефектом наркотику. Чим сильніше виражений ефект ейфорії, тим скоріше настає звикання. Розвиток наркоманії може настати як результат цікавості, експериментування, як наслідок прийому знеболюючих, снодійних засобів. Розповсюдженню наркоманії сприяє нездорове мікросоціальне середовище, відсутність у людини інтелектуальних та соціально-позитивних установок. У всі часи наркоманія переслідувалася.

*Алкоголізм* — хронічне захворювання, обумовлене систематичним вживанням спиртних напоїв. Виявляється фізична та психологічна залежність від алкоголю, психічна та соціальна деградація, патологія внутрішніх органів, обміну речовин,

центральної та периферичної нервової системи. Нерідко виникають алкогольні психози.

Велика кількість нещасних випадків та аварій пов'язана із вживанням спиртних напоїв. Алкоголь справляє сильний вплив на нервову систему, психофізичні процеси навіть в тому випадку, якщо зовні поведінка людини не відрізняється від нормальної. Показники про стан людини залежно від вмісту спирту в крові приведені у таблиці 4.8.

Алкоголь швидко всмоктується в кров і розноситься по всьому тілу. Приблизно через 5 хв після вживання він досягає головного мозку. Проникаючи усередину живих клітин, алкоголь уповільнює, послаблює і навіть зупиняє їх діяльність, порушує роботу органів і тканин. Особливо згубно діє алкоголь на нервові клітини. Він має всі ознаки наркотичної речовини. Особливо небезпечне вживання алкоголю людям, що виконують роботи, які вимагають уваги, зосередженості. Під впливом алкоголю період високої працездатності скорочується у 2-3 рази, відповідно збільшується період стомлення.

**Т а б л и ц я 4.8. Показники стану людини залежно від вмісту спирту в крові**

| Вміст спирту в крові, в проміле* | Функціональна оцінка стану сп'яніння  |
|----------------------------------|---|
| Менше 0,2                        | Усі функції у межах фізіологічної норми   |
| 0,2 - 0,3                        | Людина практично твереза  |
| 0,3 - 0,4                        | Невелике послаблення координації дрібних точних рухів, глибокої уваги, сприйняття (водіння автотранспорту недопустиме)  |
| 0,5 - 0,9                        | Слабке сп'яніння: утомлюваність, деяке порушення координації рухів  |
| 1 - 1,9                          | Сп'яніння середнього ступеню: значна емоційна нестійкість, іноді небезпечна для оточення, нечітка мова, хитка хода, порушення психіки, орієнтування, іноді різка сонливість |
| 2 - 2,9                          | Сильне сп'яніння: зменшення больової чутливості до повної анестезії, початкові ознаки отруєння алкоголем, можливі смертельні наслідки                                       |
| 3 - 5                            | Гостре отруєння алкоголем, небезпечне для життя   |
| Більше 5                         | Смертельне отруєння   |

\*Одиниця концентрації речовини; у даному випадку — 1 г спирту на 1 кг маси крові

Дуже сильний вплив справляє сп'яніння на зменшення швидкості реакції руху. Вміст у крові більше 0,05 % алкоголю негативно позначається на психофізіологічному стані людини. Сп'яніння зменшує опірність організму дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Доведено, що навіть у тверезому стані людина, яка зловживає алкоголем, більше наражається на небезпеку ніж та, що не п'є.

**Паління** — вдихання диму деяких рослинних продуктів, що тліють (тютюн, опіум та ін.). Паління тютюну — одна з найрозповсюдженіших шкідливих звичок (поширена в Європі, починаючи з XVI ст., у Росії з XVII ст.). Паління негативно впливає на здоров'я курця та людей, що його оточують, сприяє розвитку хвороб серця, судин, шлунку, легенів. Тютюновий дим містить канцерогенні речовини.

**Венеричні захворювання.** Цей термін був запропонований у 1527 році французьким вченим Ж. де Бетанкурром. Венеричні хвороби були відомі з глибокої

давнини (2500 років до н. е.), однак їх розглядали як одне захворювання. У кінці XV сторіччя із загальної медицини виділилася самостійна дисципліна — *венерологія*, що вивчає небезпечні хвороби, які передаються переважно статевим шляхом. Соціальна небезпека венеричних хвороб визначається їх широким розповсюдженням, тяжкими наслідками для здоров'я самих хворих та небезпекою для суспільства. Венеричні хвороби за неправильного лікування набувають тривалого перебігу, який призводить іноді до інвалідності.

Гонорея може слугувати причиною багатьох жіночих хвороб, чоловічого та жіночого безпліддя.

Сифіліс передається нащадкам, викликаючи природжені каліцтва, сліпоту, глухоту. Сифіліс може поширюватися і побутовим шляхом.

Для організації боротьби із венеричними захворюваннями потрібен точний облік людей, що захворіли.

Сучасні заходи та методи дають змогу повністю виліковувати венеричні захворювання за умови своєчасного звертання по лікарську допомогу та акуратності лікування.

