

Міністерство екології та природних ресурсів України

Державна екологічна академія  
післядипломної освіти та управління

**БІБЛІОТЕКА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗНАНЬ**

# ОСНОВИ БІОБЕЗПЕКИ

(ЕКОЛОГІЧНИЙ СКЛАДНИК)

Навчальний посібник

*Видано на замовлення  
Державної екологічної академії  
післядипломної освіти та управління*

Київ  
2017

УДК 574(477)(075.8)

О - 75

Схвалено до друку рішенням Вченої ради  
Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління  
(протокол № 7-17 від 14 грудня 2017 року)

**Рецензенти:**

**А. Л. Бойко**, д.б.н., професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки  
України

**Г. Г. Шматков**, д.б.н., професор, лауреат Державної премії в галузі науки і  
техніки

*За загальною науковою редакцією  
доктора біологічних наук, члена-кореспондента НААН,  
заслуженого діяча науки і техніки України О. І. Бондаря*

**Основи біобезпеки (екологічний складник)** : навч. посіб. /  
О - 75 Л. П. Новосельська, Т. Г. Іващенко, В. П. Гандзюра, О. П. Кулінич ; за заг. наук.  
ред. д.б.н. О. І. Бондаря. – К. : Інститут екологічного управління та збалансо-  
ваного природокористування, 2017. – 180 с. (Бібліотека екологічних знань)

ISBN 978-966-916-450-6

Навчальний посібник є розширеним курсом лекцій і пропонує вибіркові лабораторні роботи з дисципліни «Основи біобезпеки».

Посібник буде актуальним для підвищення кваліфікації державних службовців, спеціалістів з екологічної безпеки та фахівців природоохоронної діяльності.

**УДК 574(477)(075.8)**

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1</b> <b>СИСТЕМА БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ:</b> <b>ПРЕДМЕТ, ПОНЯТТЯ, ПРИНЦИПИ,</b> <b>НАПРЯМКИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ</b> .....	<b>7</b>
1.1. Біобезпека як навчальна дисципліна.....	<b>7</b>
1.2. Основні принципи державної системи біологічної безпеки .....	<b>8</b>
1.3. Основні напрямки формування та функціонування біологічної безпеки на рівні держави.....	<b>8</b>
<i>Контрольні питання</i> .....	<b>15</b>
<i>Використана література</i> .....	<b>15</b>
<b>РОЗДІЛ 2</b> <b>ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРИ КЛІТИН ПРОКАРІОТ І ЕУКАРІОТ ТА ПОЛОЖЕННЯ ВІРУСІВ У СИСТЕМІ ЖИВОГО</b> .....	<b>16</b>
2.1. Порівняльна характеристика структури та властивостей клітин прокаріот та еукаріот.....	<b>16</b>
2.2. Положення вірусів у системі живого .....	<b>24</b>
<b>РОЗДІЛ 3</b> <b>ЕКОЛОГІЧНЕ ТА ЕПІДЕМІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ</b> .....	<b>29</b>
3.1. Участь мікроорганізмів у колообігу речовин у природі.....	<b>30</b>
3.2. Екологічне та епідеміологічне значення мікрофлори ґрунту та поверхневих вод.....	<b>31</b>
3.3. Поняття про нанобактерії та інфекційні агенти: віроїди, пріони, мікоплазми.....	<b>45</b>
<i>Контрольні питання (розділ 2, 3)</i> .....	<b>48</b>
<i>Використана література</i> .....	<b>49</b>

<b>РОЗДІЛ 4</b>	
<b>РОЛЬ СПАДКОВОСТІ ТА МІНЛИВОСТІ</b>	
<b>В ЕВОЛЮЦІЇ ЖИВОЇ ПРИРОДИ.....</b>	<b>50</b>
4.1. Загальна характеристика спадковості та мінливості.....	<b>50</b>
4.2. Пошкодження ДНК і мутації – основа мінливості.....	<b>52</b>
4.3. Особливості еволюції вірусів на сучасному етапі.....	<b>55</b>
<i>Контрольні питання.....</i>	<b>65</b>
<i>Використана література.....</i>	<b>65</b>
<b>РОЗДІЛ 5</b>	
<b>СУЧАСНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ПИТАННЯ БІОБЕЗПЕКИ.....</b>	<b>66</b>
5.1. Історія розвитку біотехнології.....	<b>66</b>
5.2. Роль біотехнології в оздоровленні біосфери .....	<b>68</b>
5.3. Використання сучасної біотехнології в сільському господарстві та інших галузях господарювання.....	<b>72</b>
5.4. Інтродукція нових видів організмів та її вплив на довкілля.....	<b>75</b>
<b>РОЗДІЛ 6</b>	
<b>ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ</b>	
<b>ОРГАНІЗМІВ ТА ЇХ БІОБЕЗПЕКА.....</b>	<b>77</b>
6.1. Поняття про трансгенні організми та продукти.....	<b>77</b>
6.2. Використання біотехнології в медицині.....	<b>78</b>
6.3. Можливі ризики використання продукції з ГМ-джерел .....	<b>81</b>
6.4. Правове регулювання використання генетично модифікованих організмів в Україні та світі.....	<b>86</b>
<i>Контрольні питання (розділ 5, 6).....</i>	<b>98</b>
<i>Використана література.....</i>	<b>99</b>

<b>РОЗДІЛ 7</b>	
<b>МЕХАНІЗМИ САМОЗАХИСТУ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ</b>	
<b>ВІД ВПЛИВУ ТОКСИКАНТІВ БІОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ.....</b>	<b>100</b>
7.1. Система імунітету людини та її функції.....	100
7.2. Взаємозв'язок між станом здоров'я людини та екологічною ситуацією в Україні.....	105
7.3. Людина, як саморегулююча система.....	113
7.4. Роль дихального шляху людини в проникненні та виведенні токсинів і алергенів.....	116
7.5. Кишечник – центр імунної системи шлунково-кишкового тракту (ШКТ).....	117
7.6. Ендоекологічна роль мікрофлори кишечника людини.....	119
7.7. Порушення складу кишкової мікрофлори та її регулювання за допомогою еубіотиків.....	121
<i>Контрольні питання.....</i>	<i>126</i>
<i>Використана література.....</i>	<i>126</i>
<b>РОЗДІЛ 8</b>	
<b>ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ.....</b>	<b>127</b>
<b>ЗРАЗКИ ТЕСТОВИХ ПИТАНЬ.....</b>	<b>130</b>
<b>КОРОТКИЙ ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК.....</b>	<b>133</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>137</b>

## ВСТУП

Біобезпека є однією з найважливіших складових екологічної та національної безпеки України. Нині в країні існує тенденція до посилення негативного впливу біологічних чинників на населення та довкілля, можливість виникнення загроз біологічного походження, пов'язаних з розвитком сучасних біотехнологій та появою синтетичної біології, проявами біотероризму, відсутністю чітко визначеної процедури провадження генетично-інженерної діяльності тощо.

Якісна відмінність біологічного виду забруднення від інших полягає у здатності його компонентів до розмноження, адаптації та передачі спадкової інформації в довкіллі, що надає характерові цього впливу таких рис, як мобільність і агресивність і робить його особливо небезпечним.

Реалізацію державної політики у сфері забезпечення біологічної безпеки планується здійснити шляхом створення та ефективного функціонування національної системи біологічної безпеки та біологічного захисту, яка передбачатиме прогнозування, профілактику, ідентифікацію та протидію існуючим загрозам біологічного походження, ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій в результаті впливу небезпечних біологічних чинників довкілля, можливих актів біотероризму. Розв'язання проблеми можливе шляхом: удосконалення єдиної національної системи виявлення біологічних загроз, що передбачає створення опорних Центрів у адміністративних одиницях України; удосконалення законодавства України, що регулює питання біологічної безпеки та біологічного захисту; удосконалення механізму державного регулювання, здійснення контролю і забезпечення координації взаємодії центральних органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, органів управління потенційно небезпечними об'єктами та суб'єктів господарювання, у власності або користуванні яких перебувають об'єкти підвищеного епідемічного ризику, удосконалення системи підготовки, перепідготовки фахівців з біологічної безпеки та біологічного захисту, розвитку нормативно-правової та методичної, науково-виробничої та матеріально-технічної бази інформаційного забезпечення заходів, зокрема підвищення рівня інформування населення, забезпечення створення умов для підготовки фахівців різних кваліфікацій, а також для впровадження органами виконавчої влади інструментів управління ризиками негативного впливу небезпечних біологічних чинників на біосферу та навколишнє природне середовище.

# РОЗДІЛ 1

## СИСТЕМА БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ: ПРЕДМЕТ, ПОНЯТТЯ, ПРИНЦИПИ, НАПРЯМКИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ

### 1.1. БІОБЕЗПЕКА ЯК НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Кожен організм у навколишньому середовищі зазнає одночасного впливу різних екологічних факторів. Екологічні фактори бувають біотичного (фактори живої природи – фітогенні, мікробогенні, зоогенні), абіотичного (фактори неживої природи – фізичні, хімічні) та антропогенного характеру.

З різних видів забруднень довкілля сферу проблем біологічної безпеки визначає біологічне забруднення, що відбувається через свідоме або випадкове вселення нових видів організмів.

Біологічна безпека як наука об'єднує теорію і практику захисту всього живого від небезпечних біотичних факторів і саме тому належить до природознавчих галузей медико-біологічних знань.

Як інженерна дисципліна, вона охоплює організаційні та інженерно-технічні заходи і засоби, які спрямовані на захист робочого персоналу, населення і навколишнього середовища від впливу патогенних біологічних агентів.

Тому біологічна безпека на сьогодні – це сфера знань, де фокусуються останні досягнення біології, генетики, епідеміології, мікробіології, імунології, біотехнології, екології та багатьох інших наук про життя.

*1.1. Біобезпека  
як навчальна  
дисципліна*

*1.2. Основні принципи  
державної системи  
біологічної безпеки*

*1.3. Основні напрямки  
формування  
та функціонування  
біологічної безпеки  
на рівні держави*

## 1.2. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Система біологічної безпеки держави повинна відповідати таким принципам.

**Принцип раціональності** – організаційна структура, сили і засоби системи повинні відповідати поставленим завданням, законодавству, економічним можливостям, політиці й міжнародним зобов'язанням.

**Принцип компетентності** – система повинна охоплювати всі види можливих біологічних загроз і надзвичайних ситуацій природного й техногенного характеру, а також актів біотероризму й біоагресії.

**Принцип оперативності і гнучкості** – система повинна бути постійно готовою до протидії біологічним загрозам, мати високий ступінь управління та швидкого реагування, можливість нарощування маневру силами та засобами адекватного масштабу, забезпечувати швидке й цілеспрямоване подання інформації та команд за вертикальним і горизонтальним напрямками управління.

**Принцип превентивності** – система повинна забезпечувати зниження вірогідності виникнення надзвичайних ситуацій за рахунок комплексу засобів упереджувального характеру.

**Принцип єдності** – система повинна гарантувати скоординовану діяльність міністерств, відомств і служб за програмами і планами, що забезпечать біологічну безпеку.

**Принцип відкритості** – система повинна бути відкритою для міжнародного співробітництва в питаннях укріплення біологічної безпеки та в боротьбі з біологічним тероризмом.

**Принцип наукової обґрунтованості** – прийняття будь-яких рішень з біологічної безпеки має відбуватися на основі новітніх наукових досягнень.

**Принцип відсутності віддалених негативних наслідків** – прийняття будь-яких рішень не повинне мати віддалені негативні наслідки для людини або інших живих компонентів навколишнього середовища.

## 1.3. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА РІВНІ ДЕРЖАВИ

Політика України в галузі біобезпеки є частиною державної політики в галузі охорони здоров'я та охорони довкілля з позицій концепції стійкого розвитку.

Загрози біологічного походження, які на сьогодні існують в Україні, можна поділити на ненавмисні та навмисні.



До ненавмисних загроз належать:

- інфекційні захворювання населення, неналежне утримання мікроорганізмів, поява особливо небезпечних інфекцій;
- інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин, поширення шкідників сільськогосподарських рослин;
- масові отруєння та захворювання, зумовлені чинниками, які негативно впливають на здоров'я (неповноцінні чи фальсифіковані продукти харчування, неякісні ліки тощо);
- природні та генетично модифіковані збудники інфекційних захворювань, насамперед, природно-осередкових, „виникаючих” і „знову виникаючих”;
- неконтрольоване транскордонне перенесення й інтродукція чужорідних видів, включаючи генетично модифіковані організми і корми, отримані на їх основі;
- відсутність чітких кодексів поведінки при генно-інженерній та біотехнологічній діяльності.

До навмисних загроз, або свідомого створення та використання біозагроз проти людей, тварин чи рослин, належать:

- створення та використання біологічних агентів як біологічної зброї з метою масового ураження солдат та мирного населення під час воєнних дій;
- ураження людей та психологічний тиск на населення.

Наявна в Україні система біологічного захисту не в змозі прогнозувати розвиток ситуації, яку характеризує санітарно-епідеміологічне й екологічне неблагополуччя.

Джерелами біологічної загрози також можна визначити:

- природні та генетично модифіковані збудники інфекційних захворювань, перш за все, природно-осередкових, „виникаючих” і „повторно виникаючих”;
- неконтрольоване транскордонне перенесення та інтродукція чужорідних видів, включаючи генетично модифіковані організми і корми, отримані на їх основі;
- неконтрольована генно-інженерна діяльність і генотерапія;
- використання біологічних агентів з метою проведення актів біотероризму.

Тому у 2004 році Президентом України була створена Міжвідомча комісія з питань біологічної та генетичної безпеки. 23 червня 2004 року Указом Президента України за № 672/2004 затверджене Положення про Міжвідомчу комісію з питань біологічної та генетичної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України, яке визначає, що вона (далі – Комісія) є робочим органом Ради національної безпеки і оборони України. У своїй діяльності Комісія керується Конституцією та законами України, актами Президента України і Кабінету Міністрів України та згаданим Положенням.

**Основними завданнями Комісії є:**

- аналіз стану національної безпеки України й можливих загроз для неї у сфері нових біотехнологій та генної інженерії;
- аналіз виконання завдань галузевих програм і виконання заходів, пов'язаних з реалізацією центральними органами виконавчої влади державної політики у сфері нових біотехнологій та генної інженерії;

- узагальнення міжнародного досвіду щодо формування та реалізації державної політики у сфері нових біотехнологій та генної інженерії;
- розроблення і внесення Президентом України та Раді національної безпеки і оборони України пропозицій щодо визначення національних інтересів України у сфері нових біотехнологій і генної інженерії та забезпечення біологічної й генетичної безпеки держави;
- вживання заходів, спрямованих на вдосконалення державної політики з питань біологічної й генетичної безпеки, унеможливлення проявів біотероризму; удосконалення системи правового забезпечення з питань біологічної та генетичної безпеки України;
- організація та визначення порядку міжвідомчої взаємодії міністерств, інших центральних органів виконавчої влади у сфері нових біотехнологій та генної інженерії;
- удосконалення системи оперативного інформаційно-аналітичного забезпечення Президента України, зокрема альтернативною інформацією, з питань біологічної та генетичної безпеки.

***Комісія для виконання покладених на неї завдань має право:***

- одержувати в установленому порядку безоплатно від центральних органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ й організацій статистичні дані, інформацію, довідкові та інші матеріали, необхідні для вирішення питань, що належать до її компетенції;
- використовувати державні електронні бази даних, системи зв'язку і комунікацій;
- аналізувати виконання галузевих і відомчих науково-технічних програм, проектів, планів, заходів у сфері нових біотехнологій та генної інженерії;
- створювати за потреби експертні групи, залучати в установленому порядку представників органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, наукових установ, незалежних експертів для розгляду питань, що належать до її компетенції;
- організувати проведення конференцій, семінарів, нарад з питань, вирішення яких належить до повноважень Комісії;
- брати участь у відповідних міжнародних заходах, у тому числі й за кордоном.

Раніше Комісія в основному опікувалася тільки комплексом проблем, пов'язаних з генетично модифікованими організмами (ГМО), потім тривалий час Комісія взагалі не працювала і продовжила роботу в новому складі, починаючи з вересня 2007 року.

З метою створення в країні ефективної системи біологічної безпеки, яка має стати невід'ємною частиною національної безпеки, Президент України у вересні 2007 р. підписав Указ, у якому первинна назва «Міжвідомча комісія з питань біологічної та генетичної безпеки» була змінена на «Комісія з біобезпеки і біологічного захисту». Вона трактує питання біобезпеки значно ширше, ніж тільки розгляд проблем, пов'язаних з ГМО, хоча останні залишаються в полі зору Комісії. Головою Комісії став академік НАН і АМН України С.В. Комісаренко.

31 травня 2007 року був прийнятий Закон України №1103-У «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів». Він регулює відносини між органами виконавчої влади, виробниками, продавцями (постачальниками), розробниками, дослідниками, науковцями та споживачами генетично модифікованих організмів та продукції, виробленої за технологіями, що передбачають їх розроблення, створення, випробування, дослідження, транспортування, імпорт, експорт, розміщення на ринку, вивільнення в навколишнє середовище та використання в Україні із забезпеченням біологічної й генетичної безпеки.

Закон містить визначення біологічної безпеки, яка є одним із складників генетичної безпеки, зокрема:

а) **біологічна безпека** – це стан середовища життєдіяльності людини, коли немає негативного впливу його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру і функції людської особи в сучасному й майбутніх поколіннях, а також незворотного негативного впливу на біологічні об'єкти природного середовища (біосферу) та сільськогосподарські рослини і тварин;

б) **генетична безпека** – це стан середовища життєдіяльності людини, коли немає будь-якого неприродного впливу на людський геном, на геном об'єктів біосфери, а також неконтрольованого впливу на геном сільськогосподарських рослин і тварин, промислових мікроорганізмів, який призводить до появи в них негативних та/або небажаних властивостей (Ст. 1).

Це перший законодавчий акт України, який повинен був забезпечити системний підхід до поводження з ГМО. Проте поспіхом внесений і прийнятий закон виявився досить загальним, і тому багато питань, які повинні бути врегульовані, залишилися поза ним. Крім того, було проігноровано його обов'язкове громадське обговорення, передбачене статтею 23 Картахенського протоколу, де йдеться про інформування громадськості та її участь у питанні, що стосується використання ГМО. Також варто зазначити, що у 2007-2009 роках його реалізація Урядом України не забезпечувалася, не приведені у відповідність із Законом чинні нормативно-правові акти Кабінету Міністрів України, а також не переглянуті і не скасовані нормативно-правові акти міністерств та інших центральних органів, що суперечать цьому Закону.

Як наслідок, в Україні на сьогодні немає дієвого державного контролю за введенням іноземними компаніями власних сортів рослин, у тому числі генетично модифікованих, що призвело до значних масштабів їх несанкціонованого поширення й використання. Генетично модифіковані сорти безперешкодно завоювали великою часткою аграрного ринку України, що загрожує поступовою втратою продовольчої, а також біологічної та генетичної безпеки країни.

***Розглянувши у 2009 році ситуацію у сфері біологічної безпеки України, Рада національної безпеки і оборони України ухвалила:***

1. Визнати стан біологічної безпеки таким, що не відповідає національним інтересам і вимогам національної безпеки України та не забезпечує ефективну протидію біологічним загрозам населенню, сільському господарству, довкіллю тощо.

2. Визначити серед пріоритетних завдань органів виконавчої влади здійснення системних заходів з ефективної організації систем біобезпеки держави, протидії проявам біотероризму, захист населення від безконтрольного та протиправного поширення генетично модифікованих організмів, збереження здорового та безпечного природного середовища.

У квітні 2009 року вийшов Указ Президента України про стан системи біологічної безпеки в нашій країні, у якому підкреслено:

1. Наявна в Україні система біологічного захисту не в змозі повною мірою забезпечити проведення протиепідемічних заходів при надзвичайних ситуаціях, у тому числі при протидії біологічному тероризму.

Виходом із ситуації, що склалася, є випереджальний розвиток біотехнологій. До початку 90-х років їх створення було однією з пріоритетних галузей України. Проте сьогодні ми втратили свої позиції в цій сфері, і її необхідно розвивати прискореними темпами.