У СРСР були розроблені єдині форми та методи боротьби з венеричними захворюваннями, основні положення яких полягають в обов'язковому обліку хворих, виявленні джерел забруднення та обстеженні осіб, які мали контакт із людьми, що захворіли. Періодично проводилися профілактичні огляди працівників харчових підприємств, бань, дитячих установ, здійснювалося обов'язкове та безкоштовне лікування венеричних хвороб, санітарна освіта. За радянським правом була встановлена кримінальна відповідальність за зараження венеричною хворобою особою, що знала про наявність у неї цієї хвороби (карається позбавленням волі на строк до 3 років), іншої особи.

СНІД — перше повідомлення про цю нову, раніше невідому хворобу з'явилося у американському «Тижневому віснику захворюваності та смерті» у 1982 р. А тепер уже заражені хворі та померлі від СНІДу є у багатьох країнах.

У США вже померли від СНІДУ десятки тисяч людей. Відзначається, що зараз півтора мільйони американців є носіями вірусу цієї хвороби.

Кількість людей, заражених СНІДом подвоюється кожні дванадцять місяців. Головна провина у поширенні епідемії СНІДу покладається на безладні статеві стосунки. Поки нема ніяких підстав сподіватися на щеплення проти СНІДу. Багато спеціалістів вважають, що вилікувати СНІД ми не зможемо. Вірус СНІДу найбільш успішно поширюється там, де володарює злиденність, розпуста, проституція, парамедицина.

СНІД — катастрофа глобального масштабу. Деякі країни знаходяться під загрозою справжнього геноциду, винищення своїх народів. Якби вірус СНІДу міг передаватися як грип, то усім рано чи пізно прийшов би кінець.

Самий ефективний шлях боротьби зі СНІДом — це навчання, інформація.

У 1993-1994 рр., за думкою спеціалістів 14 млн чоловіків, жінок та дітей інфіковані вірусом імунодефіциту людини ВІЛ, що викликає СНІД. Якщо не застосувати термінових заходів, то до кінця сторіччя кількість інфікованих досягне 40 млн осіб.

*Суїцид.* Історія людства свідчить про те, що насильство, агресивність, жорстокість поширені серед людей так само як любов, доброта, милосердя.

Особлива жорстокість — це агресія, спрямована на себе (аутоагресія). Вона виявляється в актах самоприниження, самозвинувачення, у нанесенні собі тілесних пошкоджень та у самогубстві — суїциді. Особливість самогубства у тому, що смерть є ділом рук самого потерпілого і завжди являє собою акт насильства.

Потрібно однак чітко визнати, що завжди є обставини, які доводять людину до самогубства. Тому цей вираз (самогубство) носить умовне значення.

За деякими даними ВОЗ, у світі кожного року здійснюється більше 500 тис. самогубств і приблизно 7 млн намагань до самогубства. Рівень самогубств оцінюється за кількістю здійснених суїцидів на 100 тис населення. Ці цифри мають такий вигляд: Венгрія — 73, Фінляндія — 56, Данія — 45, Австрія — 43, Великобританія — 16, Греція — 8. У Росії — 70.

Існує переконання, що покінчити з собою можуть тільки хворі люди. Насправді вони складають лише 25—27 %, ще 19 % — це алкоголіки. Більша частина самовбивць — це здорові люди. Спеціалісти переконані, що суїциди — це результат впливу соціального середовища, яке підриває віру людини. Намір позбавити себе життя з'являється у людини в умовах, коли вона оцінює ситуацію як конфлікт, який не має вирішення.

Причин самогубств багато. Це хвороба, зрада, важкі умови життя, проблема батьків та дітей, любовні взаємини, релігійний вплив тощо. Намагань до самогубства більше у жінок у 8-10 разів, завершених суїцидів — у чоловіків, у чотири рази. Зараз спостерігається зростання самогубств серед дітей та підлітків.

Профілактика самогубств полягає у психологічних, педагогічних та соціальних заходах, спрямованих на відновлення втраченої психологічної та фізичної рівноваги людини.

Захист від соціальних небезпек полягає у профілактичних заходах, спрямованих на ліквідацію цих небезпек. Крім цього, потрібна відповідна підготовка людини, що дає змогу адекватно діяти у небезпечних ситуаціях. Потрібна юридична, психологічна, інформаційна та силова підготовка. У процесі навчання необхідно опановувати моделі поведінки, що враховують конкретні ситуації.

Найпоширеніші небезпеки — конфлікти, наркоманія, нікотинomanія та алкоголізм.

#### **4.3.2. Наркотики й наркоманія**

*Наркотики* — це речовини, які призводять до стану заціпеніння, отупіння, запаморочення. Поняття “наркотик” сьогодні охоплює широке коло речовин і рослин, а також продуктів, що з них отримали, які чинять наркотичну дію.

Під наркоманією розуміють не тільки стимулювання нарко-тичними засобами появи збудженого чи пригніченого стану цент-ральної нервової системи, а й звикання організму до них, бажання їх приймати і за відсутності безпосередніх причин: болю, втоми, страху та інших станів. Головною причиною такої пристрасті є ефект ейфорії, який різною мірою притаманний усім наркотикам.

Отже, наркотики можуть відігравати двояку роль: бути поміч-никами людини, коли їх використовують як медичний препарат, і ворогом, коли свідомо чи несвідомо зловживати ними. Наркоманія виявляється в нестримній пристрасті до наркотичних речовин, які зумовлюють ейфорію. Наркоманія характеризується появою типових змін у психіці людей і їх пристрасті до постійного вживання однієї чи кількох речовин, які мають наркотичні властивості.

У більшості хворих виявляються особистісні зміни. При цьому більш ніж у 50 % випадків спостерігалися чіткі прикмети зниження пам'яті й інтелекту, а у 71 % хворих — помітне зниження морально-етичних якостей, деградація.

Ці найтипівіші наслідки наркоманії і визначають найбільшу соціальну небезпеку наркоманів. Крім того, якщо йдеться про медико-соціальні наслідки наркоманії, слід пам'ятати про високу ймовірність захворіти на СНІД, часті випадки

смертельного наслідку не тільки у зв'язку з випадковим передозуванням наркотиків, а й через самогубство і нещасні випадки в стані наркотичного сп'яніння.

*Біохімія наркотиків.* Наркотики — це група речовин різного походження, які об'єднує подібна дія на організм. Більшість цих речовин рослинного походження, вони входять до складу різних частин вихідних рослин (опійний мак, індійська конопля, кущі кофе та ін.), а також продуктів, які з них отримують (гашиш, анаша, марихуана тощо).

Зазначимо, що невелика кількість неорганічних речовин також має заспокійливі і снодійні властивості. В останні десятиріччя створено синтетичні морфіноподібні та інші психофармакологічні препарати з сильною наркотичною дією (понад 1000).

*Алкалоїди-наркотики.* Алкалоїди — це особлива група азотовмісних органічних сполук, які мають високу біологічну активність. Алкалоїди містяться в деяких рослинах і є продуктами їх життєдіяльності. Для багатьох алкалоїдів досі не знайдено синтетичних замінників.

Алкалоїди вважаються цінними лікарськими препаратами. Відомо понад 1000 алкалоїдів, але кількість їх безперервно зростає. Це пов'язано з тим, що в останні десятиріччя зростає зацікавленість проблемами фітохімії (хімії рослин) і фітотерапії (лікування лікарськими рослинами). Незважаючи на численні досліди, вчені не можуть синтезувати деякі найважливіші для медицини алкалоїди, зокрема, морфін (морфій, який був відкритий ще в 1806 р.). Половина всіх відомих алкалоїдів відкрита після 1930р.

Відомий з давніх-давен опій лікарі та знахарі вважали універсальним лікувальним препаратом. Опій, чи опіум (від давньогрец. *опос* — рослинний сік) — засохлий на повітрі сік з нестиглих головок снодійного маку. Сік являє собою складну суміш із білкових речовин, каучуку, смол, цукрів і більш ніж 20 алкалоїдів (морфін, кодеїн, папаверин та ін.). В опію алкалоїди є у вигляді солей молочної, сірчаної та інших кислот. Їх вміст коливається в дуже широких межах (від 1-3 % до 15-20 %). Опій паралізує центральну нервову систему та різні центри травної системи, впливає на зір, викликає надмірне збудження спинного мозку і підвищення рефлекторної активності.

*Морфін* є основним алкалоїдом опію і його склад змінюється в дуже широких межах (від 3 до 12 %, іноді досягає 20 %). У 1803 р. французькі фармацевти Сеген і Деран довели, що морфін є складовою опію, а через три роки молодому аптекарю Фр. Сертюрнеру вдалося отримати з водного екстракту кристалічний продукт, який він назвав морфіном на честь Морфея — бога сну. 1832 р. був виділений із водного екстракту опію ще один алкалоїд — кодеїн. Обидва алкалоїди є гетероциклічними сполуками зі складною структурою.

Морфін має сильні знеболювальні властивості, що виявляється у блокуванні болювого центру головного мозку, тамує кашель, але утруднює дихання, бо пригнічуюче діє на дихальний центр, зменшує рухому секреторну активність шлунка і кишківника, викликає нудоту, а іноді блювання, знижує обмін речовин, є слабким снодійним. Морфін і його хлорид використовують у медицині, як сильнодіючий болетамувальний засіб. Тривале застосування морфіну призводить до розвитку одного з різновидів наркоманії — морфінізму.

*Кодеїн* — чинить слабшу наркотичну дію, ніж морфін, але водночас сильно діє на рефлекторну діяльність. Використовується як засіб проти кашлю, рідше — як снодійне чи знеболювальне.