2. У країні немає інтегрованих автоматизованих банків даних, що характеризують біологічні загрози і не дозволяють забезпечити ефективне планування комплексних заходів протидії таким загрозам. Це знижує ефективність державного управління та регулювання в галузі гарантування безпеки населення, інших об'єктів біосфери й техносфери в умовах наростання загроз біологічного характеру.

Отже, у разі невикористання програмно-цільового методу з високою ймовірністю прогнозованим є розвиток ситуації, яку характеризує:

- санітарно-епідеміологічне й екологічне неблагополуччя;
- втрати людського капіталу та валового внутрішнього продукту;
- неефективне використання коштів бюджетів різного рівня й суб'єктів господарювання для вирішення пріоритетних завдань щодо забезпечення біологічної безпеки;
- ускладнення виконання міжнародних зобов'язань через відсутність гармонізованих підходів до забезпечення біологічної безпеки;
- зниження інвестиційної привабливості країни та окремих її регіонів.

3. Недостатньо врегульовано питання поведження з генетично модифікованими організмами, державної підтримки генетично-інженерних досліджень та наукових і практичних розробок у галузі біологічної й генетичної безпеки, механізми безпечного практичного застосування генетично модифікованих організмів. Уряд, фактично, не координує роботу центральних органів виконавчої влади та інших органів виконавчої влади в галузі поведження з генетично модифікованими організмами та генетично-інженерної діяльності.

4. Незадовільними залишаються фінансування та матеріально-технічне забезпечення лабораторій, що працюють зі збудниками особливо небезпечних інфекційних хвороб та зберігають колекції таких збудників. Знижується рівень професійної підготовки персоналу, допускаються порушення вимог протиепідемічного режиму роботи та санітарних норм під час виробництва, зберігання, обігу та утилізування біологічних агентів.

5. Послаблений державний нагляд і контроль у сфері біологічної безпеки, зокрема під час зміни власника об'єктів підвищеної небезпеки, недосконала організація охорони патогенних мікроорганізмів і штамів небезпечних та особливо небезпечних інфекційних хвороб, які зберігаються в мікробіологічних лабораторіях, підвищують ризики несанкціонованих доступів та витоку патогенних мікроорганізмів у навколишнє середовище, що може спричинити масові інфекційні захворювання.

Подальший розвиток ситуації, що розглядається без використання програмно-цільового методу, і відсутність державних заходів щодо подолання сформованих негативних тенденцій призведе до зниження рівня національної безпеки.

У Статті 7 Закону України «Про основи національної безпеки України» визначено, що на сучасному етапі основними реальними та потенційними загрозами біологічній безпеці України, стабільності в екологічній сфері є:

1) значне антропогенне порушення й техногенна перевантаженість території України, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характерів;

2) нераціональне, виснажливе використання мінерально-сировинних природних ресурсів як невідновлюваних, так і відновлюваних;

3) неподоланність негативних соціальних та екологічних наслідків Чорнобильської катастрофи;

4) погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми транскордонних забруднень та зниження якості води;

5) загострення техногенного стану гідротехнічних споруд каскаду водосховищ на р. Дніпро;

6) неконтрольоване ввезення в Україну екологічно небезпечних технологій, речовин, матеріалів і трансгенних рослин, збудників хвороб, небезпечних для людей, тварин, рослин й організмів, екологічно необґрунтоване використання генетично змінених рослин, організмів, речовин та похідних продуктів;

7) неефективність заходів щодо подолання негативних наслідків військової та іншої екологічно небезпечної діяльності;

8) небезпека техногенного, у тому числі ядерного та біологічного, тероризму;

9) посилення впливу шкідливих генетичних ефектів у популяціях живих організмів, зокрема генетично змінених організмів та біотехнологій;

10) застарілість та недостатня ефективність комплексів з утилізування токсичних й екологічно небезпечних відходів.

**У Законі України «Про стратегію національної політики на період до 2020 року» першочерговими завданнями для підвищення біологічної безпеки є:**

- забезпечення продовольчої безпеки;

- захист внутрішнього ринку від недоброякісного імпорту – постачання продукції, яка може завдавати шкоди національним виробникам, здоров'ю людей та навколишньому природному середовищу;

- створення національного центру сучасних (клітинних і генних) технологій;
- розроблення і впровадження ефективної системи боротьби з можливими проявами біотероризму;
- упровадження виробництва вітчизняних стратегічних медичних і ветеринарних препаратів для боротьби з найважливішими біологічними загрозами;
- забезпечення протягом першого етапу розроблення нормативно-правових актів з питань державного регулювання і контролю у сфері поводження з генетично модифікованими організмами та впровадження генетично-інженерної діяльності;
- удосконалення протягом першого етапу дозвільної системи у сфері поводження з генетично модифікованими організмами, у тому числі щодо їх транскордонних переміщень, та забезпечення координації генетично-інженерної діяльності.

Отже, **основи державної політики в галузі біологічної безпеки повинні містити:**

- створення державної системи біологічної та генетичної безпеки, що передбачає прогнозування, відвернення й ліквідацію біозагроз та їх наслідків;
- відповідність завдань державної системи біобезпеки потребам й економічним можливостям країни, пріоритетне забезпечення охорони життя і здоров'я людей на території України;
- визначення мети, основних принципів, пріоритетних напрямків, завдань і заходів у сфері біологічної безпеки особистості, суспільства й держави, а також механізмів та етапів реалізації державної політики;
- системні підходи до оцінки біологічних загроз і міжгалузевої взаємодії при їх профілактиці чи ліквідації;
- розроблення проектів законів, інших нормативно-правових актів, гармонізація їх з нормами міжнародного права, міжнародними угодами, стороною яких є Україна;
- зниження до мінімально прийнятного рівня ризику впливу небезпечних факторів на населення, виробничу й соціальну інфраструктуру та екологічні системи;
- оснащення сучасним обладнанням і методиками (у тому числі експрес-методами) контрольних і наглядових органів для індикації та контролю за вмістом токсичних матеріалів, патогенних мікроорганізмів й екопатогенів у довкіллі, продуктах харчування та лікарських засобах. пріоритетне забезпечення захищеності важливих хімічних, радіологічних і біологічних об'єктів виробничої та соціальної інфраструктури;
- розвиток фундаментальних і прикладних наук, технологій і техніки, інформаційних і прогнозно-аналітичних систем із забезпечення біологічної, зокрема генетичної, безпеки.

### Контрольні питання

1. Дайте визначення, що таке біологічна безпека. Що є об'єктом біобезпеки?
2. Яким принципам повинна відповідати система біологічної безпеки держави?
3. В чому відмінність біологічного виду забруднень від абіотичних?
4. Що ви розумієте під біологічною небезпекою?
5. Які біотичні чинники підвищують ризики виникнення надзвичайних ситуацій та створюють реальні загрози довіллю в Україні? Наведіть приклади.
6. Назвіть основні завдання Міжвідомчої комісії з питань біологічної та генетичної безпеки України та як вони виконуються?
7. Які висновки було зроблено в прийнятому Рішенні РНБО «Про біологічну безпеку України» від 27 лютого 2009 р.?
8. Назвіть першочергові завдання для підвищення біобезпеки в державі, які викладенні в Законі України «Про стратегію національної політики на період до 2020 р.»?

### Використана література, законодавчі та нормативно-правові документи

**Комісаренко С.В.** Про біологічні загрози і біозахист / С.В. Комісаренко Українське слово: інтернет-видання. – 2009 р. (<http://ukrslovo.org.ua/svit/bezpeka/sergij-komisarenko-pro-biologichni-zagrozy-i-biozachyst.html>).

**Сердюк А.М.** Біологічна безпека України / А.М. Сердюк // Матеріали Укр. екологічного конгресу «Пріоритети збалансованого розвитку України» Всеукраїнська екологічна ліга: Київ, стор. 193-198, 2008 р.

**Спирин.** Современная биология и биологическая безопасность / Человек № 5, 1998 г.

Закон України «Про Раду національної безпеки і оборони України»;

Указ Президента «Про деякі питання Міжвідомчої комісії з питань біо- та генетичної безпеки при РНБО України, вересень 2007 р.»;

Указ Президента України №220/2009 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 лютого 2009 року «Про біологічну безпеку України»;

Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про біологічну безпеку України» від 27 лютого 2009 р.;

Указ Президента України «Про стан біологічної безпеки в країні» – квітень 2009 р.;

Закон України «Про стратегію національної політики на період до 2020 року».

## РОЗДІЛ 2

# ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРИ КЛІТИН ПРОКАРІОТ І ЕУКАРІОТ ТА ПОЛОЖЕННЯ ВІРУСІВ У СИСТЕМІ ЖИВОГО

2. 1. Порівняльна характеристика особливостей структури клітин прокаріот та еукаріот

2. 2. Положення вірусів у системі живого

2.2.1. Особливості структури та функції вірусів

2.2.2. Репродукція вірусів

2.2.3. Поняття про бактеріофаги

### 2.1. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ КЛІТИН ПРОКАРІОТ ТА ЕУКАРІОТ

В даний час відповідно до біологічної класифікації все живе на Землі поділяють на 2 імперії: клітинні та неклітинні форми життя. Неклітинні форми життя представлені вірусами, яких вітчизняний вірусолог, академік Жданов В.М. (1970) запропонував об'єднати в царство *Vira*, тобто Вірусів.

За пропозицією вітчизняного вченого, академіка Вірменської ССР Армена Левонтовича Тахтаджана, ботаніка і систематика (1972), клітинну форму життя згрупувати в 4 царства, об'єднаних у 2 надцарства – надцарство прокаріот і надцарство еукаріот. Надцарство прокаріот включає одне царство Дробянки, або Монери із зарубіжної класифікації. Дробянки підрозділяють на підцарство бактерій і підцарство ціанобактерій (ціаном, або синьо-зелені «водорості» за старою назвою).

Серед надцарства еукаріотів виділяють 3 царства: рослини, гриби, тварини. Царство рослин ділять на 3 підцарства: багрянки (червоні «водорості» за старою номенклатурою); справжні водорості, вищі рослини. Царство грибів ділять на 2 підцарства: нижчих і вищих грибів. Царство тварин, найчисельніше із еукаріот, включає в себе понад 2-х млн. видів. Їх поєднують у 2 підцарства – одноклітинні тварини та багатоклітинні тварини

Усі живі організми з дуже простою біологічною організацією в порівнянні з рослинами і тваринами відносяться до царства протистів. В цій класифікації основною одиницею є *вид*. Організми одного виду характеризуються високою ступіню близькості морфологічних і біохімічних властивостей,



в той же час істотно відрізняються по цим властивостям від організмів близьких видів. Біологічний вид позначається двома латинськими словами, перше – починається з прописної букви і означає *рід* організму, а друге – *вид*. Наприклад, кишкова паличка, яка виявлена в кишковому людині, називається *Escherichia* (назва роду) *coli* (назва виду).

Клітини прокаріотів характеризує проста будова: вони не мають ядра і багатьох органел (мітохондрій, пластид, ендоплазматичної сітки, комплексу Гольджі, лізосом, клітинного центру) та відсутність системи внутрішньоклітинних мембран.

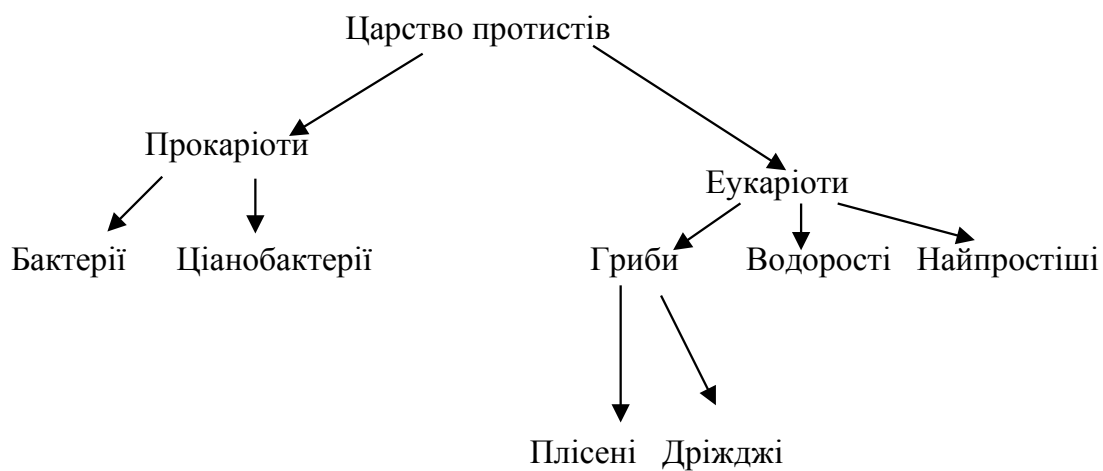


Схема 2.1. Класифікація організмів царства протистів

Лише в деяких бактерій, мешканців водойм або капілярів ґрунту, заповнених водою, є особливі газові вакуолі. Змінюючи об'єм газів у цих вакуолях, бактерії можуть пересуватися у водному середовищі з мінімальними витратами енергії.

На рис. 2.1. схематично зображено внутрішню структуру прокаріот.

У цитоплазмі прокаріотів містяться рибосоми та різноманітні включення. Плазматична мембрана може утворювати гладенькі або складчасті заглиблення в цитоплазмі. На складчастих мембранних можуть розташовуватися ферменти, рибосоми, а на гладеньких – фотосинтезуючі рибосоми, дрібніші, ніж у еукаріотів. До складу поверхнього апарату клітин прокаріотів входять пігменти. У клітинах деяких бактерій (наприклад, пурпурних) фотосинтезуючі пігменти можуть міститися в кулястих замкнених структурах, утворених випинаннями плазматичної мембрани. Їх називають хроматофорами (від грец. хрома – фарба та форос – той, що несе).

Замість ядра в клітинах прокаріотів є одна чи кілька ядерних зон зі спадковим матеріалом. На відміну від ядра еукаріотів, ядерні зони прокаріотів мембранами від цитоплазми не відокремлені. Спадковий матеріал прокаріотів представлений кільцевою молекулою ДНК, прикріпленою в певному місці до внутрішньої поверхні плазма-

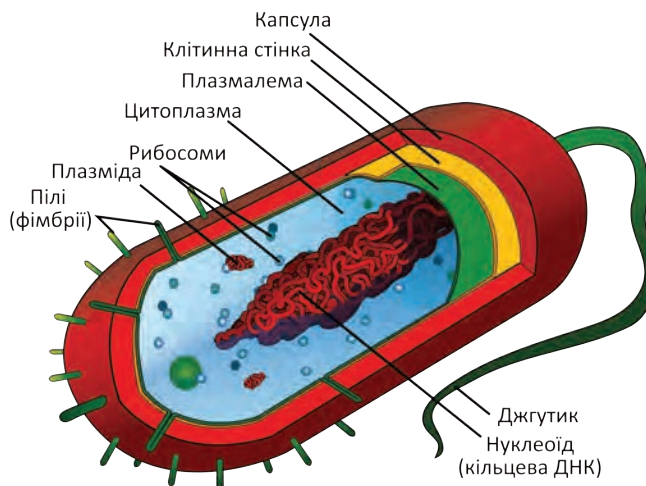


Рис. 2.1. Схематичне зображення внутрішньої структури прокаріоту  
[Векірчик К. М., 2001]

тичної мембрани. Отже, типових хромосом, які в клітинах еукаріотів розташовані в ядрі, у прокаріотів немає.

У цитоплазмі бактерій знайдено також невеликі позахромосомні кільцеві молекули ДНК. При діленні бактерії вони копіюються і потрапляють у дочірні клітини. Ці структури називаються **бактеріальними плазмідами**. Найбільші плазміди включають до 100 генів. Деякі плазміди здатні переноситися в бактерії, які не мають плазмід. Перенесення плазмід контролюють 20 генів. Із клітини-донора в клітину-реципієнт переноситься одна з ланцюгів молекули ДНК плазмід, яка зразу добудовується й перетворюється на дволанцюгову структуру, а потім замикається в кільце.

Більшість прокаріотів – одноклітинні організми, серед них є і колоніальні форми. Скупчення клітин прокаріотів можуть мати вигляд ниток, грон тощо. Іноді вони оточені спільною слизовою оболонкою – капсулою. При цьому контакти між сусідніми клітинами, що мають вигляд мікроскопічних каналців, заповнених цитоплазмою, відомі лише для деяких колоніальних ціанобактерій. Форма клітин прокаріотів різноманітна: куляста (коки), паличкоподібна (бацили), у вигляді вигнутої (вібріони) або спірально закрученої (спірили) палички тощо

Прокаріоти розмножуються нестатевим способом – поділом навпіл. Перед поділом клітина збільшується в розмірах, її спадковий матеріал (молекула ДНК) подвоюється. Отже, кожна з дочірніх клітин, які утворилися внаслідок поділу материнської, отримує подібну спадкову інформацію. У прокаріотів спостерігається і статевий процес – кон'югація. Під час кон'югації дві клітини обмінюються спадковою інформацією (у вигляді фрагментів молекули ДНК) через цитоплазматичний місток, що на певний час утворився між ними.

**Еукаріоти** (від грец. eu – добре, повністю, karyon – ядро) – це організми, клітини яких мають оформлені ядра (ядерні).

До еукаріот належать усі вищі тварини і рослини, а також одноклітинні й багатоклітинні водорості, гриби та найпростіші.

Клітина еукаріот складається з плазматичної мембрани, цитоплазми з різноманітними органоїдами та ядра (рис. 2.2). Рослинні клітини мають ще вакуолі, добре сформовану целюлозну оболонку й різного типу пластиди.

**Диференціація протоплазми на ядро і цитоплазму, що виникла під час еволюції, уможливила мутагенну мінливість і програмування ядром синтетичних процесів у цитоплазмі.**

Після виникнення мітотичного ділення така диференціація зумовила також і закономірний розподіл генетичної інформації в ряду поколінь клітин.

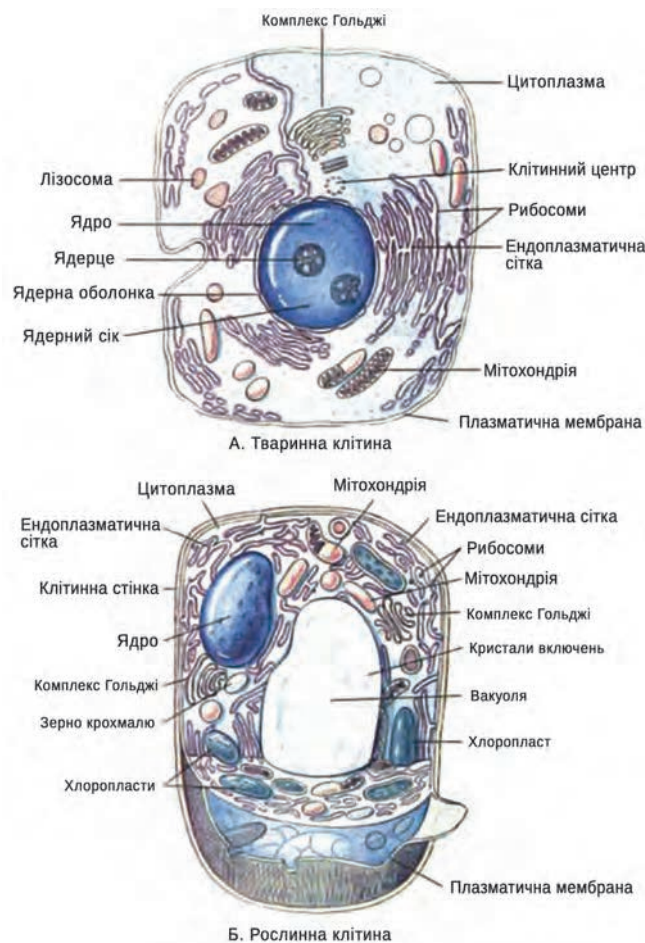


Рис. 2.2. Схема будови клітини еукаріот

Іншими словами, **виникнення ядра і його взаємодія з цитоплазмою – один з найважливіших моментів біологічної еволюції**. Шляхом реалізації укладеної в генах спадкової інформації ядро управляє білковим синтезом, фізіологіч-

ними й морфологічними процесами в клітині. Нормальна життєдіяльність клітини можлива тільки за умови регульованого транспорту іонів і молекул між клітиною й середовищем.