*Героїн* — похідна морфіну, володіє такою ж сильною наркотичною дією. Однак як лікарський препарат не використовується, тому що під час вживання часто виникає хвороблива пристрасть до нього. Незважаючи на те, що виробництво героїну заборонено, розвивається нелегальний героїновий бізнес.

Кокаїн і деякі подібні до нього алкалоїди містяться в листі дикорослих кушів коки. Із цих рослин виділено і вивчено лише сім алкалоїдів, найважливіший із яких — кокаїн — відкритий Німаном у 1860 р. Кокаїн вважається сильнодіючою отруйною речовиною. Найважливішою серед його фармакологічних властивостей є паралізуюча дія на волокна суттєвих нервів. У медицині застосовують для поверхневого знеболювання кон'юнктиви й рогівки ока, слизових оболонок рота і носа. Головний негативний ефект кокаїну - збуджувальна дія, яка породжує відчуття легкості. З часом з'являється пристрасть до кокаїну — кокаїнізм. Систематичне вживання кокаїну призводить до розладу нервової системи.

Такими самими властивостями, як і кокаїн, володіють інші при-сутні в рослинах речовини, відомі ще в давнину. Наприклад, гунни пили напій, приготовлений з індійських конопель. Сьогодні як наркотик використовують отруйну смолу, яку видобувають із цієї рослини (гашиш, марихуана).

*Кофеїн* — алкалоїди, що містяться в зернах кави, в листках чаю та в інших рослинах. У невеликих дозах стимулює роботу серця і діяльність нервової системи. Він викликає збудження кровоносних судин і тим самим підвищує кров'яний тиск. Однак надмірне вживання кави може призвести до спазму коронарних артерій, які живлять серцевий м'яз.

Учені всього світу намагаються виявити причини вживання наркотиків, механізми, які лежать в основі формування наркотичної залежності. При цьому висловлюються різні точки зору: одні зазначають переважну роль біологічних факторів у розвитку наркоманії, інші надають перевагу виключно зовнішнім факторам — умовам виховання і оточенню. У суто психологічному плані в основі тяги до наркотиків є прагнення до зниження напруги і почуття тривоги, до втечі від проблем, пов'язаних з дійсністю. У багатьох випадках до вживання наркотиків призводять погані настрої, невпевненість у собі, особливо у психічно невірноважених підлітків. Повторне вживання наркотику закріплює звичку, механізмом формування якої є умовний рефлекс. Механізм формування звички та пристрасті (залежності) до наркотиків і токсичних засобів, включаючи алкоголь і нікотин, реалізується на рівні регуляції обміну речовин у клітинах, насамперед нервових, а саме, регуляції виділення та нейтралізації так званих нейромедіаторів — речовин, які відповідають за збудження і гальмування як в окремих клітинах, так і в нервовій системі організму. Відомо, що ця звичка дуже швидко оволодіває людиною, глибоко проникає в її сутність, стає складовою її характеру. Притаманна людям слабкої волі та психічно невірноваженим, схильним штучно піднімати настрої і працездатність, впевненість у собі виражається у прагненні знайти джерело натхнення у наркотиках.

Виникнення наркоманії пов'язане з ілюзорним «стимулюючим» ефектом, яким володіють наркотики. Виявлено, що чим більший ейфорійний ефект мають наркотичні речовини, тим швидше розвиваються звикання і пристрасть до них.

Однією з умов розвитку наркоманії є відсутність спеціальних знань у людини і нерозуміння тієї великої небезпеки, яку таїть у собі вживання наркотиків, чи то через цікавість, чи як снодійного. Близько 50-80 % усіх наркоманів уперше спробували наркотики виключно через цікавість.

Розвиваються три основні клінічні феномени вживання нарко-тиків:

*психічна залежність*, яка полягає в тому, що людина не може прожити без наркотику. З часом психічна залежність зростає і відповідно збільшуються дози наркотику;

*фізична залежність*, яка полягає в тому, що в результаті більш чи менш тривалого прийому наркотик стає частиною обміну речовин, і організм уже не здатний обходитися без нього. Якщо наркоман припиняє вживати наркотики, він



відчуває сильні фізичні муки. Виникає особливий психічний і фізичний стан, який називається абстинентним синдромом. Щоб ліквідувати прикмети абстиненції, наркоман приймає щораз більші дози наркотику;

*зростання витривалості* (толерантності) до приймання наркотика, тобто наркомани зі стажем приймають набагато більші дози нар-котику, ніж на початковому етапі.

Психічна залежність характерна для всіх різновидів наркоманії й токсикоманії, чого не можна впевнено сказати про фізичну залежність, яка не завжди виявляється досить чітко. Психічна залежність переважно виникає раніше, ніж фізична, її прояв стійкий і тривалий, вона важко піддається лікуванню і є основною причиною відновлення приймання наркотиків після проведеного лікування, тобто рецидиву хвороби. У зв'язку з цим «стрижневою» і обов'язковою прикметою наркоманії слід вважати саме психічну залежність. Наркоманія як тяжкий хворобливий стан і набута звичка обов'язково призводить до психічної і фізичної деградації людини і в кінцевому підсумку - до смерті. Наркоманія виникає тоді, коли наркотик стає необхідним супутником людини у повсякденному житті. Без вживання наркотику вона втрачає сон, апетит, не може нормально працювати, у неї зникає бажання спілкуватися з оточуючими, пропадає добрий настрій.

За постійного вживання наркотиків виникає хронічне нарко-тичне отруєння, яке спричинює розлад функцій багатьох органів і систем організму, особливо центральної нервової системи. Тому наркоманія вважається хронічним нервово-психічним захворюванням. Вона поступово призводить до психічного розладу, пов'язаного зі звуженням кола зацікавлень, швидкої зміни настрою, зниження працездатності, погіршення пам'яті і втрати почуття відповідальності. Кожний різновид наркоманії зумовлює в організмі людини специфічні зміни.

Існує певна психологічна характеристика індивіда, схильного до наркоманії. Утруднена соціальна адаптація приводить його до вживання наркотиків, за допомогою яких він хоче досягти відчуття відповідності між своїми вимогами і можливостями самовираження, реалізувати поставлену перед собою мету. Щоб підтримувати ілюзорну рівновагу, він знову й знову приймає наркотики, і так поступово опиняється в зачарованому колі: негативний емоційний стан — наркотик — поглиблення негативного емоційного стану — збільшення дози наркотику.

#### **4.3.3. Нікотин і нікотиноманія**

Курці щорічно викидають в атмосферу 720 т синильної кислоти, 384 тис т аміаку, 108 тис т нікотину, 600 тис т дьогтю і понад 550 тис т. чадного газу та інші складові тютюнового диму.

Куріння щорічно стає причиною 1-2% усіх автомобільних аварій у Японії, а у Франції ця цифра досягає 5%. За даними вчених, частота порушень правил дорожнього руху курцями на 14% вища, ніж тими, що не курять. Сльозовиділення від тютюнового диму не тільки відволікає увагу, а й знижує гостроту зору. Крім того, коли водій постійно курить, то на внутрішньому боці шибки кабіни автомобіля утворюється наліт, який зменшує прозорість і погіршує видимість.

Під час викурювання однієї сигарети звужується поле зору, порушуються кольоровідчуття і сприйняття червоного і зеленого кольорів, знижується зорове сприйняття інформації приладів на 20 %, зменшується швидкість рухових реакцій на 25 %, послаблюється слух в діапазоні розмовної мови. Куріння негативно впливає на перебіг психічних процесів, що виражається у зниженні сприйняття інфо-рмачії на 20 %, збільшенні часу реакцій на 25 %, порушенні координації рухів і мислення.

У курців розвивається втома, яка разом з негативною дією нікотину та інших речовин, які містяться в тютюновому димі, знижує їх працездатність і надійність. Залежно від якості, сортності і складу, тютюн містить близько 1200 компонентів.

У тютюнових листках, крім нікотину, є ще 11 отруйних алкалоїдів. Найважливіші з них — норнікотин, нікотирин, нікотеїн, нікотимін. Нікотин, на відміну від інших алкалоїдів, не має жодних лікарських особливостей. Нікотин, як і інші алкалоїди, породжує пристрасть до нього.

Тютюновий дим негативно впливає на функції центральної нервової системи і її вищого відділу — кори великих півкуль головного мозку. Цей відділ найчутливіший до надлишку вуглекислого газу та дії інших тютюнових отрут.

У малих дозах нікотин діє збудливо на центральну нервову систему, посилює секреторну функцію слинних залоз; частішає дихання і підвищується кров'яний тиск. Великі дози нікотину призводять до пригнічення діяльності нервової системи і до її паралічу, до зупинення дихання і серця. Під впливом нікотину виникають зміни кровоносних судин головного мозку. Втрачається їх еластичність, стінки насичуються холестерином і різними солями (вапнування), внаслідок чого погіршується кровопостачання головного мозку, що також негативно впливає на розумову діяльність.

Порушення балансу вітаміну С в організмі також негативно впливає на центральну нервову систему. Вітамін С руйнується під дією тютюнової отрути, а дефіцит його призводить до погіршення пам'яті й підвищення втоми. При напруженій м'язовій роботі м'язи і мозок постійно вимагають припливу насиченої киснем артеріальної крові. Ця потреба у робітників-курців задовольняється не повністю, тому у м'язах швидше розвивається втома. М'язова сила зменшується на 1, 5%, через 10-15 хв настає втома, координація рухів знижується на 25 %.