**Біологічні мембрани** (від лат. membrana – оболонка) – система динамічних спеціалізованих структур, які забезпечують компартменталізацію клітин й окремих органел, створюють умови для нормального перебігу метаболічних процесів. Клітинна мембрана володіє селективною проникливістю щодо різних компонентів і частин клітини, що її складають, і таким чином регулює транспортні процеси. Крім того, мембрани забезпечують специфічну рецепцію на поверхні клітин, міжклітинні контакти, передавання нервових імпульсів, перебіг енергетичних процесів.

**Білки біологічних мембран** – це переважно ферменти; білки іонних каналів та інших систем мембранного транспорту; рецепторні білки, що зв'язують зовнішні ліганди та беруть участь у трансформації хімічного сигналу в біологічну реакцію клітини.

**Цитоплазма** (від грецької kytos – вмістилище, тут – клітина, і plasma – оформлене), або **матрикс** (від латинської mater – основа, буквальный переклад – мати), або **гіалоплазма** (від грецької hyalos – скло і плазма) являє собою напіврідке внутрішнє середовище клітини, багатофазну колоїдну субстанцію, що об'єднує в єдину систему всі клітинні структури й забезпечує їхню взаємодію в обміні речовин. Її склад визначає буферні й осмотичні властивості клітини. У цитоплазмі відбуваються всі процеси клітинного метаболізму (крім синтезу нуклеїнових кислот, який відбувається у ядрі).

#### **Будова клітинного ядра еукаріот**

Схема будови ядра клітин еукаріот представлена на рис. 2.3. Діаметр ядра клітини тварини дорівнює ~5 мкм, а об'єм ~65 мкм<sup>3</sup>. За винятком того періоду, коли клітина ділиться, ядро щільно і майже рівномірно заповнене ДНК.

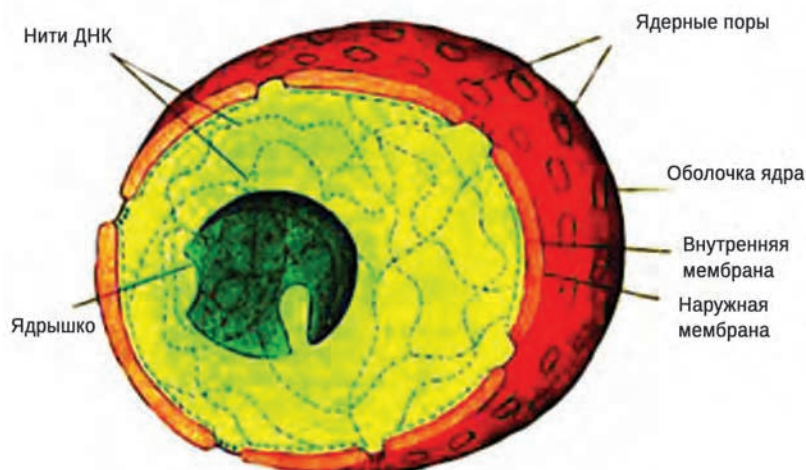


Рис. 2.3. Схема будови клітинного ядра еукаріот

ДНК в еукариотів розміщена у ядрі і поза фазами клітинного поділу входить до складу аморфного нуклеопротейнового утворення – ядерного хроматину.

**Хроматин** – це комплекс ДНК з гістонами (білки з лужними властивостями) та негістонними білками. Утворення хроматину є способом компактизації ДНК. Хроматин є основою структури хромосом. По суті, хроматин – це деспіралізовані хромосоми, які перебувають в активному стані при синтезі і-РНК (інформаційних РНК) і т-РНК (транспортних РНК).

**Хромосома** – це органоїд клітинного ядра. Сукупність хромосом визначає спадкові властивості клітин і всього організму в цілому.

Хромосоми стають видимими в оптичному мікроскопі у вигляді чітких структур тільки після того, як вони (перебуваючи в деспіралізованому стані) починають спіралізуватися й ущільнюватися. У такому стані хромосоми неактивні.

Більшість клітин кожного виду має постійний подвійний (диплоїдний) набір хромосом або каріотип, утворений з двох одинарних (гаплоїдних) наборів, отриманих від матері та батька.

Клітинне ядро містить одне або декілька щільних ядерць. Ядерця – це місця синтезу й тимчасового накопичення рибосомної РНК (10-20% від загальної кількості), які у великих кількостях використовуються для збору хромосом.

**Ядерна оболонка** складається з двох мембран, розділених шаром у декілька десятків нанометрів; оболонка оточує ядро та відділяє перинуклеарний (навколоядерний) простір. У ядерних мембранах є пори діаметром 40-100 нм, по яких з ядра в цитоплазму виходять усі види РНК (інформаційні, транспортні й рибосомальні) та інші речовини. РНК синтезуються комплементарно на інформаційних ділянках ДНК.

*Функції ядра еукариот та нуклеоїда прокариот:*

- зберігає спадкову інформацію й забезпечує її передавання від материнської клітини дочірнім;
- керує процесами життєдіяльності клітини, зокрема регулює процеси біосинтезу білків;
- регулює біохімічні, фізіологічні й морфологічні процеси в клітині.

**Мітохондрія** (від грецької *mitos* – нитка і *chondrion* – зернятко, крупинка) – органоїд еукариотної клітини. Це «енергетичні станції» клітини. Під час дихання в них відбувається остаточне окиснення речовин киснем повітря. Енергія, що виділяється, нагромаджується в молекулах АТФ, синтез яких проходить у цих структурах.

Усередині мітохондрії заповнені матриксом, у якому знаходяться кільцева молекула ДНК, РНК, рибосоми.

Кількість мітохондрій у клітинах різна, з ростом клітин чисельність їх збільшується внаслідок поділу. Мітохондрії беруть активну участь у детоксикації шкідливих речовин, здійснюючи ферментативні реакції, під час яких токсин або продукти їх перетворення стають максимально розчинними в рідкій фазі внутрішнього середовища клітини. Унаслідок підвищення розчинності токсичних речовин прискорюється виведення їх з клітини (організму). Відкриття мітохондріальної ДНК показало, що цитоплазма, як і ядро, несе специфічну спадкову інформацію.

Порушення цієї інформації шкідливими чинниками може спричиняти виникнення раку, різновидність якого залежить від того, чи відбулося порушення обміну речовин у мітохондріях, чи відбулася цитоплазматична мутація або інші зміни. ДНК мітохондрій (як і ДНК прокариот) більш «оголена» ніж ядерна ДНК еукаріот. Остання, на відміну від мітохондріальної ДНК (і ДНК прокариот), як правило, захищена білками. Тривалість «життя» мітохондрій невелика. Наприклад, для клітин печінки вона становить близько 20 діб.

**Пластиди** характерні тільки для рослинних клітин. Існують три види пластид: хлоропласти, лейкопласти і хромопласти.

**Хлоропласти** – напівавтономні двомембранні органели подовгастої форми, зеленого кольору. Внутрішня частина заповнена стромою, у якій занурені грани. Грани утворені з мембранних структур – тилакоїдів. У стромі є кільцева молекула ДНК, РНК, рибосоми. На мембранах розташовується фотосинтезуючий пігмент – хлорофіл. У хлоропластах відбувається фотосинтез. На мембрані тилакоїду відбуваються реакції світлової фази фотосинтезу, а в стромі – темної.

**Хромопласти** – двомембранні органели сферичної форми, що містять червоний, жовтогарячий і жовтий пігменти. Хромопласти утворюються з хлоропластів і надають забарвлення квіткам і плодам.

**Лейкопласти** – безбарвні пластиди в незабарвлених частинах рослини. Містять запасні поживні речовини, можуть на світлі перетворюватися у хлоропласти.

**Лізосома** (від грецької *lysis* – розкладання, розпад, розчинення і *soma* – тіло) – «тільце, що перетравлює». Вона є органіодом тих клітин тварин і грибів, що здійснюють внутрішньоклітинне травлення. Лізосома являє собою пухирець («мішечок») діаметром 0,2-0,8 мкм, оточений одношаровою мембраною. Його вміст і мембрана включають набір гідролітичних ферментів, що виявляють активність у слабоекислому середовищі. Утворення лізосом відбувається в апараті Гольджі.

Під дією низки шкідливих чинників, у тому числі токсичних речовин, у лізосомних мішечках утворюються «дірки», через які виходять ферменти і розщиплюють усі класи сполук – білки, жири і вуглеводи, що містяться у клітині. Навіть мізерні ушкодження лізосом ведуть клітину до загибелі, оскільки, хоча і повільно, але ферменти все ж таки потрапляють із лізосом до цитоплазми.

**Ендоплазматична мережа (ЕПМ), або ендоплазматичний ретикулум** (ендо від грецької *endon* – усередині).

Ендоплазматична мережа знаходиться в цитоплазмі і являє собою розгалужену мережу вакуоль і каналів, які сполучаються між собою й обмежені одношаровою мембраною (товщиною 5-7 нм), яка може безпосередньо переходити в зовнішній прошарок мембрани ядра. ЕПМ забезпечує комунікації між окремими внутрішньоклітинними структурами і транспорт речовин із зовнішнього середовища в цитоплазму. Токсичні й канцерогенні речовини ушкоджують ендоплазматичну мережу, і це призводить до вакуольної дегенерації. Розрізняють гладеньку і гранулярну ЕПМ. На гладенькій проходить синтез ліпідів, вуглеводів; на гранулярній розташовуються рибосоми і синтезується білок.

**Рибосома, або гранула Паладе** – один з компонентів ендоплазматичної мережі, який має форму сферичної гранули діаметром у середньому 20 нм.

Функція рибосом – здійснення синтезу білків.

В еукаріотних клітинах утворення рибосом відбувається в ядерці. Потім вони відразу виходять з нього в ядро, а далі – у цитоплазму. Тому в самому ядрі немає цілком сформованих рибосом.

Кількість рибосом у різноманітних клітин різна. Наприклад, у бактеріальній клітині вона дорівнює 104-105.

У еукаріотній клітині рибосоми пов'язані із зовнішньою поверхнею мембран гранулярної ендоплазматичної мережі. Вони синтезують білки, які потім через комплекс Гольджі покидають клітину. Існують дрібні рибосоми, які знаходяться в мітохондріях і хлоропластах, які постачають білки тільки для своїх потреб.

Загальний принцип будови про- і еукаріот дозволяє виявити схожість усіх клітинних форм життя, дати їм оцінку в еволюції органічного світу.

Єдине, у чому еукаріоти поступаються прокариотам, так це – у швидкості клітинних поділів. У бактерій відбувається так званий простий поділ, тоді як у еукаріотів це досить складний процес, викликаний наявністю значної кількості хромосом. Тому бактерія ділиться у середньому кожні 20 хвилин. За умови безперешкодного поділу, одна бактеріальна клітина у відповідних умовах спро-

Таблиця 2.1

**Характерні ознаки прокариотичних і еукаріотичних клітин**

Ознаки	Прокариоти	Еукаріоти
Плазматична мембрана	наявна	наявна
Цитоплазма	наявна	наявна
Ядро	відсутнє	наявне
Ендоплазматична сітка	відсутня	наявна
Апарат Гольджі	відсутній	наявний
Лізосоми	відсутні	наявні
Вакуолі	відсутні (виключення: газові вакуолі, або аеросоми у водних прокариот)	наявні
Поверхневий апарат	клітинна оболонка з муреїну і слизова капсула	клітинна оболонка з клітковини – у рослин і хітину – у грибів, глікокаліксу – у тварин
Фотосинтетичний апарат	Фотосинтетичні пігменти	пластиди у рослин і грибів, у тварин відсутні
Мітохондрії	відсутні	наявні
Клітинний центр	відсутній	є тільки у тварин і деяких рухливих водоростей
Джгутики	побудовані з однієї мікротрубочки	побудовані з мікротрубочок, розташованих за схемою 9 + 2
Поділ	простий	складний (непрямий)

можна протягом шести годин утворити 250 000 клітин, а протягом шести днів її потомство заповнило б Світовий океан. Стає зрозумілим, чому навіть незначна кількість патогенних бактерій через 2-3 дні після проникнення в організм спричинює смертельне захворювання. Проте, на щастя, бактерії не здатні постійно так швидко розмножуватися, оскільки збільшення їх кількості стримується дефіцитом їжі, відходами власного метаболізму, які отруюють бактерію, а також захисними силами організму. Про- і еукаріотичні організми відрізняються за типом організації геному, будовою гену та регуляцією гена. У прокариот відсутні інтрони, є оперонна організація гена, ДНК не пов'язана з білком та ін. Однак, не дивлячись на значні структурні та функціональні відмінності, вони мають спільні риси будови, що дозволяють віднести їх до єдиної філогенетично пов'язаної клітинної форми життя: по-перше, мембранний принцип будови; вони мають зовнішні і внутрішні плазматичні мембрани, що забезпечують компартменталізацію протоплазми; по-друге, в загальних рисах подібний потік енергії через цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса), а у фотосинтетиків – процес фотосинтезу; по-третє, єдиний принцип потоку інформації від нуклеїнових кислот до білка: ДНК – РНК – білок.

## 2.2. ПОЛОЖЕННЯ ВІРУСІВ У СИСТЕМІ ЖИВОГО

Віруси займають суміжне положення між живою та неживою матерією. До основних рис, що відрізняють їх від живих організмів, належать: відсутність клітинної будови; відсутність власної білок-синтезуючої системи; геном вірусів може бути представлений не тільки ДНК, але й РНК; деякі віруси можуть формувати всередині клітини кристали. Першовідкриття вірусів належить Д.І Івановському (1864–1920). У 1892 році він своїми оригінальними дослідженнями виділив патоген з тютюну, який індукував своєрідну мозаїку на листі тютюну.

### 2.2.1. Особливості структури та функції вірусів

**Віруси** – позаклітинні форми життя, які являють собою автономні генетичні системи, нездатні до самостійного існування поза організмом або клітиною хазяїна, тобто є облігантними внутрішньоклітинними паразитами. Навпаки, як і всі живі об'єкти, віруси здатні: до розмноження; успадковування ознак; генетичної і фенотипічної мінливості; адаптації до умов навколишнього середовища.

Зрілі вірусні частинки (віріони) складаються з нуклеїнової кислоти, поміщеної в білкову або ліпопротеїнову (білок у комплексі з ліпідами) оболонку. До складу вірусів входить один з двох видів нуклеїнових кислот – ДНК або РНК; ця ознака лежить в основі їх класифікації на ДНК-вмісні та РНК-вмісні. Також обидві групи поділяють на одноланцюгові дволанцюгові.

Білки кількісно переважають у вірусній частинці. Низькомолекулярні білки зв'язуються з нуклеїновою кислотою, утворюючи чохол – капсид. Багато вірусів



мають ще одну оболонку, розташовану зовні капсиду, – пеплос. Пеплос складається з високомолекулярних білків, організованих у вирости – пепломери, які слугують для розпізнавання клітин-мішеней. Крім білків, до складу пеплосу входять ліпіди та вуглеводи.

Білки капсиду та пеплосу виконують такі функції: стабілізують і захищають нуклеїнову кислоту; є ферментами, що беруть участь у відтворенні вірусної частинки; розпізнають відповідну клітину-мішень.

### 2.2.2. Репродукція вірусів

Існує певний порядок транскрипції вірусних іРНК, які потім транслюються з утворенням білка. Реплікація вірусного геному більшості РНК-вмісних вірусів відбувається в цитоплазмі, а більшості ДНК-вмісних вірусів – у ядрі. Життєві цикли вірусів можуть відрізнятися в різних видів, але відбуваються за загальною схемою.

Репродукція вірусів об'єднує декілька етапів:

- 1) розпізнавання клітини-мішені й прикріплення до неї;
- 2) проникнення в клітину;
- 3) збирання вірусних частинок;
- 4) вихід з клітини.

*Проникнення вірусу в клітину.*

Проникнення вірусу в клітину-хазяїна починається із взаємодії вірусної частинки з поверхнею клітини, на якій є особливі рецепторні ділянки. Оболонка вірусу має відповідні прикріпні білки, що «впізнають» ці ділянки. Саме цим забезпечується висока специфічність вірусів щодо клітин-хазяїв: часто віруси вражають лише певний тип клітин певного виду організмів. Якщо вірус прикріплюється не до рецепторних ділянок, а до інших місць поверхні клітини, то її зараження може і не відбутися. Отже, наявність рецепторних ділянок поверхні клітини визначає її чутливість до того або того виду вірусів. Прикріпні білки вірусних частинок у простих вірусів містяться в білковій оболонці, а у складних розташовані на поверхні додаткової мембрани у вигляді шипів, голок тощо.

У середину клітини-хазяїна вірус може проникнути різними шляхами. В одних випадках вірусні оболонки зливаються з клітинною мембраною (як у вірусу грипу), в інших – вірусна частинка потрапляє в клітину шляхом піноцитозу, після чого ферменти клітини-хазяїна розщеплюють її оболонку, звільняючи нуклеїнову кислоту (вірус поліомієліту тварин). У рослинні клітини віруси можуть проникати через пошкоджені ділянки клітинної стінки.

*Збирання вірусних частинок.*

Після проникнення вірусу в клітину-хазяїна його нуклеїнова кислота передає спадкову інформацію про вірусні білки в білоксинтезуючий апарат клітини.

У деяких вірусів вірусна частинка містить і-РНК, яка відразу сполучається з рибосомами хазяїна і спричинює синтез вірусних білків, у інших іРНК синтезується на РНК чи ДНК вірусу. Деякі РНК-вмісні віруси, наприклад ВІЛу (вірус

імунодефіциту людини, який призводить до смертельно небезпечної хвороби – СНІДу), у ядрі клітини здатні викликати синтез ДНК (явище зворотної реплікації), а остання, в свою чергу, синтезує вірусну іРНК. На рис.2.4. зображено життєвий цикл вірусу ВІЧ, який складається з наступних стадій:

- вірус прикріплюється до рецепторів на поверхні клітини;
- вірус проникає в середину клітини і "роздягається" – знімає з РНК білкову оболонку;
- на вірусній РНК за допомогою ферменту зворотної транскриптази (ревертази) синтезується копія ДНК. Ревертаза входить в склад вірусної частинки. Спочатку синтезується один ланцюг ДНК, потім РНК в цьому комплексі розпадається під дією РНКази, і синтезується другий ланцюг ДНК;
- ДНК-копія вірусного геному проникає в ядро клітини-хазяїна і вбудовується в геном клітини. Після цього вірус може там існувати декілька років, не проявляючи себе. Ця фаза називається латентною фазою;
- на встроєний в геном хазяїна вірусної ДНК відбувається транскрипція – синтезуються вірусні білки. Вони запускають процеси, необхідні для обробки РНК та перетворення її в форму, яка входить в склад вірусних частинок. Потім відбувається набір інфекційних частинок;
- нові вірусні частинки виходять з клітин.

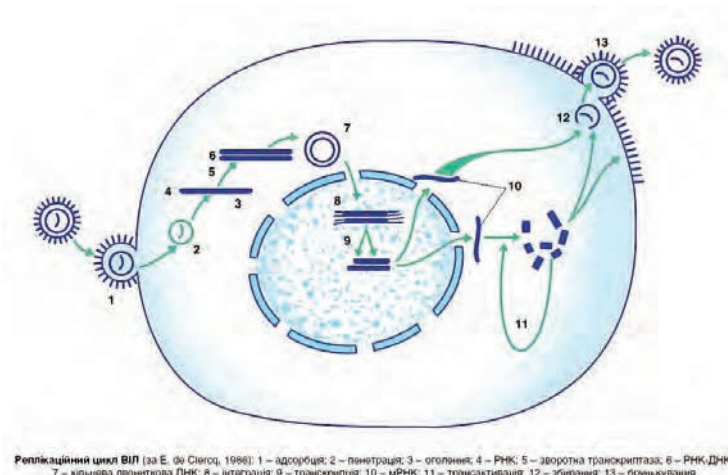


Рис. 2.4. Життєвий цикл вірусу ВІЧ

Особливим випадком є вбудова вірусної ДНК у ДНК клітини-хазяїна. При цьому не відбувається незалежного синтезу вірусних білків, а лише в комплексі з білками клітини. До таких вірусів належать деякі бактеріофаги та віруси, що призводять до певних ракових захворювань. Їхні білки не вбивають клітину, однак змінюють її властивості (наприклад, ракові клітини набувають здатності необмеженого росту та частих поділів тощо).