Отруєння тютюном являє собою складну форму хронічного отруєння, яке призводить до серйозних наслідків для різних органів і систем людського організму. Куріння в юному віці відбивається вкрай несприятливо на загальному стані організму, який розвивається. Гальмується процес статевого дозрівання, сповільнюється ріст, погіршується розвиток грудної клітки і мускулатури, шкіра втрачає еластичність і свіжість, рано з'являються зморшки. Молоді курці відрізняються блідістю не тільки через спазми кровоносних судин, а й внаслідок характерної для нікотиноманії анемії (недокрів'я). У юних курців набагато швидше, ніж у дорослих, розвивається так званий неврозоподібний синдром, який виражається у постійному головному болю, особливо під час розумової праці, у швидкій втомлюваності і зниженій працездатності, в послабленні пам'яті і зниженні концентрації уваги і розладі сну, втраті апетиту і порушенні статевої діяльності.

Біохімічний механізм дії нікотину добре вивчений. Під його впливом надниркові залози виділяють гормони — адреналін і норадреналін, які посилюють серцеву діяльність, підвищують кров'яний тиск. Спочатку це досягається за допомогою невеликих доз нікотину, але прискорення його знешкодження організмом змушує курця взяти наступну цигарку, щоб відновити бажаний настрій.

Нікотин змінює процес обміну речовин у нервових клітинах, імітуючи дію норадреналіну і ацетилхоліну під час перенесення нервового імпульсу між клітинами: він спочатку їх стимулює, а потім пригнічує.

Фізична і психічна залежність від нікотину розвивається значно швидше, ніж від алкоголю. Але на відміну від алкоголізму та наркоманії, нікотиноманія не призводить до деградації особистості. Це робить куріння цигарок заразною хворобою, яка руйнує здоров'я людини.

#### 4.3.4. Алкоголь і алкоголізм

Алкоголь дуже негативно впливає на центральну нервову систему. Порушується розумова і фізична працездатність, посилюється втома, про що свідчить запис роботи м'язів. Алкоголь знижує працездатність на 16—17 %, при цьому втома настає швидше, ніж звичайно. Особливо різко знижується працездатність у осіб, професійна діяльність яких вимагає посиленої уваги і значного напруження. Відомо, що чим складніша робота, тим менша доза алкоголю стає причиною виробничого травматизму.

Алкоголь знижує швидкість рухової реакції. А. П. Лаптев зазначає, що у футболістів після випитої кружки пива швидкість складної рухової реакції знижується у середньому на 12-16%, точність реакції на рухомий об'єкт — на 17—21%, точність м'язових зусиль — на 14-19%.

Вважається, що алкоголь зігріває організм у холодну погоду. Дійсно, під дією алкоголю розширюються кровоносні судини шкіри, кров припливає до неї і людина відчуває тепло. Але, циркулюючи по розширених судинах, кров віддає у зовнішнє середовище велику кількість тепла, внаслідок чого температура тіла звичайно знижується на 1—2°C і організм швидче охолоджується.

Алкоголь порушує нормальну функцію головного мозку внаслідок отруєння (інтоксикації). Це порушення пояснюється тим, що спирт особливо інтенсивно накопичується в нервовій тканині. Тому в мозку його концентрація набагато більша, ніж у крові (рис. 4.1)

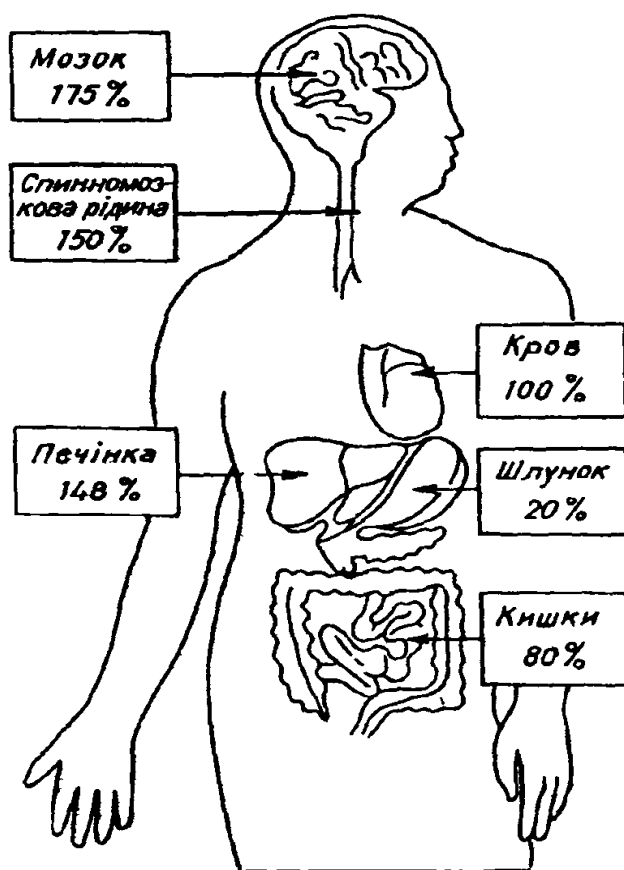


Рис. 4.1. Розподіл алкоголю в організмі людини (концентрацію алкоголю в крові прийнято за 100 %)

Після приймання навіть невеликих доз алкоголю знижується стійкість і інтенсивність уваги, сповільнюється її переключення; порушуються процеси мислення і пам'яті. Працівникові треба більше часу, щоб оцінити виробничу ситуацію і прийняти рішення, а це знижує його готовність до дії. Одночасно знижується гострота зору, порушуються окомір і здатність розрізняти кольори (особливо погано сприймаються відтінки червоного кольору), звужується поле зору, збільшується час відновлення зору після засліплення, порушується координація рухів, їх точність, різко збільшується час реакції, маскується почуття втоми за наявності втоми і зниження працездатності.