Далі віруси за допомогою продуктів власної життєдіяльності пригнічують синтез білків клітини-хазяїна, тобто трансляцію інформації з ДНК на іРНК клітини, і стимулюють синтез власних білків, використовуючи білоксинтезуючий апарат клітини-хазяїна та її енергетичні ресурси. Водночас молекули нуклеїнової кислоти вірусу подвоюються.

#### *Утворення віріонів і вихід з клітини*

Як тільки вірусні нуклеїнові кислоти і вірусні білки синтезовані в достатній кількості, починається збирання вірусів. Включення нуклеїнових кислот у вірусні капсиди у РНК-вмісних вірусів відбувається у цитоплазмі, а у ДНК-вмісних вірусів – у ядрі. Лізосоми клітини-хазяїна продукують ферменти гідролази, які розривають мембрану клітини-хазяїна, і віріони потрапляють у міжклітинне середовище або кров і заражають нові клітини.

Заражаючись вірусом, клітина активує спеціальні механізми противірусного захисту, відбувається перепрограмування клітини. Вона починає синтезувати сигнальні молекули – інтерферони, що активують системи імунітету. Пошкодження, спричинені розмноженням вірусу в клітині, виявляються системами внутрішнього клітинного контролю, і така клітина сама себе вбиває під час апоптозу, або програмованої клітинної смерті.

Деякі віруси можуть переходити в латентний (прихований) стан і активуватися лише за певних умов. При цьому вірус успадковується дочірніми клітинами і нерідко включається у клітинний геном. Якщо клітини потрапляють у несприятливе середовище, то вірус стає активним і починає розмножуватися. Вірус, що активно розмножується, не завжди вбиває клітину-хазяїна. Багато вірусів виходять із клітини шляхом відбрунькування від клітинної мембрани, набуваючи при цьому зовнішньої оболонки. У цьому випадку клітина може продовжувати жити і продукувати вірус.

*Життєві цикли вірусів можуть відрізнятися в різних видів, але відбуваються за загальною схемою. Можна виділити три стадії вірусної інфекції: адсорбція вірусу на клітинній мембрані і проникнення вірусу в клітину; експресія і реплікація вірусного геному; збирання вірусів та їх вихід із клітини.*

*Механізми проникнення вірусів у клітини людини, тварин, рослин, бактерій відрізняються своїми особливостями.*

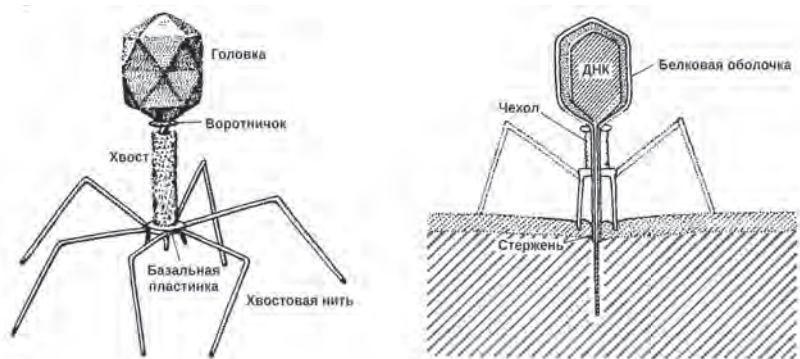
### **2.2.3. Поняття про бактеріофаги**

Бактеріофаги – це віруси, що мають здатність проникати в бактеріальні клітини, репродуктуватися в них і викликати їх лізис. Фаги широко поширені в природі – у воді, ґрунті, стічних водах, у кишечнику тварин, людини, птахів, у ракових пухлинах рослин.

Джерелом фагів патогенних мікробів є хворі люди і тварини, бактеріоносії. Виділяються з вмістом кишечника, сечею, вірус виявляли в мокроті, слині, гної, носовому секреті. Особливо велика кількість фагів виділяється в період одужання.

*Структура і морфологія фагів.*

Більшість фагів складається з головки, комірця і хвостового відростка, що закінчується базальною платівкою, до якої прикріплені фібрили. Схематичне зображення структури бактеріофагу подано на (рис. 2.4).



**Рис. 2.5. Схематичне зображення структури бактеріофагу (ліворуч) та механізму дії на клітину-хазяїна (праворуч)**

[Реннеберг Р., 1991]

Вміст головки – це ДНК (іноді РНК). Хвостовий відросток має циліндричний стрижень, оточений скорочувальним чохлом. В оболонку фагової частинки і відросток входить білок, що з поліамінів: спермін, путресцин, кислоторозчинний пептид. Фаги більш стійкі в зовнішньому середовищі, ніж бактерії. Витримують тиск до 6000 атм., стійкі до дії радіації. До 13 років не втрачають своїх літичних властивостей, перебуваючи в запаяних ампулах. Однак фаги швидко гинуть при кип'ятінні, дії кислот, УФ-променів.

Патогени вірусної природи завдають великої шкоди різним видам тварин, що вирощуються в агропромислових комплексах України. Велика кількість свиней у різних регіонах держави вражені парвовірусом, що викликає муміфікацію плоду, викиди, мертвонародженість. Проведений моніторинг вірусних інфекцій рослин і тварин АПК України дав змогу скласти карти патогенів та безвірусних зон, які дозволять легко орієнтуватися, де, наприклад, можна впроваджувати біотехнологію, а де – ні, тому що є зони з великим накопиченням вірусів у ґрунтах та в залишках рослин. При паратифі телят використовують гертнер-фаг, при захворюванні поросят – суйпестифер-фаг, при колібактеріозі – колі-фаг та інші.

Але дуже часто фаги ведуть себе недостатньо активно. Така нехарактерна поведінка вірусів-бактерій може бути пов'язана, наприклад, з різкими змінами екологічних факторів.

## РОЗДІЛ 3

# ЕКОЛОГІЧНЕ ТА ЕПІДЕМІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ

Мікроорганізми – це загальна назва досить дрібних організмів рослинного і тваринного походження, які видимі лише в мікроскопі. Вони є провідним чинником самоочищення навколишнього середовища. Для мікроорганізмів характерна низка особливостей:

- їх біомаса (а значить і поверхня контакту з навколишнім середовищем) перевищує на планеті сукупну масу рослин і тварин;

- жоден з відомих організмів не може зрівнятися з мікроорганізмами у швидкості відтворення біомаси (за 1 добу організм корови масою 500 кг синтезує в середньому 0,5 кг білків, а маса дріжджів у 500 кг – 50 т; у бактерій ця здатність ще вище, ніж у дріжджів);

- вони найбільш ефективно засвоюють енергію: КПД мікроорганізму становить 70-80%, тоді як КПД складного організму – тільки 0,0002- 0,05%;

- мікроорганізми легше видозмінюються і пристосовуються до умов середовища і в цьому – запорука «безсмертя» найпростіших й уразливість життя багатоклітинних організмів (особливо вищих);

- мікроорганізми здійснюють процеси, які недоступні вищим рослинам і тваринам: повертають біогенні елементи у великий біогеохімічний кругообіг, тобто додають їм властивість нескінченності (невичерпності запасів), яка є необхідною умовою існування життя на Землі. Тому мікроорганізми завжди можна знайти в повітрі, у ґрунті, у воді, велика кількість мікробів заселяють ротову порожнину, носоглотку, кишечник людини і тварин.

*3.1. Участь мікроорганізмів у колообігу речовин у природі*

*3.2. Екологічне та епідеміологічне значення мікрофлори ґрунту та поверхневих вод*

*3.3. Поняття про нанобактерії та інфекційні агенти: віроїди, пріони, мікоплазми*

### 3.1. УЧАСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ У КОЛООБІГУ РЕЧОВИН У ПРИРОДІ

Вивчення активності мікроорганізмів у природних умовах допомагає зрозуміти, як підтримується життя на Землі.

Адекватне функціонування глобальної екосистеми планети неможливе без колообігу необхідних для життя хімічних елементів – біогеохімічних циклів.

Еколого-фізіологічний напрям плідно розвивав у своїх працях один із засновників ґрунтової мікробіології, видатний російський учений С.М. Виноградський (1856-1953). Він увів мікроекологічний принцип у дослідження мікроорганізмів.

Докладне вивчення С.М. Виноградським морфології й живлення сіркобактерій, нітрифікуючих і залізобактерій сприяло відкриттю важливого біологічного процесу – хемосинтезу. Його дослідження показали, що мікроорганізми здійснюють велику геохімічну роботу, беручи участь у колообігу речовин у природі.

**Під колообігом речовин** розуміють цикл різних їх перетворень, завдяки яким запаси останніх у природі невичерпні.

Мікроорганізми за допомогою своїх ферментів розкладають різні складні органічні сполуки, що утворюються як відходи життєдіяльності організмів, або входять до складу відмерлих організмів, до простих, які повинні перетворитися на неорганічні речовини, вкрай необхідних для побудови рослинного та тваринного білків. Щодо цього особливо цінні такі якості мікроорганізмів, як метаболічна універсальність, високі швидкості здійснюваних перетворень і широке поширення в природі.

Головною рушійною силою колообігу вуглецю і кисню є фотосинтез, який забезпечує засвоєння сонячної енергії і таким шляхом відновлення CO<sub>2</sub>, бікарбонату і карбонату (окислених станів вуглецю), а також одночасного утворення молекулярного кисню з води. Отже, на суші і в океанах кожного року зв'язується біля 1,6x10<sup>10</sup> та 1,2x10<sup>10</sup> т вуглецю відповідно. На суші основний внесок у фотосинтетичну активність здійснюють зелені рослини, а в океані – практично лише одноклітинні водорості, які називаються фітопланктоном.

Отже, колообіг речовин у природі забезпечується мікроорганізмами ґрунту і водних систем.

Мікрофлора ґрунту є останньою ланкою колообігу речовин у природі, вона здатна мінералізувати будь-які органічні рештки (крім винайдених людиною органічних речовин – ксенобіотиків).

## 3.2. ЕКОЛОГІЧНЕ ТА ЕПІДЕМІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ МІКРОФЛОРИ ҐРУНТУ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

### **Характеристика та екологічна роль мікроорганізмів ґрунту**

Серед усіх об'єктів зовнішнього світу особливо багатий на мікроорганізми ґрунт, де вони знаходять найбільш сприятливі умови для своєї життєдіяльності: необхідні поживні речовини, достатню кількість вологи, захист від сонячного випромінення.

Ґрунт є середовищем існування більшості видів бактерій (як аеробних так і анаеробних), крім того тут зустрічаються гриби, актиноміцети, водорості, лишайники, найпростіші, черв'яки тощо. Мікроорганізми розповсюджені в різних прошарках ґрунту нерівномірно. Кількість бактерій тут залежить від особливостей ґрунту, а також від хімічних та фізичних факторів, які на нього впливають. Поверхня ґрунту зазвичай несприятлива для життя мікроорганізмів внаслідок дії сонячних променів та висушування. Найбільша кількість мікроорганізмів зустрічається на глибині 15-35 см (до 108 у одному грамі). Нижче їх кількість зменшується, на глибині 1,5-5 м зустрічаються поодинокі клітини. Так, в 1гр дерново-підзолистих ґрунтів налічується біля 500млн. бактерій; в черноземах- 2-3млрд. В 1 гр ґрунту, багатого органічними речовинами, число мікроорганізмів сягає декількох мільярдів і знаходиться в прямій залежності від вмісту гумусу.

Між живими організмами існують різні взаємовідношення – симбіоз, метабіоз, антагонізм.

У ґрунті широко представлені сапрофітні види, які розкладають органічні рештки рослинного і тваринного походження, зустрічаються види, які живуть у симбіозі з рослинами (бактерії ризосфери) тощо.

Мікроорганізми ґрунту відіграють велику роль у ґрунтоутворенні (сприяють гуміфікації органічних решток, фіксують атмосферний азот, руйнують мінерали гірських порід, перетворюючи їх на ґрунт).

Азот відноситься до необхідної і постійної складової живої матерії. Кількість азоту складає приблизно 4/5 складу повітря, але тварини і рослини не можуть засвоювати азот із повітря, а асимілюють тільки хімічно зв'язаний азот у формі аміачних солей, нітратів або сечовини. Для забезпечення постійного перетворення азоту із органічного в неорганічний якраз необхідна участь мікроорганізмів. З участю мікроорганізмів відбуваються процеси нітрифікації, денітрифікації та амоніфікації.

Гниття – це розклад азотовмісних сполук за допомогою мікроорганізмів. Процес гниття забезпечується анаеробами, аеробами, пліснявою тощо. Кінцеві продукти розпаду білків – аміак, сірководень, вуглекислий газ, водень частково поступають в повітря, а частково потрапляють в ґрунт. Аміак, сполучаючись з неорганічними солями ґрунту, утворює солі амонію, які в результаті процесу нітрифікації переходять в солі азотної кислоти.

Процес нітрифікації відбувається під дією бактерій *Nitrosomonas* і *Nitrobacter* і складається з двох фаз:

- окислення амонійних солей до солей азотистої кислоти;

- перетворення солей азотистої кислоти в солі азотної кислоти.

Завдяки діяльності цієї групи бактерій в ґрунті нагромаджуються запаси селітри, яку рослини використовують при синтезі рослинного білка. Тварини поїдають рослинні білки, а продукти їх розпаду використовують для синтезу власних білків.

Аміак можна виробляти хімічним синтезом в промисловості. Його суть в тому, що атмосферний азот при температурі +550°C і тиску в декілька сотень атмосфер зв'язується з воднем з утворенням аміаку, який потім в якості «азотного добрива» (солей амонію) вноситься в ґрунт. Хімічний спосіб отримання аміаку потребує колосальних енергетичних витрат, а енергія весь час дорожчає, тому весь час зростає ціна на мінеральні добрива.

Взагалі, завдяки мікроорганізмам із повітря використовується азот, який дає змогу синтезувати майже 100 млн. тонн аміаку проти 40 млн. тонн, отриманого промисловим способом при високих температурах і тиску.

Слід зауважити, що рослини засвоюють менше половини тієї кількості добрив, яку вносили в ґрунт. Більша частина їх вимивається з ґрунту дощовою водою і потім «перенасичує» озера і річки. Позитивний вплив на життєдіяльність мікроорганізмів в основному мають добрива, які використовуються в малих дозах і короткий час. Довгострокове використання мінеральних добрив, особливо у високих дозах, призводить до пригнічення розмноження ґрунтової мікрофлори.

Відомі процеси збагачення ґрунту азотом і утворенням азотних сполук за рахунок засвоєння його з повітря особливою групою азотфіксуючих бактерій – клубенькових бактерій. Клубенькові бактерії знаходяться на коренях бобових рослин (боби, горох, конюшина тощо) в особливих клубочках. Ці бактерії синтезують аміак при нормальній температурі і тиску.

Одночасно з процесами нітрифікації в ґрунті відбуваються процеси денітрифікації, при яких відбувається поступовий розпад селітри до аміака і газоподібного азоту. На щастя цей процес також обумовлений діяльністю деяких мікробів. Відомо два основних шляхи фіксації азоту мікроорганізмами:

- азот зв'язується бактеріями *Rhizobium* в симбіозі з бобовими рослинами;
- азот зв'язується в несимбіотичному процесі синьо-зеленими водоростями, а також деякими аеробними (*Azotobacter*) і анаеробними (*Clostridium pasteurianum*) бактеріями.

Наприклад, червона конюшина на 1га посіву продукує за допомогою своїх бактерій 100-150кг азотних «добрив».

Використання клубенькових бактерій демонструють переваги біологічних процесів синтезу азотних добрив: вони є енергозберігаючими, повністю зберігаються для рослин і не забруднюють водойми.

Аерація ґрунту гальмує розвиток денітрифікуючих бактерій звідси, зрозуміло, значення оранки ґрунту в сільському господарстві. Створюються умови для швидкого росту гетеротрофних організмів і факультативних аутотрофів. Метаболічна активність цих організмів в свою чергу сприяє підвищенню температури і кислотності ґрунту.

Після виснаження запасів кисню з'являються облигатні анаероби, що призводить до ще більшого підкислення ґрунту. В решті-решт цей швидкий ріст мікроорганізмів закінчується в результаті виснаження харчових речовин і утворен-



ням токсинів, багато клітин гине, виділяючи сполуки, які сприяють росту рослин. Залишкова відносно мала популяція мікроорганізмів складається із видів, які здатні розкласти стійкі речовини, що знаходяться в гумусі. Наприклад, бактерії роду *Bacillus* являються активними продуцентами великої кількості біологічно активних речовин: ауксини, цитокиніни, гібереліни, антибіотики тощо. Ці речовини відіграють велику роль в життєдіяльності рослин. Особливо позитивний біосинтетичний вплив бактерій спостерігається на початковій стадії вегетації, тому що молода рослина не може повністю забезпечити свої потреби в біологічно активних речовинах. Крім того, метаболіти мікроорганізмів сприяють посиленому «галуженню» коренів. В результаті збільшується активна поверхня, що призводить, у свою чергу, до більш повного засвоєння поживних речовин із субстрату, забезпечується перехід рослин із однієї фази росту до іншої.

Бактеріальні токсини, в свою чергу, ефективно пригнічують вплив фітопатогенів, створюючи рослинний імунітет. Наприклад, клітинна суспензія ризобактерій *Bac. subtilis* негативно впливає на процес галоутворення на коренях томатів у теплицях.

Необхідно відзначити надзвичайно важливу роль ґрунту в зберіганні та розповсюдженні патогенних мікроорганізмів, особливо спорових форм сибірської виразки, правця, газової гангрені та природно-очагових хвороб. Наприклад, збудник газової гангрені в споровій формі зберігається в ґрунті понад 12 років.

В Київському науково-дослідному інституті епідеміології, мікробіології і паразитології ще в 70-80-тих роках ХХ ст. вивчалися умови перебування збудника сибірської виразки в ґрунтах. Доведено, що в чорноземі звичайному при температурі 20-32°C та вологості 60% від повної вологоємності проростання спор відбувалося інтенсивно через 6-7 годин, потім спостерігали швидке розмноження збудника. В сірих підзолених ґрунтах тільки через 18-20 годин вдалося зареєструвати дуже в'яле проростання спор, яке дуже швидко закінчувалося. В звичайному піску проростання спор не виявлено. Цю обставину вчені пояснюють тим, що в природних умовах проживання збудник знаходиться не в ізолюваному стані, а у відповідних асоціаціях, де між окремими видами мікроорганізмів створюються не тільки симбіотичні, а також антагоністичні взаємовідношення.

Відомо, що стафілококи в ґрунті життєздатні від 10 до 75 днів. Стерилізуючий вплив на них справляють кореневі виділення люцерни та білої конюшини.

Забруднений мікроорганізмима ґрунтовий покрив сприяє розповсюдженню хвороб через сиру сільськогосподарську продукцію або при контакті людини з ґрунтом. Основна маса патогенних організмів не знаходить в ґрунті достатньо задовольняючих умов для існування і поступово відмирає. Але швидкість відмирання у різних видів мікроорганізмів різна. Обумовлено це властивостями ґрунтового покриву, які відрізняються запасами і формою органічних речовин, кислотністю, механічним станом, мікробним біоценозом, а також природою самого паразиту.

### **Самоочищення ґрунтів**

Адсорбуюча властивість ґрунту – один із факторів його очищення. Чим більша механічна роздробленість ґрунту, тим більше він адсорбує мікроорганізмів. По даним Є. Мішустіна і М. Перцовської, мул поглинає 100% бактеріальних клітин, а пісок – всього 2%.

Мікроорганізми, які попадають в різні прошарки ґрунту ніколи не зустрічаються ізольованими одного по відношенні до іншого, і знаходяться в складних біологічних взаємовідношеннях.

Ґрунтова мікрофлора в процесі самоочищення бере участь у розкладі пестицидів, включаючи їх в природні цикли елементів. Наприклад, ідентифікована велика кількість ґрунтових міксоміцетів і бактерій, які активно розкладають сім-триазини та хлорсульфурол, вивчена їх кінетика та стабільні продукти трансформації. Виявлені мікроміцети, у яких, в процесі адаптації до пестицидів, сформувалися додаткові специфічно активні ферменти оксигенази, які за відповідного співвідношення азоту, фосфору і вуглецю дозволили прискорити процес розкладу атразину, прометрину і симазину.

Ґрунтовий покрив забруднений патогенними мікроорганізмами є тимчасовим середовищем де відбувається механізм передачі інфекції від її джерела до здорового організму. Наприклад, незважаючи на те, що середовищем проживання для збудників правця та сибірської виразки слугують органи теплокровних тварин, не можна не враховувати можливості їх практично необмеженого строку перебування в ґрунтах, де безперервно відбувається життєдіяльність великої кількості мікроорганізмів, які вступають між собою як в симбіотичні, так і антагоністичні відношення. Доведено, що ведучу роль в самоочищенні ґрунту від патогенних бактерій відіграють багаточисленні і надзвичайно активні термофільні бактерії та актиноміцети.

**Актиноміцети** – група мікроорганізмів, які мають властивості як грибів, так і бактерій. Ці мікроорганізми часто використовуються при виробництві дуже важливих антибіотиків. Нині відомо понад 4 тис. антибіотиків. З них – тільки 60 знайшли практичне застосування в медицині; першим був пеніцилін, відкритий А. Флемінгом у 1929 році.

Хоча формально актиноміцети відносяться до бактерій, але за здатністю утворювати довгі, надзвичайно розгалужені гіфи, вони нагадують гриби. Актиноміцети, як і бактерії, здатні до зараження одними і тими ж самими вірусами і до вірусних захворювань.

Однак слід мати на увазі і той факт, що мікроорганізми ґрунту дуже чутливі до змін якості навколишнього середовища і є мішенню для важких металів і СПАР (сірковмісні поверхнево-активні речовини), які істотно змінюють життєві функції мікроорганізмів, руйнуючи тим самим одну з головних ланок системи самоочищення.

Зокрема, солі важких металів і СПАР:

- уповільнюють біохімічні реакції мікробіологічного розкладання і окислення нафтопродуктів і деяких канцерогенних речовин;
- пригнічують розвиток і активність бактерій-амоніфікаторів і денітрифікаторів;
- комбінована дія важких металів і СПАР призводить до посилення забруднення середовища патогенними бактеріями – СПАР стимулюють розвиток сальмонел і шигел, а важкі метали сприяють зростанню чисельності вільних або сапрофітних стадій існування патогенних бактерій, що потребують підвищеної кількості мікроелементів;

- рухомі форми Pb, Hg і Cd пригнічують (у 4-22 рази) ріст бактерій, які утворюють спори в мікроміцетів; такий ефект зберігається у бактерій до 30 діб, а у міксоміцетів – до 90 діб.

Необхідно зазначити, що переважна більшість промислово важливих мікроорганізмів була виділена із ґрунту.

Гігієна ґрунту і боротьба з його забрудненням відноситься до важливої складової загальної проблеми захисту середовища проживання людини.

### **Мікроорганізми та токсини синьо-зелених водоростей – основні біологічні забруднювачі природних водоймищ**

Вода відкритих водойм, так само як ґрунт, являє собою природне місце існування для різноманітних мікроорганізмів. У ґрунтових водах мікроорганізми зустрічаються рідше, оскільки вони проходять через ґрунтовий фільтр. Чисельність і склад мікроорганізмів у воді обумовлені фізико-хімічним станом (температура, опромінення сонячними променями, розчинність CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>, значення рН, солі і т. д.), вмістом поживних речовин, флорою і фауною, глибиною водойми, випуском стічних та промислових вод без очисних споруд та іншими факторами.

Живильні речовини, розчинені у воді, накопичуються на щільних частинках, в найдрібніших – у щілинах пористих матеріалів. Цим пояснюється придонна локалізація водних мікроорганізмів, а також їх розповсюдження біля берегів річок і озер.

Формування біоценозів водних мікробів відбувається в прибережній зоні і на дні водойм. Істотне значення при цьому мають інші мешканці водойм – планктон, що являє собою сукупність організмів, зважених у воді, а також найпростіші і бактеріофаги. Мікробні біоценози в проточній воді річок нестійкі. Вони швидко змінюються залежно від зміни складу води, викликаного випуском промислових і стічних вод, і під впливом багатьох інших факторів.

Кількість і склад мікроорганізмів, що зустрічаються в річках і озерах, залежать головним чином від надходження у водойми стічних та промислових вод. У порівняно чистих водоймах зустрічаються різноманітні сапрофіти, невимогливі до живильного субстрату. Вони надходять з ґрунту. До них відносяться *Azotobacter*, *Nitrobacter*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Spirillum* та ін. При надходженні в воду великої кількості органічних речовин у ній виявляються клостридії та інші анаероби, аеробні бактерії, вібріони, спірохети і т. д. У водоймах, багатих сірководнем, зустрічаються фотосинтезуючі бактерії.

У підземні води проникають ґрунтові мікроорганізми, чисельність яких залежить від глибини залягання водоносного шару, характеру ґрунту, сезону і погоди. Дощі, танення снігів сприяють вимиванню мікробів з ґрунту і збільшення їх кількості в ґрунтових водах. В результаті цього у водоймах непомірно розмножуються мікроорганізми. Зустрічається, що вони повністю використовують кисень, розчинний у воді, після чого велика кількість цих мікроорганізмів відмирає, а разом з бактеріями гинуть риба, раки і усі інші живі організми, які потребують кисень.

Як правило, в річках, що протікають поблизу або в межах населених пунктів, міститься значна кількість представників кишкової мікрофлори людини. Віддаляючись від населеного пункту концентрація кишкових бактерій у воді зни-

жується. Подібний розподіл мікроорганізмів у воді пов'язано з двома паралельними процесами, які в ній протікають, – забрудненням та самоочищенням.

Забруднення водойм патогенними, умовно – патогенними мікроорганізмами відбувається в результаті надходження в них стічних вод з прибережних населених пунктів, а також промислових вод, багатих органічними сполуками, джерелами поживних речовин для цих мікроорганізмів. Крім того, випуск стічних вод з плаваючих судів, прання білизни, купання коней, попадання у воду трупів гризунів, загиблих від інфекцій, також сприяють забрудненню водоймищ патогенними мікробами.

При забрудненні водойм стічними водами в них виявляються *E.coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Str. faecalis*, *Cl. perfringens*, а також спірили, вібріони, лептоспори та ін, деякі віруси людини (ентеровіруси та ін.) У мулі на дні річок добре розмножуються анаероби. Число мікроорганізмів в 1 мл такої води досягає кількох мільйонів.

Основним показником фекального забруднення води є кишкова паличка (*E. coli*) – постійний мешканець кишківника людини та тварини. Кишкові бактерії, що мешкають в кишечнику людини, так само як і патогенні ентеробактерії, не пристосовані до аутохтонному (самосамостійності, незалежному) існуванню. Вони зазвичай не розмножуються у воді і не можуть зберігатися там тривалий термін. Життєздатність одних (*Str. faecalis*) вимірюється днями, а інших (*Citrobacter*, *Enterobacter*) – тижнями і навіть місяцями. Ці показники використовуються для встановлення строків давності забруднення води фекаліями. За певними показниками проводять безпосереднє виділення з води підозрюваних патогенних бактерій.

Про ступінь мікробного обмінення води судять по мікробному числу-кількості всіх мікроорганізмів, виявлених у 1 мл води.

**Колі-титр** – найменший об'єм води, в якому виявляється *E.coli*. **Колі-індекс** вказує на кількість кишкових паличок в 1 л води. За існуючими нормативами для водопровідної води колі-титр не повинен бути менше 300, а колі-індекс не більше 3. Мікробне число не повинно перевищувати 100 бактеріальних клітин в 1 мл.

В процесі, який називається **евтрофікація**, надлишок поживних речовин у водоймах викликає надмірне розмноження водоростей.

### **Природна й антропогенна евтрофікації**

Евтрофікація полягає в збагаченні води біогенними елементами, особливо азотом і фосфором, внаслідок чого зростає первинна продукція органічних речовин (ОР) завдяки інтенсифікації фотосинтезу водоростей і вищих водяних рослин. Вміст біогенних речовин у водних екосистемах може збільшуватися внаслідок автохтонних процесів (природна евтрофікація) – розкладання ОР, азотфіксації й переходу у воду біогенних елементів, захованих у донних відкладах, і внаслідок надходження біогенних речовин ззовні, з алохтонних джерел (антропогенна евтрофікація) – вимивання з полів, надходження стічних вод тваринницьких комплексів, комунально-побутових і промислових стічних вод, що несуть значну кількість азоту й фосфору. Причиною прискореної евтрофікації може стати зарегулювання річкового стоку, коли велика кількість біогенних еле-

ментів вимивається із затоплених ґрунтів. За джерелами надходження біогенів можна виділити три типи антропогенної евтрофікації:

- урбогенну, що виникає внаслідок скидання неочищених від сполук фосфору й азоту міських стічних вод;

- агрогенну, причиною якої є вимивання ґрунтовими водами й дощовими змивами мінеральних добрив із сільськогосподарських угідь;

- зоогенну, забруднення водойм стоками тваринницьких ферм або багаторазовий водопій і купання великих черід худоби.

У ставкових рибних господарствах при великій щільності посадки риб евтрофікація може бути наслідком накопичення фосфорних і азотних сполук, що виділяються рибами. Крім того, у ставкових господарствах евтрофікацію створюють цілеспрямовано шляхом внесення мінеральних добрив для підвищення кількості планктону – основного корму риб.

Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів (фітомікробентос, нитчасті водорості), масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого кисню на заключному етапі вегетації -при масовому відмиранні водоростей і інших організмів.

Залежно від кількості біогенів, що надходять у водну екосистему, може прискорюватися перехід оліготрофних водойм у мезотрофні й евтрофні. Водорості й вищі водяні рослини при надходженні у водне середовище азоту й фосфору здатні накопичувати ці елементи в значній кількості. В цьому є одна з найважливіших особливостей біології водоростей, що служить основою механізму розвитку евтрофікації. В лентичних екосистемах евтрофікація призводить до масового розвитку водоростей. Між здатністю водоростей до накопичення біогенних елементів і їхніх потенційних можливостей до масового розвитку існує прямий корелятивний зв'язок. Тому зі зростанням вмісту цих елементів в екосистемі створюються сприятливі умови для масового розвитку фітопланктону, утворення первинної ОР й збагачення водного середовища киснем. Нарощування біомаси фітопланктону деякою мірою позитивно впливає на функціонування водних екосистем: підвищується кормова база для гідробіонтів наступних трофічних рівнів, чисельність і біомаса гетеротрофів. Але з часом, між нарощуванням біомаси фітопланктону, утворенням ОР і кількістю кисню, що витрачається на біологічну деструкцію й хімічне окиснення ОР, виникає дисбаланс. ОР утворюється більше, ніж можуть розкласти мікроорганізми; накопичується ОР, що забруднює водні маси; у той же час стимулюється подальше зростання біомаси фітопланктону, що ще більше поглиблює й прискорює процес евтрофікації.

В евтрофованих водоймах істотно змінюються фізико-хімічні властивості середовища: підвищується вміст біогенних і органічних речовин, знижується рівень насичення води киснем, у придонних шарах води з'являються анаеробні зони, зростає каламутність і зменшується прозорість води. Накопичення надмірної кількості ОР у донних мулових відкладах супроводжується утворенням метану, водню,  $H_2S$ , аміаку, які можуть виділятися у вигляді пухирців. При розчиненні у воді ці речовини надають їй неприємний запах і впливають на риб і безхребетних, особливо взимку, при наявності крижаного покриву, що сприяє виникненню нестачі кисню у воді й масовій загибелі риб.

У високоевтрофних водоймах для більшості водних тварин створюються несприятливі умови існування. Зменшується видове різноманіття промислових видів риб. У місцях концентрування й розкладання синьо-зелених водоростей масово гине риба внаслідок отруєння продуктами розпаду цих водоростей і дефіциту кисню, що викликається їхнім гниттям. Треба, однак, зауважити, що масштаби й швидкість розвитку евтрофікації не завжди визначаються тільки надходженням біогенних елементів. Цей процес залежить ще й від інтенсивності водообміну, глибини водойми, об'єму води й рівня кисневого насичення водних мас.

У глибоких водоймах з достатнім водообміном евтрофікація відбувається дуже повільно, тоді як у слабопроточних і неглибоких водоймах вона протікає прискорено. Антропогенна евтрофікація охоплює все більшу кількість водних об'єктів, розташованих на різних континентах Землі. Її наслідком є посилення «цвітіння» води або масовий розвиток нитчастих водоростей в озерах і водосховищах. Для попередження евтрофікації найважливішими заходами є обмеження забруднення водойм біогенними елементами шляхом очищення міських стічних вод, створення водоохоронних зон по берегах річок, озер і водосховищ. Перспективним напрямком зниження евтрофікації вод і захисту їх від забруднення може бути фітомеліорація, тобто культивування вищої водної рослинності в прибережних зонах для затримки біогенних елементів, що надходять із полів, тваринницьких ферм і населених пунктів.

#### ***«Цвітіння» води як гідробіологічний процес, зумовлений евтрофікацією***

Наявність сполук азоту і фосфору у воді стимулює розмноження водоростевих клітин, потенційні можливості яких до поділу надзвичайно високі. Так *Microcystis aeruginosa* протягом вегетаційного сезону може утворювати від однієї клітини до 10 нащадків. Тому збагачення води біогенними речовинами, особливо азотом і фосфором, викликає масовий розвиток водоростей. У високоевтрофних водоймах видове різноманіття флори збіднене. Переважають, зазвичай, кілька видів водоростей, що утворюють значну біомасу. У морях внаслідок масового розвитку водоростей спостерігаються так звані «червоні припливи». Причиною їхнього виникнення є водорості, що виділяють дуже небезпечні для риб і багатьох безхребетних токсичні речовини. У континентальних водоймах, особливо в малопроточних водосховищах, найбільше значення в розвитку фітопланктону до рівня «цвітіння» води мають синьо-зелені водорості, у першу чергу види родів *Microcystis*, *Arhanizomenon* і *Anabaena*. «Цвітінням» це явище називається тому, що внаслідок масового розвитку планктонних водоростей вода набуває забарвлення (синьо-зелене, зелене, червоне, буро-жовте) залежно від пігментації видів-збудників.

Розвиток синьо-зелених водоростей до рівня «цвітіння» лімітується вмістом фосфатів, швидкістю течії й каламутністю води. Цим пояснюється той факт, що в швидкоплинних і каламутних річках «цвітіння» води практично не буває. Екологічний механізм «цвітіння» води складний і обумовлений взаємодією природних і антропогенних факторів. Щодо останнього, то це зарегулювання річкового стоку, наприклад таких рівнинних рік, як Дніпро, Дністер тощо. Після заливання великих площ суші, у результаті переходу у воду біогенних речовин і утворення мілководних застійних зон, де вода інтенсивно прогривається й слабо перемішується, створюються найбільш сприятливі екологічні умови для масового розвитку синьо-зелених водоростей. У водосховищах, зокрема України, найчастіше розви-

ваються види *M. aeruginosa*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena* spp., причому перший вид домінує у водоростевих угрупованнях і часто утворює монокультуру з біомасою до 40 кг/м<sup>3</sup>. В процесі розвитку мікроцистис проходить кілька стадій – донну, планктонну, нейстонну, стадію сухих кірок і спор. Наявність останніх у циклі розвитку робить цей вид досить стійким до змін умов середовища.

Під час масового розвитку фітопланктону на поверхні водойм утворюються слизоподібні плівки, при злитті яких формуються «плями цвітіння». Разом з основною колонією мікроцистису в таких плівках зустрічаються значно менші скупчення інших видів водоростей (наприклад, афанізоменону), а також бактерії різних фізіологічних груп і віруси. Таким чином, «плями цвітіння» являють собою досить складні утворення (альго-бактеріальні), у яких протікають переважно деструкційні процеси розкладання біомаси. У період максимального накопичення «плям цвітіння» (липень-серпень) акваторія водосховища в штилевую погоду має вигляд мозаїки з «плям» і чистої води. У штормову погоду «плями» розбиваються, але з відновленням штилю швидко формуються знову. Вітри й течії розносять їх по всій акваторії. Залежно від напрямків вітру великі маси водоростей можуть скупчуватися біля берегів водойми. Тут виникають зони заморів, тому що в таких масах присутня велика кількість риби, що гине внаслідок засмічення зябер, кисневого дефіциту й отруєння токсинами водоростей. Найбільше водоростей наганняється в затоки й бухти, де маси настільки щільні, що навіть перешкоджають руху човнів. Рибу, винесену хвилями на береги, швидко скльовують птахи (чаплі, лелеки, баклани та інші), що прилітають масово до місць скупчення загиблої риби. Водорості, що залишаються після нагонів на узбережжях, висихають, перемішуються з піском і утворюють сухі кірки блакитного кольору. Більша частина «плям цвітіння» розкладається в місцях нагону з утворенням великої кількості продуктів розпаду (фенол, індол, скатол, поліпептиди й альготоксини), в основному токсичних. При розкладанні виділяються також пігменти – фікобіліни, фікоціаніни, тому вода здобуває густо-синій колір. Такі водні ділянки стають непридатними для життя багатьох гідробіонтів. Певна частина водоростевих плівок піддається лізису під впливом вірусів і супутніх бактерій, а також власних токсинів. Таке явище відбувається досить часто, і на місці «плями», що розпалася, залишається тільки тонка поверхнева плівка. При цьому також виділяються токсини. Деяка частина біомаси залишається в товщі води у вигляді бурих скупчень, що нагадують фекальні маси, з відповідним смородом, і, нарешті, тільки невелика частина продукуючої біомаси осідає на дно, де в «муловому розчині» на стику двох біотопів -водної маси й донного мулу (пелоконтуру) – утворює зимуючі колонії водоростей, вкриті шаром слизу. Цикл завершується протягом вересня-жовтня, і тоді місце синьо-зелених водоростей у біоценозах займають інші, більш холодолюбні водорості, зокрема діатомові. Відмирання водоростевої біомаси обумовлює різке погіршення якості води, показники якої наближаються до рівня а-мезосапробної, полісапробної і навіть гіперсапробної зони. Забруднення водойм внаслідок розкладання великих мас водоростей характеризується як біологічне самозабруднення. Період домінування синьо-зелених водоростей пов'язаний із пригніченням всіх інших компонентів фітопланктону внаслідок затемнення, перехоплення біогенних елементів і впливу токсичних виділень на інші планктонні види. Після Чорнобильської аварії встановлено, що *M. aeruginosa* є концентратором радіонуклідів з коефіцієнтом накопичення 104, тобто в 10 тисяч разів у порівнянні з концентрацією їх у воді.

**Токсини синьо-зелених водоростей.** До їх числа входять *анатоксин*, *ціано-бактерін*, *вільні радикали* й інші високо токсичні сполуки, які за дією є нервово-паралітичними, гепатотоксичними і дихальними отрутами.

Багато токсинів синьо-зелених водоростей за хімічною будовою і токсичним ефектом близькі до термічно стійкої отрути гриба блідої поганки, тобто мають протоплазматичну або гемолітичну дію.

Тимчасове вживання води чи риби з водойм, що "цвітуть" цими водоростями, призводить до алергії, кишково-шлункових захворювань, а тривале вживання – до гаффської хвороби, яка починається з враження нервової системи, печінки, нирок, м'язів, органів кровотворення, крововиливів у тканини й органи і закінчується станом, що нагадує параліч.