Однак найнебезпечнішим є неадекватне ставлення п'яної людини до свого стану, оскільки алкоголь загальмовує центри кори головного мозку, які контролюють дії і вчинки. Вона переоцінює свої можливості і недооцінює складність виробничої ситуації. П'яний за кермом, верстатом чи на іншому робочому місці набагато небезпечніший, ніж хворий чи працівник у стані навіть вираженої втоми. Твереза людина розуміє, що її можливості обмежені, і намагається бути особливо уважною і обережною.

Збільшення часу реакції прямо залежить від кількості випитого алкоголю. Після приймання 75 г чистого алкоголю час загальної реакції людини збільшується в 2—2,5 рази, якщо випито 100 г — у 2—4 рази, 150 г — у 3—5 разів, 175 г — у 6—9 разів.

Людина, яка зловживає алкоголем, дратівлива, емоційно нестійка, погано спить, швидко втомлюється. У 70 % нічний сон не знімає втоми, тому вже на початку робочого дня працездатність такої людини знижена.

Об'єктивним показником дози алкоголю є вміст його в крові. При вмісті алкоголю в крові працівника 0,3—0,9% ймовірність виникнення небезпеки зростає в 7 разів, при 1,0—1,4 % у 31 раз, при 1,5 % — у 128 разів (1 % — це вміст алкоголю в крові, який відповідає 1 г чистого алкоголю на 1 л крові). Небезпека вживання алкоголю навіть в малих дозах підтверджується тим, що після двох кружок пива кількість алкоголю в крові людини масою 75 кг становить 0,9 %, 0,5 л вина — 1,2 %, чарки горілки чи коньяку — 1,1 %.

Коефіцієнт небезпеки виникнення ДТП збільшується з підвищенням концентрації алкоголю в крові водія. Особливо збільшується така небезпека при концентрації алкоголю в крові понад 1,2 %. За наявності в крові водія 0,5—1,0% алкоголю виникають збудження, різкість рухів, надмірний оптимізм під час оцінки дорожньої ситуації, помилковість суджень. Якщо вміст алкоголю становить у крові 1,0—1,5 %, у кілька разів збільшується час реакції, виявляється агресивність, недбале ставлення до інших учасників руху, необґрунтований ризик, порушується координація рухів. При 1,6—2 % водій не може оцінити і розрахувати швидкість, у нього порушується координація рухів. При вмісті алкоголю в крові понад 2 % водій не може правильно керувати автомобілем, не орієнтується в дорожній ситуації, іноді не може увімкнути запалювання. При надто великих дозах алкоголю в крові іноді спостерігається навіть секундна втрата свідомості, що на великій швидкості чи в умовах інтенсивного дорожнього руху може завершитися катастрофою. З точки зору безпеки дорожнього руху навіть мінімальне перевищення фізіологічного вмісту алкоголю в крові недопустиме. Хоча в деяких країнах допускається керування автомобілем при дозі алкоголю в крові 1,0 % (США), 0,5 % (Франція, скандинавські країни і Японія).

Вплив алкоголю на організм людини і його працездатність визначається не тільки кількістю випитого алкоголю, а й багатьма іншими факторами. Якщо алкоголь вживати на порожній шлунок, він швидше всмоктується, і людина швидше п'яніє. Швидше й сильніше діє алкоголь на людей під час хвороби, при

втомі, а також у стані збудження. Ступінь сп'яніння після приймання однієї і тієї самої дози залежить від індивідуальної сприйнятливості, віку, статі, маси тіла і ступеня звикання. Одна й та сама доза алкоголю у різних людей спричинюється до неоднакових порушень у перебігу фізіологічних і психічних процесів і по-різному впливає на їх працездатність і діяльність.

Важливо також знати час дії алкоголю на організм. Алкоголь усмоктується через 20—30 хв після вживання, але із збільшенням дози найбільший ступінь сп'яніння спостерігається через 1—1,5 год. Перші прикмети сп'яніння з'являються після прийняття 0,5 мг на 1 кг маси, тобто 30 г алкоголю для людини масою 60 кг. Після прийняття 80 г горілки чи 500 г пива алкоголь діє протягом доби. Якщо людина ввечері випила, зранку її не можна вважати тверезою.

Розглянемо тепер позитивні характеристики алкоголю. Невеликі дози спиртного знімають стрес. Крім того, спирт — поживна речовина. Коли він окислюється, людина отримує енергію.