Розглянемо дію токсинів найбільш відомих продуктів "цвітіння" води у водоймах.

*Анабена.* Продукує анатоксин-А – антагоніст ацетилхоліну, а тому блокує передачу нервового імпульсу в нервово-м'язових клітинах.

Анатоксин-А характеризується як "чинник дуже швидкої смерті" (V-FDF) і за хімічною природою є поліпептидом.

*Афанізоменон:* продукує афанотоксин – суміш неосакситоксину (90%) і сакситоксину (10%). Блокує роботу іон-транспортної системи мембран нервових і м'язових клітин.

*Мікроцистіс.* Продукує поліпептидні токсини, одним із яких є мікроцистін – циклічний поліпептид, до складу якого входять α-тирозин, D-аланін, D-ізоглутамінова кислота, β-метил- і D-аспарагінова кислоти, α-метионін і N-метилдегідроаланін.

Під час інтенсивного "цвітіння" водойм токсична дія прижиттєвих токсинів афанізоменонона (*сакситоксин*), анабени (*анатоксин-А*) і інших синьо-зелених водоростей значно посилюється накладанням на них дії високо токсичних продуктів розкладання цих водоростей – *фенолів*, *альдегідів*, *сечовини*, *амінів* та їх похідних, до яких відносяться такі трупні отрути, як *кадаверин* і *путресцин*.

В основному токсини синьо-зелених водоростей відносяться до отрут паренхіматозної загальнотоксичної дії, яка призводить до глибокого порушення обмінних процесів у клітинах, органах і тканинах організму, зокрема, до порушення процесів дихання, окисного фосфорилування (у мітохондріях), а також до інактивації ферментів циклу Кребса.

Оскільки порушуються життєво важливі для клітин процеси, то вони вже не можуть накопичувати енергію у макроергічних зв'язках АТФ, що призводить до зміни енергетичного балансу усього організму і навіть до його загибелі.

За силою впливу на живі організми вказані токсини в декілька разів перевершують такі отрути, як кураре і бутулін.

Найбільш небезпечними для людини є: анатоксин-А, анатоксин – А (S), сакситоксин, неосакситоксин, мікроцистин і ін.

Крім того, леткі токсини синьо-зелених водоростей погіршують органолептичну якість води у водоймах, тобто надають їй різноманітні відтінки запахів. Якщо



людина відпочиває поблизу водойми, де «цвіте» мікроцистіс, то зазначені запахи можуть викликати в неї сильний головний біль.

Під час «цвітіння» води у водоймах поряд з продуктами розкладання синьо-зелених водоростей відбувається активний розвиток патогенних бактерій, що призводить до посилення загальної токсичності водного середовища та загострення епідеміологічної ситуації у водоймі. Присутність у середовищі деяких важких металів посилює токсичність ціанотоксинів. Наприклад, за наявності літію сакситоксин активно блокує провідність нервових волокон.

Отже, «цвітіння» води – це екосистемне явище, пов'язане, насамперед, з перетворенням лотичних (проточних) екосистем у лентичні (стоячі) екосистеми. Воно має глибокі коріння в еволюційній історії гідросфери.

### **Роль мікроорганізмів, водоростей та водних рослин у самоочищенні поверхневих вод**

#### **Самозабруднення й самоочищення водойм**

Під самозабрудненням розуміють погіршення якості води у водному об'єкті, що викликається надмірною продукцією органічних речовин (ОР). Найбільш часто це пов'язано з масовим розвитком фітопланктону до рівня «цвітіння» води. Самозабруднення обумовлене накопиченням самої біомаси водоростей і продуктів її деструкції. Розкладання біомаси в таких випадках призводить до потрапляння у воду великої кількості органічних і мінеральних, у тому числі токсичних, речовин, що істотно погіршують якість води по більшості показників. Серед токсичних речовин виявляються поліпептиди, феноли, індол, скатол, H<sub>2</sub>S і ін. На відміну від алохтонного надходження забруднень, таке явище одержало назву біологічного (вторинного) забруднення, або самозабруднення. Воно може відбуватися й внаслідок десорбції органічних і мінеральних речовин, накопичених у донних відкладеннях. Такі процеси більш інтенсивно протікають при дефіциті кисню й підкисленні водного середовища, в анаеробних умовах. У нормально функціонуючих водних екосистемах процеси продукування, засвоєння й деструкції автохтонних речовин за участю гідробіонтів протікають збалансовано. Завдяки цьому підтримується певний рівень якості води. Процес розкладання й виведення забруднюючих речовин із колообігу водного середовища внаслідок взаємодії механічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних чинників, одержав назву самоочищення вод.

Механічне самоочищення – це процеси перетирання, механічного здрібнювання окремих часток, фільтрації забруднених вод через піщані ґрунти. Фізичні процеси самоочищення включають осідання (седиментацію) забруднюючих речовин під дією сил тяжіння.

Хімічне й фізико-хімічне самоочищення пов'язане з утворенням комплексних сполук, реакціями між окремими речовинами, сорбцією зважених частинок мулом, глиною, піском та іншими донними відкладами, окисненням нестійких речовин розчиненим киснем (не біотичного походження).

Біологічне самоочищення поверхневих вод включає такі складові: біофільтрацію, мінералізацію ОР, фотосинтетичну аерацію – реаерацію, біоаккумуляцію й біодетоксикацію.

Біофільтрацію здійснюють організми-фільтратори, головним чином двостулкові молюски й планктонні ракоподібні. Пропускаючи через своє тіло велику кількість води й очищуючи її від зважених частинок, вони використовують органічні й деякі мінеральні речовини як корм, а залишок виводять у воду у вигляді слизових грудок, що осідають на дно. Завдяки цьому відбувається просвітління води й зменшується концентрація в ній забруднюючих речовин.

Біоаккумуляція. Гідробіонти здатні накопичувати в організмі забруднюючі речовини, що містяться у воді. При цьому їхній вміст в організмі (коефіцієнт накопичення – КН) може зростати порівняно із вмістом у воді в тисячі, десятки тисяч і більше разів. Таке явище одержало назву біоаккумуляції, або біоконцентрування (bios життя, accumulation – накопичення). Накопичення забруднюючих речовин у тілі гідробіонтів зростає при проходженні по трофічних ланцюгах – так званий ефект магніфікації. Завдяки біоаккумуляції поступово зменшується концентрація у водному середовищі як органічних, так і неорганічних забруднюючих речовин. Деякі з них можуть повертатися у воду після відмирання гідробіонтів, але значна їхня частина руйнується під впливом ферментативних систем або переходить у неактивну форму.

Руйнування й біоконцентрування токсичних речовин у водному середовищі під впливом життєдіяльності водних організмів характеризується як біологічна детоксикація. Мінералізація ОР пов'язана з життєдіяльністю гідробіонтів, у першу чергу бактерій. Це дозволяє визначати якість води за бактеріологічними показниками, наприклад по загальній чисельності бактеріопланктону, по кількості бактерій групи кишкової палички (БГКП, коли-титр і коли-індекс) і сапрофітів. При органічних забрудненнях чисельність бактерій у воді зростає. Зокрема, наявність у воді кишкової палички свідчить не тільки про антропогенне фекальне забруднення, але й про підвищений вміст ОР, що виникає внаслідок відмирання гідробіонтів, переважно фітопланктону й вищих водяних рослин.

Фотосинтетична аерація – це насичення води киснем, що виділяється рослинами в процесі фотосинтезу (на відміну від розчиненого кисню, що надходить у воду шляхом інвазії з атмосфери). Кисень, що утворюється, окислює розчинні ОР й підтримує кисневий режим забруднених вод (фотосинтетична реаерація). Цей процес знаходить широке застосування в системах очищення стічних вод у так званих біологічних ставках, де масово розвиваються хлорококові водорості. Реаерація сприяє відновленню газового режиму забруднених вод завдяки надходженню в них кисню біогенного походження.

Самоочищення води від бактерій залежить від багатьох фізичних, хімічних і біологічних факторів. До них відносять швидкість течії води. Проточні водойми, особливо річки з швидкою течією, очищаються значно швидше, ніж водойми зі стоячою водою. Цьому сприяють висока швидкість розведення, осідання на дно водойм мікробів, що знаходяться на поверхні частинок, прозорість (прозора вода більш проникна для сонячних променів). Крім того, відсутність у воді поживних речовин, необхідних для життєдіяльності і розмноження багатьох патогенних бактерій, робить її непридатною для їх проживання.

Вплив біологічних факторів проявляється головним чином в антагоністичній дії постійних мешканців водойм (сапрофітні мікроорганізми, планктон, водорості, найпростіші) на умовно- патогенні і патогенні мікроорганізми та в лізисі бактерій

фагами. Незважаючи на процеси самоочищення водою від умовно – патогенних і патогенних мікроорганізмів, останні можуть стати причиною виникнення водних епідемій, гострих кишкових інфекцій: сальмонеллезов, дизентерії, холери. Вони виникають при аваріях каналізаційної системи і надходженні стічних вод у відкриті водойми, особливо у водопровідну мережу. Через воду можуть передаватися лептоспірозна інфекція, туляремія і деякі інші захворювання.

Усі біологічні фактори самоочищення водного середовища від патогенних мікроорганізмів можна поділити на 3 групи:

- антибіотичні (антибіотичні речовини фітопланктону, макрофітів, зоогідробіонтів, мікробів-антагоністів);
- паразитичні (лізуюча дія бактеріофагів);
- бактеріотрофні (бактеріотрофна активність Protozoa і Metazoa).

Вживання патогенної мікрофлори у навколишньому середовищі може, у відповідній ступені, залежати від біологічних властивостей самих мікроорганізмів, які еволюційно пристосувалися до неблагоннадійного впливу факторів навколишнього середовища. На перше місце серед них треба поставити умови утворення і часу збереження в навколишньому середовищі спорових форм мікроорганізмів, які в ґрунті (а відповідно, і небезпечність їх потрапити у воду у вигляді фільтруючих форм) обчислюються десятками років.

Один із найсильніших факторів мінливості бактерій у водному середовищі вважаються бактеріофаги. Неочищена стічна рідина вміщує бактеріофаги-антагоністи більшості кишкових паличок до яких тільки деякі їх штами резистентні. Так, при дії холерного бактеріофагу на холерний вібріон дуже легко отримати стійкі варіанти мікробів зі зміненими культуральними та серологічними властивостями (гемолізуючі і неаглютинуючі вібріони) і тим довести можливість утворення холероподібних вібріонів із холерних.

Останнім часом все більше виявляється етіологічна роль холерних вібріонів біотипу Ель-Тор, які витіснили і зайняли місце класичних холерних вібріонів у деяких географічних зонах.

Відповідну роль у збереженні патогенних бактерій у воді відіграють хребетні і безхребетні гідробіонти. Наприклад, риби можуть стати носіями патогенної для людини і тварин мікрофлори. Морські молюски і ракоподібні теж можуть бути інфіковані різними видами патогенних бактерій (сальмонели, шигели, стафілококи) в результаті скиду в моря господарчо-побутових стічних вод. Устриці можуть переносити віруси поліомієліту і виконувати захисний фактор, що сприяє більш тривалому виживанню ентеровірусів у морській воді. Тому, використання деяких молюсків у сирому вигляді, може призвести у відповідних умовах до епідемічної небезпеки.

Велика мінливість вірусів водних рослин, риб, бактерій під впливом факторів довкілля здатні породжувати нові варіанти вірусних патогенів, які можуть викликати хвороби та епідемії у людей та інших організмів.

У процесі історичного розвитку усі гідробіонти еволюційно пристосувалися до існування у водоймах різної ступені сапробності. В період виникнення великих підприємств хімічної, нафтохімічної промисловості, інтенсивної хімізації сільського господарства та створення великих аграрно-промислових комплексів у водойми

стали поступати або скидатися стічні води різного складу, часто із токсичною активністю. Все це призвело до виникнення нових закономірностей, які формують відповідний вплив на усі біологічні процеси і, в першу чергу, на процеси самоочищення водойм. Наприклад, група солей важких металів має здатність утворювати альбумінати при взаємодії з білками, які володіють ясно вираженою токсичністю по відношенню до гідробіонтів.

Важливу роль в самоочищенні водного середовища відіграють водорості та вищі водні рослини. Очищаючи водне середовище від біогенних елементів (N і P), водні рослини ще й стримують "цвітіння" води синьо-зеленими водоростями. Наприклад, повітряно-водні рослини видаляють з води (середні показники за період вегетації), кг/т сухої фітомаси: N – 15, P – 5, K – 10, Mn – 0,3, Fe – 0,15, Cu – 0,17, Pb – 0,15, Zn – 0,1, Ni – 0,18, S – 2,4, Hg – 0,025, Cl – 9,3; 1м<sup>2</sup> заростей вищих водних рослин (ВВР) осаджує за вегетаційний сезон до 0,83м<sup>3</sup> завислих речовин.

Зелені нитяні водорості (кладофора, спірогира, мужоція) більш активно поглинають радіоактивні ізотопи Co, Cs, Ce і Y ніж одноклітинні водорості. Однак ті і інші нагромаджують радіоізотопи Co, Zn, Zr, Nb і Ru інтенсивніше (у 1,5-2 рази) в непроточних водоймах ніж у проточних.

Хоча водні рослини виконують велику "роботу" по підтримці природної якості середовища, однак, коли підсумком цієї роботи є накопичення ними небезпечних стійких забруднювачів, то виникає проблема утилізування або детоксикації рослинної маси, яка за певних умов може стати джерелом вторинного забруднення водного середовища. Враховуючи стресові ситуації водних систем, необхідно відзначити, що одним із важливих паразитів гідробіонтів є віруси, які здатні повністю знищити відповідну популяцію.

Антропогенні забруднювачі можуть вносити істотні корективи в природні процеси міжвидових і внутрішньовидових відносин не тільки завдяки своїй токсичності, але й притаманним їм властивостям семіхеміків.

На думку Корабльової А.І, надлишок деяких важких металів у водному середовищі змінює пошукову активність гідробіонтів. Зокрема, інфузорії перестають "впізнавати" об'єкт свого живлення – бактерії з родів *Vibrio* і *Pseudomonas* (це веде до порушення функціональних зв'язків в ланці харчового ланцюга – "хижак-жертва"). При забрудненні водойми важкими металами мікроорганізми «вмикають» механізми власного захисту від отруєння токсичними елементами, а саме: здійснюють їх сорбцію і емісію – розсіювання. Так, надлишок деяких важких металів у водному середовищі змінює пошукову активність гідробіонтів. Зокрема, інфузорії перестають "впізнавати" об'єкт свого живлення – бактерій з родів *Vibrio* і *Pseudomonas* (це веде до порушення функціональних зв'язків в ланці харчового ланцюга – "хижак-жертва"). При забрудненні водойми важкими металами мікроорганізми «вмикають» механізми власного захисту від отруєння токсичними елементами, а саме: здійснюють їх сорбцію і емісію – розсіювання. Адсорбція важких металів на поверхні клітин мікроорганізмів не тільки запобігає їх надмірному надходженню в середину клітин, але водночас сприяє зниженню рівня загальної токсичності водного середовища, тому що після відмирання мікроорганізмів адсорбовані ними мікроелементи переходять з водної товщі до донних відкладень. Емісія металів відбувається, завдяки реакціям бактеріального метилювання, під час якого Hg, Sn, Cd, Se, S, Tl, Pb, Au, Si, Ge, As та

інші токсичні елементи переходять до складу летких сполук, тобто приймають форму, яка дозволяє їм покинути екосистему. Існує припущення, що цей процес несе двояку екологічну функцію. З одного боку, він сприяє видаленню надлишку токсичних металів за межі екосистеми, а з іншого боку, прискорює колообіг мікроелементів у біосфері взагалі.

### 3.3. ПОНЯТТЯ ПРО НАНОБАКТЕРІЇ ТА ІНФЕКЦІЙНІ АГЕНТИ: ВІРОЇДИ, ПРІОНИ, МІКОПЛАЗМИ

Нанобактерії – це новий, невідомий раніше екологічний фактор, який за ступенем широти і небезпеки впливу на навколишнє середовище, організм людини і тварин може розглядатися як глобальний екологічний виклик. Я. Мартел та Дж. Янг з'ясували, що наночастки, які були отримані на основі карбонату кальцію, мали здатність зв'язуватись і формувати агрегати та утворювати кристали. Автори доказують, що наночастки утворюють комплекси з молекулами-іонами, ліпідами, білками з різнобічною структурою.

Нанобактерії навіть менші, ніж віруси, приналежність яких до життя викликає великі сумніви. Чи є нанобактерії живими істотами? І взагалі, які критерії живої істоти? Виявляється, щоб організм був живим, він повинен містити ДНК, біля 250 білків і хоча б одну рибосому. Якщо врахувати, що розмір рибосоми 25 нм, то мінімальний розмір організму, що вважається живою істотою, повинен бути 200 нм. Середній же розмір нанобактерії становить 30-50 нм. Отже, ДНК нанобактерії для самовідтворення не використовується. Ймовірно, вони використовують для цього РНК. Тим більше, що така можливість самовідтворення молекули була доведена вченими в 90-х роках минулого століття. Спираючись на це, очевидно, все-таки можна визнати нанобактерії примітивною формою життя, хоча вони і не містять через свої розміри ДНК і рибосоми. Ці особливості дозволяють вважати, що вони є новою формою живих істот і першоосновою життя на Землі і в Космосі. Нанобактерії іноді розглядають як проміжну ланку між бактеріями і вірусами, які не тільки беруть участь у формуванні біомаси, а й відповідальні за утворення мінералів.

В останнє десятиліття активно обговорюються питання впливу на здоров'я людини і навколишнє середовище нового мікроскопічного об'єкта – нанобактерій (наноби, кам'яні бактерії). Нанобактерії були виявлені практично скрізь: у гарячих сірчистих джерелах, в розкладених листях, воді, в сучасних і викопних строматолітах, в організмі людини і тварин (волосся, крові, каменях жовчного міхура, зубах, шкаралупі яєць і раковинах молюсків) Інтерес до нанобактерії зріс після повідомлення про присутність подібних утворень в метеоритах.

Проведені масштабні дослідження томськими фахівцями показали наявність колоній нанобактерій в підземних водах, в системах водозаборів і водних комунікаціях. Колонії нанобактерій виявлені на всіх технологічних стадіях водочиснення. Так, на фільтрах та інших комунікаціях водозаборів Томського району встановлено присутність мікроорганізмів, покритих мінеральною карбонат-апатитовою оболонкою оvoidної конфігурації (нанобактерії). На думку дослідників, їх

кількість у питній воді залежить від її мінералізації, загальної жорсткості і вмісту заліза. Середньоста-тистичний рівень нанобактерії в 1мл підземних вод наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

### Середньостатистичний рівень нанобактерії в 1 мл підземних вод

[Н. Волкова, 2006 р.]

№	Найменування води	Кількість нанобактерій в 1 мл
1	Вода з нормальним вмістом заліза	95
2	Вода з низьким вмістом заліза	23
3	Вода з високим вмістом заліза	180
4	Термальні води сульфідні	285
5	Йодо-бромні води	188
6	Джерельна вода	20

Аналіз сухого залишку питної води, зубних і ниркових каменів людини дозволив зробити висновок, що у природних водах і людському організмі присутні одні й ті ж самі бактерії, що викликають біомінералізацію.

Присутність нанобактерій на фільтрах, свердловинному обладнанні водозаборів, в кам'янистих утвореннях водоочисних комунікаціях, в іржі труб водорозподільних систем вимагає подальшого вивчення та обґрунтування заходів з видалення цього чинника. В результаті досліджень виявилось, що нанобактерії стійкі до антибіотиків, гамма-променів і хімічних препаратів. В даний час розробляються різні методи зниження активності та ліквідації цих утворень.

Окрім вірусів у природі зустрічаються інші інфекційні агенти – віроїди, пріони та мікоплазми (фітоплазми)

#### **Віроїди**

Назва «віроїд» була запропонована в 1971 р. Т. Дінером. Від вірусів віроїди відрізняються за такими ознаками:

1. Відсутня білкова оболонка, віроїди складаються тільки із інфекційної РНК.
2. Віроїди – найменші, здатні до розмноження частинки, які відомі у природі. Їх РНК становить 300-400 нуклеотидів.
3. Віроїди – це однокільцеві РНК.
4. Молекули РНК віроїдів не кодують власних білків.

З 1971 р. виявлено близько 10 видів віроїдів, які відрізняються за первинною структурою, хазяїнами, яких вони вражають, симптомами хвороб. Віроїди вражають рослинні клітини.

Одним з визначних наукових досягнень ХХ ст. в галузі біології та медицини стало відкриття в 1982р. американським молекулярним біологом, професором Стенлі Прузінером нового типу інфекційних агентів – **пріонів**. Це відкриття ознаменувало початок нової ери розвитку біології та медицини, оскільки було виявлено принципово новий тип збудників інфекційних захворювань.

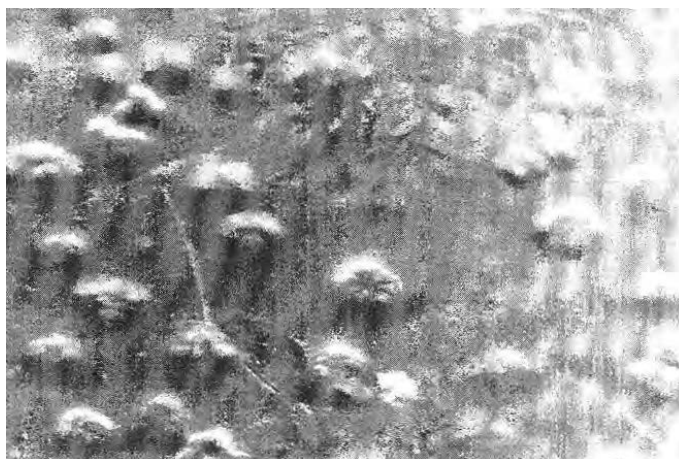
**Пріони** – (від англ. proteinaceous infectious particles, PrP – інфекційні білкові частки) є особливим класом інфекційних агентів, що викликають невиліковні захворювання ЦНС людини та тварин – губкоподібні енцефалопатії. Нині не виявлено жодної нуклеїнової кислоти, яка б була асоційована з пріонами. Інфекційний пріонний білок з аномальною тривимірною структурою здатний каталізувати структурне перетворення гомологічного йому нормального клітинного білка на подібний до себе – пріонний. Як правило, пріонний стан білка характеризується переходом  $\alpha$ -спіралей білка в  $\beta$ -складчатість.

Детальне дослідження показало, що пріони, як збудники інфекційних хвороб, мають низку унікальних властивостей:

- відсутність жодної нуклеїнової кислоти;
- схильність до агрегації;
- виникають не лише в результаті зараження (відомі спорадичні та спадкові форми губчатих енцефалопатій);
- незалежно від походження захворювання воно може бути передано далі інфекційним шляхом;
- передача збудника між різними біологічними видами ускладнена через різницю в первинній структурі PrP. Проте, це не перешкоджає, а лише утруднює передачу інфекції від особин одного виду особинам іншого. Тому існує можливість зараження людини пріонними хворобами тварин. Підтвердженням цього може бути ідентичність ліній пріонів, виділених від хворих з новим варіантом хвороби Крейтцфельдта-Якоба та від корів із трансмісивною губкоподібною енцефалопатією. На відміну від більшості інших збудників інфекційних захворювань, зокрема вірусів, пріони дуже стійкі до різноманітних фізико-хімічних факторів.

#### **Мікоплазми (фітоплазми)**

Існує специфічна група фітопатогенних організмів, що займають проміжне положення між бактеріями і вірусами – мікоплазми (фітоплазми). На рис. 3.9 відображено загальний вигляд мікоплазми.



**Рис. 3.1. Загальний вигляд мікоплазми (фітоплазми) (суспензія, скануюча електронна мікроскопія; x6500) [Бойко А.Л. та інш., 2012]**

Фітоплазми – збудники хвороб рослин відкриті лише в 1967 р. Їх виявили японські вчені за допомогою електронного мікроскопа під флоемою рослин шовковиці, уражених карликовістю.

Фітоплазми являють собою поліморфні організми. Клітини їх, як правило, округлі, але деякі мають видовжену або гантелеподібну форму. Один і той же фітоплазменний організм може мати клітини неоднакових розмірів і форм. Фітоплазми не мають справжньої клітинної стінки, вони оточені тришаровою елементарною мембраною, чим і відрізняються від бактерій. У порівнянні з вірусами для них характерна клітинна будова і здатність розмножуватися на штучних поживних середовищах.

На відміну від вірусних частинок, в клітинах фітоплазм присутні два типи нуклеїнових кислот (ДНК і РНК) і рибосоми, за розмірами близькі до рибосоми бактерій. Фітоплазми, на відміну від бактерій, стійкі до пеніциліну, але в порівнянні з вірусами чутливі до тетрацикліну.

Переносниками фітоплазм служать, в основному, різні види цикадок, листоблошки, світоноски. Ряд паразитів розмножується в організмі комахи-переносника. Комаха набуває здатність передавати інфекцію не відразу, а через певний (латентний) період. Протягом латентного періоду фітоплазма розмножується в організмі комахи, а потім переміщується з кишечника в слинні залози і слину. З цього моменту комаха може передавати збудника рослині. Подібний спосіб передачі інфекції, що включає розмноження в організмі переносника, називається циркулятивним.

Нині доведено, що мікоплазми теж інфікуються вірусами різної морфології. Поряд з мікоплазмами в рослинних клітинах часто локалізуються гриби, віроїди тощо, тобто змішана інфекція.

---

---

### **Контрольні питання**

1. Які структури входять до складу клітин?
2. Як розмножуються прокаріоти?
3. Які особливості будови клітин еукаріотів?
4. Чим клітини прокаріотів за будовою відрізняються від клітин еукаріотів?
5. Які особливості структури вірусів?
6. Чи здатні віруси до самовідтворення? Поясніть.
7. У чому небезпека мутованих вірусів? Наведіть приклади.
8. Що таке бактеріофаги? Яка їх роль в оздоровленні довкілля?
9. Яка роль мікроорганізмів у самоочищенні ґрунтів?
10. Назвіть хвороботворні організми водоймищ.



**Використана література**

**Векірчик К.М.** Мікробіологія з основами вірусології: Підручник. – К.: Либідь, 2001. – 312 с.

**Волкова Н.Н.** Исследование биоминерализационного геоэкологического фактора в подземных водах Томского района / Н.Н. Волкова // Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. г.-м.н. 2006. – Томск. – 29 с.

**Грин Д.** Митохондрия / В кн. Структура и функция клетки / Гл. ред. Г.М.Франк. – М: изд. Мир, 1964. – С. 216-231.

**Реннеберг Р.** От пекарни до биофабрики / Реннеберг Р., Реннеберг И. Обзор достижений биотехнологии. – Москва: «Мир», 1991. – 112 с.

Популярная медицинская энциклопедия / Гл. ред. Б. Петровский. – М.: «Советская энциклопедия», 1987. – 704 с.

**Фурдичко О.І.** Екологічна безпека агропромислового виробництва / О.І. Фурдичко, А.Л. Бойко. – К.: ДІА, 2013. – 416 с.

## РОЗДІЛ 4

# РОЛЬ СПАДКОВОСТІ ТА МІНЛИВОСТІ В ЕВОЛЮЦІЇ ЖИВОЇ ПРИРОДИ

### 4.1. Загальна характеристика спадковості та мінливості

#### 4.1.1. Носії генетичної інформації та принципи організації спадковості та її види

### 4.2. Пошкодження ДНК і мутації – основа мінливості

#### 4.2.1. Типи мутацій та їх вплив на генофонд популяцій

### 4.3. Особливості еволюції вірусів на сучасному етапі

## 4.1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СПАДКОВОСТІ ТА МІНЛИВОСТІ

**Спадковість** – це властивість живих організмів зберігати і передавати потомству характерні для них властивості, особливості будови, функціонування та індивідуального розвитку.

Мінливість є протилежним процесом.

**Мінливість** – це здатність живих організмів набувати нових ознак, відмінних від пращурів, завдяки чому утворюються нові види та відбувається історичний розвиток біосфери в цілому.

**Спадковість разом із спадковою мінливістю забезпечують сталість і різноманітність органічного світу, що є основою еволюції живої природи.**

### 4.1.1. Носії генетичної інформації та принципи організації спадковості та її види

Носіями генетичної інформації в усіх живих організмах, починаючи від найпростіших – вірусів до організму людини, є нуклеїнові кислоти – дезоксирибонуклеїнові (ДНК) та рибонуклеїнові (РНК) – біополімери (біомакромолекули), що складаються з п'яти основних мононуклеотидів пуринового (АМФ, ГМФ) та пірамідинового ряду (ЦМФ, ТМФ, УМФ).

У наш час ДНК знайдена в усіх живих організмах, де вона є спадковим матеріалом. Винятком з цього правила слугують деякі віруси, у яких функцію спадкового матеріалу виконує РНК.

#### **Поняття про хромосоми і гени.**

**Хромосоми** (від грець. chromos-колір, soma-тіло) – це надмолекулярні структури клітинного ядра еукаріот, які здатні

до самовідтворення, морфологічної та функціональної індивідуальності й забезпечують збереження та передавання генетичної інформації, визначають спадкові особливості організму, спадкові властивості клітин і всього організму в цілому.

**Хромосоми еукаріот складаються з лінійної макромолекули ДНК, що намотана на специфічні білки гістони, формуючи матеріал під назвою «хроматин».** Тому елементарна нитка хромосоми, або хромонема, складається з комплексу біспіральної ДНК (~ 40%) з білками гістонами (~ 60%).

У клітинах прокаріот звичайно міститься єдина хромосома, яка, на відміну від еукаріот, є кільцевою та позбавленою гістонів. Проте це правило не є абсолютним: існують бактерії з більше ніж однією хромосомою; у деяких бактерій хромосоми є лінійними; у кількох видів архей виявлені специфічні гістони.

**Ген** – це ділянка молекули ДНК (у деяких вірусів – РНК), що містить інформацію, необхідну для синтезу білка і займає певну позицію на хромосомі.

Кожний ген займає в хромосомі певне місце – локус. Сукупність генів на ДНК формує **генотип – індивідуальний набір алелів**. Генотип вірусів містить десятки генів, у бактерій їх сотні, а у вищих організмів – десятки та сотні тисяч. Усі гени бактерій, як правило, знаходяться в одній хромосомі й об'єднані у функціональні блоки, що контролюють усі ланки метаболізму в бактеріальних клітинах.

В еукаріот, крім ядерних генів, є також нехромосомні гени, які локалізуються в клітинах органел (мітохондріях, пластидах) і контролюють синтез білків, що забезпечують їх функціонування.

#### **Принципи організації спадковості:**

- ознаки і властивості живих організмів контролюють певні гени, які передаються від покоління до покоління;

- спадкова різноманітність організмів у популяціях залежить від великої кількості різних поєднань батьківських генів у генотипі нащадків;

- успадкування якісних і кількісних ознак організму може визначатися одним або кількома генами чи взаємодією багатьох генів.

**Розрізняють такі види спадковості:** ядерна (хромосомна), позаядерна (цитоплазматична) та акаріотична.

Хромосомна теорія спадковості була розроблена Т. Морганом. Згідно з цією теорією:

1. Матеріальними носіями спадковості є гени, що містяться в хромосомах ядер статевих і соматичних клітин.

2. Реалізація ядерної спадковості забезпечується закономірним розподілом генів при статевому та вегетативному розмноженні й перебуває під контролем як зовнішніх, так і внутрішніх факторів.

Передавання генетичної інформації при цитоплазматичній спадковості забезпечується за участю позаядерних генів, локалізованих у структурних елементах цитоплазми – пластидах, мітохондріях та плазмідах. Позаядерні гени випадково розподіляються в дочірніх клітинах і передаються поколінню, як правило, по материнській лінії в складі цитоплазми яйцеклітин.

Акаріотична спадковість характерна для без'ядерних форм вірусів і бактерій.

## 4.2. ПОШКОДЖЕННЯ ДНК І МУТАЦІЇ – ОСНОВА МІНЛИВОСТІ

В умовах антропогенного навантаження ДНК в клітині не дуже стабільна і зазнає значних змін (мутагенезу) і руйнацій. В ній постійно виникають багаточисленні, різні і навіть смертельні пошкодження. Тому в таких умовах здатні вижити тільки ті організми, які забезпечені системами захисту та відновлення від пошкоджень (репарації).

### 4.2.1. Типи мутацій та їх вплив на генофонд популяцій

Величезну роль в еволюції життя на Землі відіграв мутаційний процес як могутнє джерело нової генетичної інформації.



Схема 4.1. Оцінка рівня генетичної безпеки населення

Мутагенез (мутаційний процес) – це утворення мутацій, що полягає у стрибкоподібних успадкованих змінах генетичного матеріалу (кількості або структури ДНК). Зростання темпів мутаційного процесу, що відбувається внаслідок забруднення навколишнього середовища генотоксичними агентами, які пошкоджують генетичний матеріал, створює найбільшу загрозу генетичній безпеці всьому живому. Оцінку рівня генетичної безпеки населення показано на схемі 4.3.

**Мутації** – зміни спадкових властивостей внаслідок кількісних та якісних змін у генотипі організму.

В процесі реплікації ДНК мутації передаються від клітини до клітини і від покоління до покоління. Вони виникають у результаті спадковості, що передається від мутованої клітини до клітин, що утворилися в результаті її ділення (мітозу або мейозу).

**Генотип** – це сума усіх генів організму або спадкова конституція.

Гени визначають структуру і кількість білків в клітині, а білки (гормони, ферменти тощо) беруть участь у регуляції метаболізму. Вплив навколишнього середовища модулює ці процеси.

Результатом взаємодії навколишнього середовища з генотипом є сукупність морфологічних і функціональних характеристик клітин індивідуумів, що іменуються **фенотипом**. Мутантний фенотип реалізується в дочірній клітині.

Наукове вивчення мутацій стало можливим в ХХ ст., в зв'язку з відкриттям основних механізмів передачі спадкової інформації, дослідженням структури і функції гену.

**За біологічними наслідками розрізняють такі типи мутацій:**

- **соматичні мутації** – відбуваються в процесі ділення соматичних клітин (клітинах тіла) і виявляються в осіб, які безпосередньо зазнають генотоксичного впливу, збільшують ризик онкологічних захворювань, активізуючи онкогени (канцерогенез), знижують рівень імунного захисту, зменшують тривалість життя;

- **гаметичні мутації** – виникають у процесі утворення статевих клітин, виявляються у потомстві і створюють загрозу для здоров'я майбутніх поколінь, збільшуючи генетичний вантаж популяції.

**За характером змін у структурі генетичного апарату організму розрізняють три типи мутацій – генні, хромосомні та геномні.**

**1. Генні (точкові) мутації** – представляють собою зміну структури відповідних генів. При цьому може відбуватися заміна окремої ланки (нуклеотидів) в молекулі ДНК, що є структурною основою генів.

Генні мутації поділяють на такі типи:

**а) заміни нуклеотидів** – найбільш поширені генні мутації, до яких належать такі субтипи, як:

**транзиції** – заміна однієї пуринової основи на пуринову (аденін, гуанін) або піримідинової на піримідинову (цитозин, тимін);

**трансверзії** – заміна одного типу азотистих основ на інший, тобто пурину на піримідин або навпаки;

**б) випадіння (делеції)** в ланцюгу ДНК однієї або декількох азотистих основ (і відповідних нуклеотидів);

**в) вставки (вбудовування)** в ланцюг ДНК додаткових азотистих основ (однієї або більшої кількості).

**2. Хромосомні мутації (хромосомні аберації, перебудова хромосом)** – це різні структурні перебудови хромосом – спеціалізованих структур клітинного ядра, які несуть молекули ДНК.

Хромосоми можуть повністю або частково подвоюватися, втрачати окремі ділянки, частина хромосом може перевернутися на 180 градусів або переміститися в інше місце в межах самої хромосоми.

Важливе місце в організації геному різних клітин посідають генні перебудови (реаранжування – rearrangements, англ.), або генетичні рекомбінації (рекомбінації генів), під якими розуміють обмін фрагментами ДНК між різними генами або об'єднання генів з різних біологічних джерел з утворенням нових хромосомних структур, здатних до реплікації і генетичної експресії (транскрипції та трансляції).

Генетичні рекомбінації мають місце в біологічних системах різного ступеня складності – від вірусів і бактеріофагів до вищих еукаріотичних організмів.

**Перебудови структури генів є рушійною силою мінливості і мають велике значення як у формуванні біохімічної індивідуальності на рівні окремих особин в межах біологічного виду, так і в утворенні видів у процесі еволюції.**

Молекулярні механізми генетичних рекомбінацій складні й істотно відрізняються у різних організмів та при різних типах рекомбінацій.

**3. Геномні мутації** – зміни кількості хромосом у клітині, поява зайвої або втрата хромосоми в результаті порушень під час мейозу. Кратне збільшення кількості хромосом називається поліплоїдією (3n, 4n і т. д.). Цей вид мутації часто наявний у рослин. Багато культурних рослин поліплоїдні щодо диких предків. Збільшення хромосом на одну-дві у тварин призводить до аномалій розвитку або загибелі організму. Наприклад: синдром Дауна в людини – трисомія по 21-й парі, усього в клітині 47 хромосом.

#### **Значення мутаційної мінливості:**

- для організму може бути:

а) *адаптивною*, забезпечує пристосування до умов середовища; б) *нейтральною*, не впливає на пристосованість, але за певних змін середовища існування може виявитися корисною для організмів;

в) *шкідливою* (більшість мутацій), оскільки знижують пристосованість до умов середовища;

- для еволюції є елементарним чинником еволюції, основним джерелом спадкової мінливості, підвищує генетичне різноманіття всередині популяції чи виду завдяки виникненню нових генів чи алелей.

**Індуковані мутації.** Виникають при дії на вірус різних хімічних і фізичних мутагенів, а також при адаптації його до незвичайних біологічних систем при адаптаційній мінливості. Наприклад, радіоактивне випромінювання викликає утворення як одно- так і дволанцюгових розривів полінуклеотидних ланцюгів ДНК, а також модифікацію азотних основ – утворення тимінових димерів (утворення ковалентних зв'язків між сусідніми, розташованими в одному ланцюгу, залишками тиміну).

Структура димеру тиміну в ланцюгу ДНК показана на рис. 4.1.

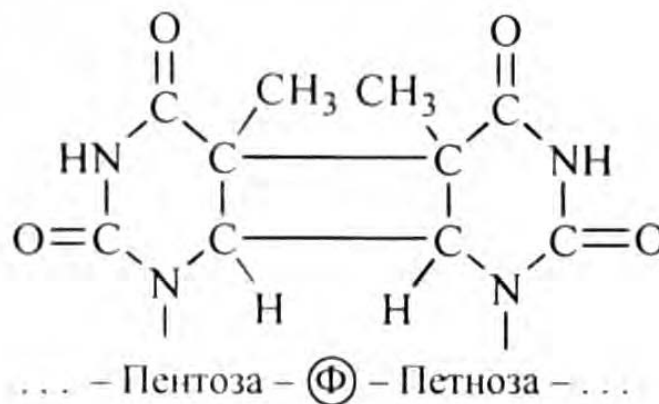


Рис. 4.1. Димер тиміну в ланцюгу ДНК [Стожаров А., 2007 р.]

Такі тимінові димери протидіють нормальному просуванню ДНК-полімераз під час реплікації, і синтез ДНК припиняється.