Методичні та фізіологічні дослідження свідчать про користь вина. Кислуватого смаку йому надають органічні кислоти, їх досить багато — від 0,5 до 1 %. Кислотність (2,5—3,5) майже така сама, як і шлункового соку. Саме тому воно сприяє травленню, особливо перетравлюванню білків. Органічні кислоти збуджують травні залози і посилюють апетит. Особливо багато у вині винної кислоти, а також яблучної, яка відіграє важливу роль в обміні речовин. У деяких, особливо червоних, столових винах є молочна кислота, яка надає їм більш м'якого смаку.

Багатий і різноманітний мінеральний склад вина: 24 мікро-елементи, зокрема марганець, цинк, рубідій, фтор, ванадій, йод, титан, кобальт. Особливо багато мінеральних речовин у винах, одержаних бродінням на вичавках виноградних ягід — кахетинських, червоних столових, мадері та ін. Найбільше вони багаті на калій і фосфор, роль яких у нервових процесах у мінеральному обміні, в біоенергетиці важко переоцінити. Багато у вині вітаміну Р, який допомагає організмові засвоювати і накопичувати аскорбінову кислоту. До речі, червоні вина взагалі багатші на корисні речовини, ніж білі, зокрема й на вітаміни. Р-вітамінну активність мають дубильні та фарбувальні речовини червоного винограду. Кількість антоціанових фарбників, які містяться в 200 г червоного вина, могла б задовольнити добову потребу організму людини у вітаміні Р. Цього вітаміну звичайно обмаль у продуктах харчування, а він зміцнює стінки судин і нормалізує обмін вітаміну С. Червоне вино могло б заповнити цю прогалину.

У винах є цукри — глюкоза і фруктоза. В сухих їх небагато — до 0,3, у напівсухих — до 3, напівсолодких — до 8, солодких — до 20 %, лікерних — до 35 %. Відповідно до цього і калорійність їх різна — від 600 ккал/л у сухих до 1500 ккал/л у десертних.

Полісахаридні пектинові речовини допомагають організмові звільнитися від сторонніх сполук, зокрема від радіоактивного стронцію. Вина з підвищеним вмістом рубідію сприяють виведенню цезію — за рахунок їх хімічної спорідненості, а також конкуренції. А дубильні речовини винограду і вина діють як радіопротектори.

Шампанські та ігристі вина насичені діоксидом вуглеводню. Він збуджує дихальний центр і стимулює кровообіг, розширює судини мозку.

Серед легких речовин, що утворюють букет вина, — ефірні олії, складні ефіри, альдегіди. Вони не тільки приємно пахнуть, а ще й знижують кров'яний тиск, тонізують нервову систему.

У сухих виноградних винах міститься від 9 до 14,5°, або об'ємних відсотків, етилового спирту, в десертних і міцних — до 20°. Оскільки алкоголь є природним

продуктом обміну речовин, у крові й тканинах тіла його міститься від 30 до 60 мл/л.

Максимальна доза вина обмежена саме кількістю спирту, що в ньому міститься. Доведено, що здорова доросла людина не повинна випивати за день більше 400—600 мл виноградного столового вина з 10-градусним вмістом алкоголю. Для міцніших вин норма, природно, менша. Очевидно, треба брати до уваги стан людини, звички, комплекцію тощо. Лікувальні властивості вина знали і використовували в давнину Гіппократ, Цельсіус та ін. Сучасна медицина також застосовує енотерапію (винолікування). Книга «Вино як харчування і ліки» С. Лучія отримала високу оцінку лікарів США. Лікарі знають, що вином іноді можна замінити сильнодіючі препарати, які спричиняють побічні реакції у хворого.

Для підтримання ослабленої серцевої діяльності добре вживати легкі білі вина, особливо шампанське. При розладах шлунка корисні червоні вина з великою кількістю дубильних речовин. Червоні столові вина рекомендують також при анемії — до двох склянок на день, під час їди. При атеросклерозі призначають сухі білі вина з мінеральними водами (до півлітри на день). При авітамінозі можна пити будь-які вина, а при переломах чи захворюваннях кісткового апарату — ті, що містять багато мінеральних речовин. Грип, бронхіт, запалення легенів лікують глінтвейном — гарячим червоним вином з цукром.

Навіть розведене наполовину водою виноградне вино може вберегти від кишкової інфекції, воно вбиває і збудників тифу за кілька хвилин. При загостренні туберкульозу корисне червоне столове вино, в невеликих дозах: воно не тільки згубне для бацил, а й збуджує апетит. Виснаженим і слабким хворим дають по кілька ложок на день портвейну чи мадери.

Звичайно, є і протипоказання. Вино не можна вживати при хворобах нирок, печінки, виразці шлунка, багатьох інших захворюваннях. Лікуватися ним можна тільки за рекомендацією лікаря, який визначить тип вина, порядок приймання і міру. Як зауважив лікар і філософ Парацельс, лише міра визначає, бути речовині шкідливою чи корисною.