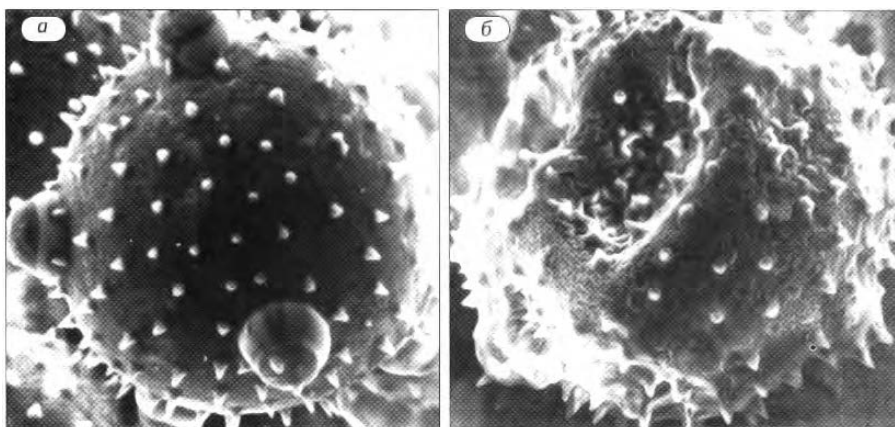
Другий приклад пошкодження ДНК. Вірусний геном може вбудовуватися в частину ДНК якого-небудь гену. Багато генотоксичних ксенобіотиків здатні приєднуватися до азотних основ, утворюючи аддукти. Механізм ушкоджуючої дії хімічних мутагенів, як і в разі дії фізичних чинників, значною мірою залежить від утворення в клітині вільних радикалів кисню та води, що спричиняють зміни в ковалентній структурі азотистих основ ДНК.

### 4.3. ОСОБЛИВОСТІ ЕВОЛЮЦІЇ ВІРУСІВ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

Еволюція вірусів в еру науково-технічного прогресу в результаті потужного тиску різних чинників відбувається значно швидше, ніж раніше. Забруднення зовнішнього середовища промисловими відходами, повсюдне застосування пестицидів, антибіотиків, вакцин й інших біопрепаратів, велика концентрація

населення в містах, розвиток сучасних транспортних засобів, господарське освоєння раніше невикористаних територій, створення індустриального тваринництва з найбільшими за кількістю й щільністю популяціями тваринних господарств – усе це призводить до виникнення невідомих раніше збудників інфекційних хвороб, зміни властивостей і шляхів циркуляції відомих раніше вірусів, а також до значних змін сприйнятливості й опірності людських популяцій.

Наприклад, Чорнобильська катастрофа «породила» нові варіанти вірусів, які українські вчені [А.Л. Бойко, 2006 р.] зареєстрували в міжнародному центрі у Великобританії. Для науки такий матеріал – безцінний. З погляду вірусологів, Чорнобильська зона – це велика лабораторія під відкритим небом. Виникли нові мікроорганізми, які можуть бути продуцентами антибіотиків, біологічно активних речовин, а також невідомих раніше типів вірусів. Українськими вченими-ботаніками виявлено декілька варіантів вірусу тютюнової мозаїки.



**Рис. 4.2. Пилок рослин тютюну, скануюча електронна мікроскопія:**  
а – здорових рослин, б – рослин, уражених ВТМ (8000) [Бойко А.Л., 2012]

Сьогодні цей вірус пошкоджує біля 400 видів рослин, а також викликає зміни у клітинах ссавців. Висока мінливість штамів в умовах радіації призводить до інфікування більш широкого кола рослин. Так, віруси Рабдогрупи, серед яких є збудники таких хвороб, як сказ у тварин, краснуха коропа, вазикулярний стоматит у ссавців, зустрічаються у 60 видів рослин (пшениця, цукровий буряк, хміль, малина, чорна смородина тощо). Вірус краснухи коропа дуже схожий на вірус жовтої карликовості картоплі та вірус сказу. Віруси, які знаходять на соняшнику, за своєю фізико-хімічною структурою подібні Бунья-вірусам, що вражають негрів Африки. Єдине, що поки рятує – це різна структура геному рослинних вірусів. Але немає ніякої гарантії, що під дією різних факторів (наприклад, стресів) віруси, що інфікують рослини, не перейдуть до тварин або людини. Антропогенні фактори і техногенні катастрофи породжують нові варіанти вірусів, і ми повинні бути до цього готові.



У природі хвороботворні організми відіграють важливу роль обмежувачів надмірного розвитку популяцій. Людина до останніх двох століть не була винятком. Наприклад, Юстиніанська епідемія чуми в VI ст. охопила Північну Африку, Сирію, Європу, Малу Азію і забрала життя близько 100 млн. осіб (третину тогочасного населення планети). Через деякий час епідемії періодично повторювалися. Густина популяції населення зменшувалась, епідемія вщухала і відновлювалася відносна рівновага. Завдяки розвитку в XVII–XIX ст. гігієни і медицини ймовірність епідемій знизилася, а густина людських популяцій зростає. Антропогенні зміни навколишнього середовища, які відбуваються при урбанізації, науково-технічній революції та ін. викликають у біологічних факторів появу нових властивостей, які здатні викликати в цих умовах патологію і нові види захворювань. Наприклад, деякі сапрофіти – леґіонели, лактобактерії при відповідних умовах (імунодефіцит, порушення бар'єрних, захистних механізмів) можуть викликати інфекцію. З'явилися модифіковані форми гепатиту С, пташинного та свинячого грипу тощо.

Розглянемо роль мінливості вірусу грипу у виникненні епідемій та пандемій.

Розрізняють віруси грипу типів А, В і С. Типовим представником ортоміксовірусів є вірус грипу типу А, який був виділений у 1933 р. Е. Смітом, К. Ендрюсом і Лейдлоу. Вірус грипу типу А, що вражає людину, має три різновиди, які позначаються H1N1, H2N2 і H3N2. Перший і третій різновиди сьогодні дуже поширені, а другий – був розповсюджений з 1957 по 1968 рік.

Віруси грипу належать до РНК-вмісних вірусів. Нуклеокапсид – спіральний тяж рибонуклеопротеїду, що вміщує 8 ланцюгів РНК, вкритий ліпідно-протеїновою оболонкою, до складу якої входять два види білків – **гемаглютинін** і **нейрамінідаза**.

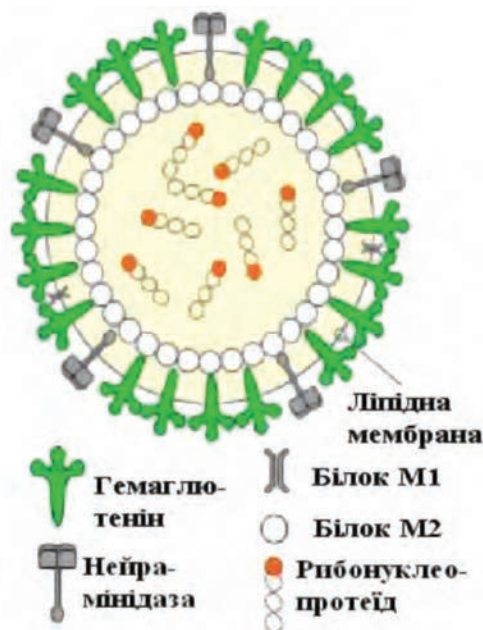


Рис. 4.3. Схема структури вірусу грипу

**Як розшифровується H1N1**

Буква **H** позначає **гемаглютинін**, буква **N** – **нейрамінідазу**. Цифра 1 характеризує підтип вірусу. Вірус інфлюєнції H1N1 не винятковий. Можливі підтипи гемаглютининів (H) і нейрамінідаз (N) у різних видів грипу показані в таблиці 1.

Таблиця 1

**Можливі підтипи гемаглютининів (H) і нейрамінідаз (N) у різних видів грипу**

Підтип	Людина	Свиня	Водоплавні птахи	Підтип	Людина	Свиня	Водоплавні птахи
ПІДТИП H				Підтип N			
H1	Так	Так	Так	N1	Так		Так
H2	Так	-	Так	N2	Так		Так
H3	Так	Так	Так	N3	-		Так
H4	-	-	Так	N4	-	Так	Так
H5	Так	-	Так	N5	-		Так
H6	-	-	Так	N6	-		Так
H7	Так	-	Так	N7	Так		Так
H8	-	-	Так	N8	-		Так
H9	Так	-	Так	N9	-	Так	Так
H10	-	-	Так				
H11	-	-	Так				
H12	-	-	Так				
H13	-	-	Так				
H14	-	-	Так				
H15	-	-	Так				

Саме мутовані віруси є причиною виникнення пандемій.

Перша пандемія грипу виникла у Китаї в 1889 р., друга – у 1918 р., третя почалася в 1947 р. і тривала майже три роки. Наприкінці 1957 р. пандемія грипу охопила всі країни світу. Ця інфекція вразила майже 2 мільярди чоловік. Вона дістала назву азіатської. Через 11 років, у 1968 р., пандемію грипу викликав гонконгівський вірус А типу  $H_3N_2$ . Це був новий сероваріант, у якому містився гемаглютинін (H) третього серологічного типу, а нейрамінідаза (N) – другого серологічного типу. Відбувся так званий *шифт*, тобто поява нового вірусу, до якого організм людини виявився неімунним. Іспанський грип, або «іспанка» (H1N1) (фр. LaGrippe Espagnole, або ісп. LaPesadilla), був найстрашнішою пандемією грипу за всю історію людства.

У 1918–1919 роках (18 місяців) у всьому світі від іспанки померло близько 50-100 млн чоловік (разом із загиблими на війні), або 2.6-5.2% населення Землі. Були заражені близько 400 млн людей, або понад 20% населення планети. Різновид грипу H1N1 дещо схожий на сучасний пташиний грип. Свою назву грип одержав через те, що Іспанія першою оголосила про спалах цієї

хвороби. У травні 1918 року в Іспанії було заражено 8 млн мешканців, або 38% її населення. Вірус іспанки виявився слабкішим від сучасного  $H_3N_2$ , який мутував і був зафіксований у наш час. Смертність від вірусу  $H_3N_2$  набагато вища. Вчені встановили, що вірус потрапляє глибоко в легеневу тканину людини, викликає пневмонію, яка спричиняє смерть молодій здорової людини.

Попередження захворювання грипом є вакцинація. Але наявні вакцини проти штамів вірусів грипу, навіть того самого типу H1N1, неефективні проти вірусу H1N1 California. Створити вакцини та ліки проти вірусів грипу дуже складно, тому що геном вірусу дуже мінливий (геномна РНК значно мінливіша за геномну ДНК, коли порівнювати РНК-ові та ДНК-ові віруси).

Грип давно перестав бути тільки людською хворобою.

У 1942 році було зроблено припущення про можливість формування латентної грипозної інфекції у міжепідемічний період. Латентна форма інфекції необхідна для збереження в природі вірусу як біологічного виду. Наприклад, дикі мігруючі птахи є природним резервуаром для високопатогенних вірусів грипу, самі при цьому не хворіють, а передають їх свійській птиці. Від цієї хвороби страждають свині, корови, коні, собаки, кури, качки. У 80-х роках ХХ ст. вірус грипу був виділений із організму кита.

### ПТАШИНИЙ ГРИП

За останні роки пташиний грип став чи не найголовнішою темою для дискусії лікарів епідеміологів та інфекціоністів, адже двократний перетин ним видового бар'єру, спричинив неможливе, як вважалося раніше, інфікування людей.

Пташиний грип – це інфекційне захворювання птиці, яке викликане вірусом грипу А, підтип H5N1. Відомо, що дикі мігруючі птахи є природним резервуаром для високопатогенних вірусів і можуть передавати їх свійській птиці через безпосередній контакт. Пташиний грип належить до великої групи різноманітних вірусів грипу, які спочатку вражають птахів. Іноді ці віруси грипу можуть заразити інші біологічні види, зокрема свиней і людей.

Інфіковані птахи поширюють вірус через свою слину, носові секреції і фекалії. Свійські птахи можуть бути інфіковані вірусом пташиного грипу через безпосередні контакти з інфікованими водоплавними птахами чи іншими інфікованими птахами, або через контакт із поверхнею землі, глини чи клітки.

Інфекція серед свійської птиці може бути безсимптомною або викликати зменшення яйценосення та захворювання системи дихання, а також протікати у миттєвій формі, викликаючи швидку загибель птиці від системного ураження без будь-яких попередніх симптомів.

У більшості випадків люди заражувалися пташиним грипом внаслідок безпосереднього контакту з інфікованими свійськими птахами або з поверхнею, зараженою секреціями чи виділеннями інфікованих птахів. Поширення вірусів пташиного грипу від однієї хворої людини до іншої буває дуже рідко; подальше поширення інфекції від хворого не спостерігалось.

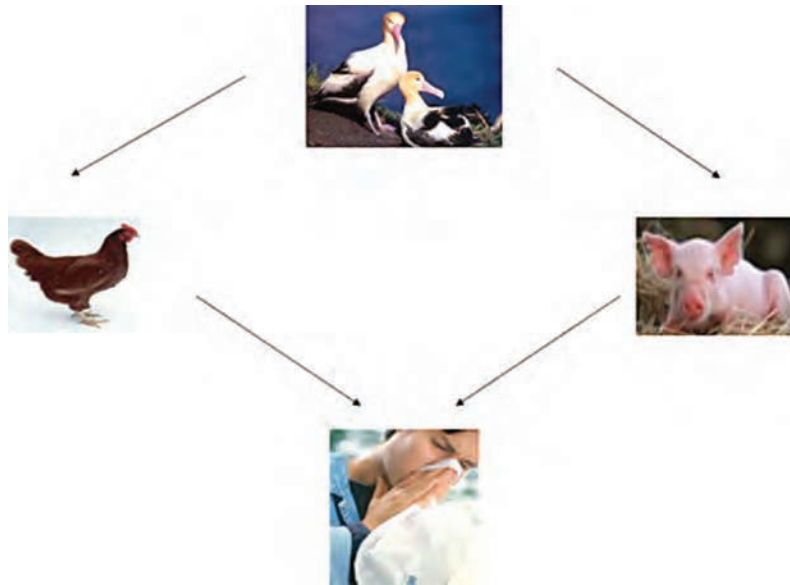


Рис. 4.4. Основні шляхи передачі пташиного грипу

Починаючи з 1997 року, було зареєстровано більше 100 підтверджених випадків зараження людей вірусами пташиного грипу. Статистика летальності від пташиного грипу з 2003 по лютий 2006 рр. зображена на рис. 4.5.

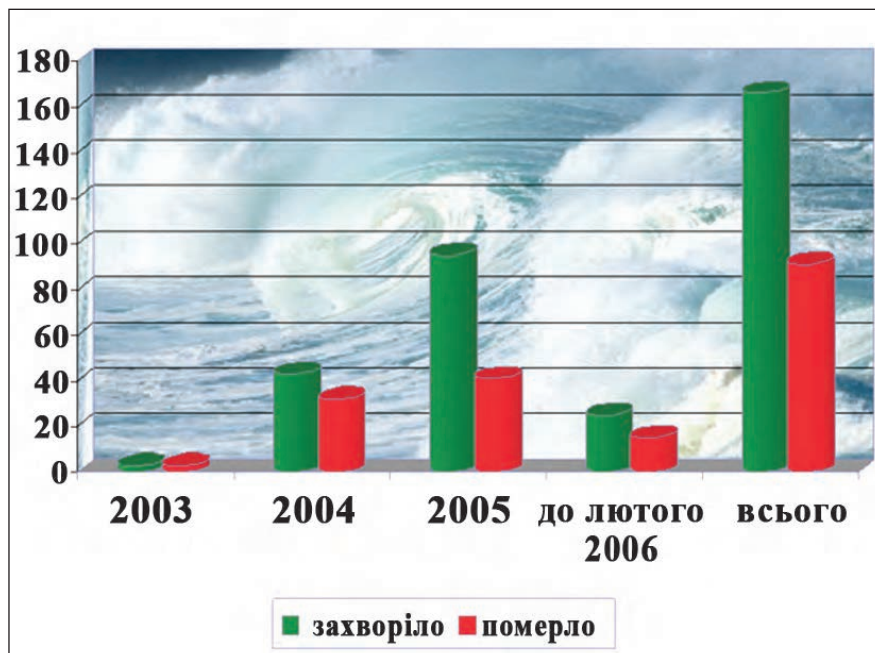


Рис. 4.5. Статистика летальності від пташиного грипу з 2003 по лютий 2006 рр.

Симптоми пташиного грипу у людей можуть варіювати від симптомів, типових для звичайного грипу (температура, кашель, біль у горлі і біль у м'язах) до інфекцій очей, пневмонії, важких респіраторних захворювань (гострий респіраторний синдром) та інших загрозливих для життя ускладнень.

В зв'язку з глобальним потеплінням змінилися звичайні маршрути міграції перелітних птахів. У диких птахів за довгий час еволюції до вірусу грипу виробився надійний імунітет. Домашні птахи, які лишилися впливу природного відбору і вимушені жити в умовах штучного середовища, втратили цей імунітет і стали дуже чутливими до цієї інфекції. Під дією антропогенного навантаження вірус теж еволюціонує, виникають нові високопатогенні штами.

На думку академіка А.Бойко: «цей вірус дуже мінливий. Його «рубашка» (білкова оболонка) зберігається, а геном видозмінюється. І тому він «неуловимий». Через деякий час може відбутися гібридизація вірусів, появляться його нові варіанти, і тоді людина може стати одним із донорів збудника інфекції».

Тому існує два основні ризики для здоров'я людини при захворюванні на пташиний грип:

- 1) коли вірус переходить від інфікованого птаха до людини, внаслідок чого іноді людина може тяжко захворіти;
- 2) ризик того, що вірус перейде в модифіковану форму, дуже заразну для людей, яка буде легко передаватися від людини до людини.

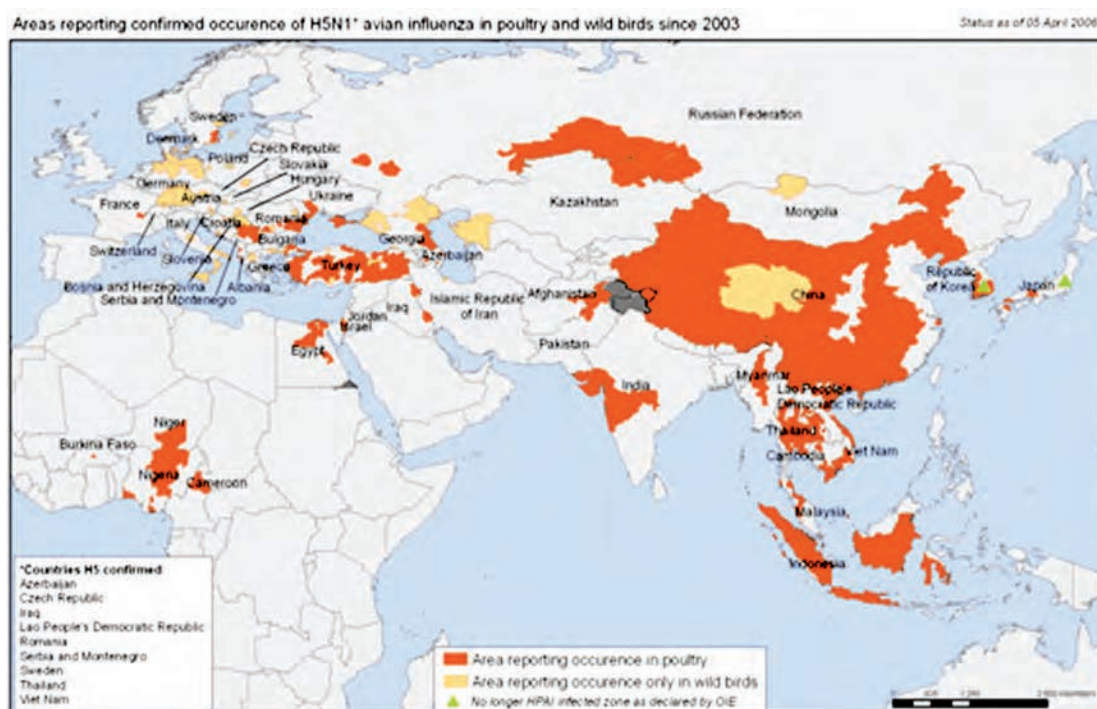


Рис. 4.6. Місця виявлення пташиного грипу H5N1 в 2003 році

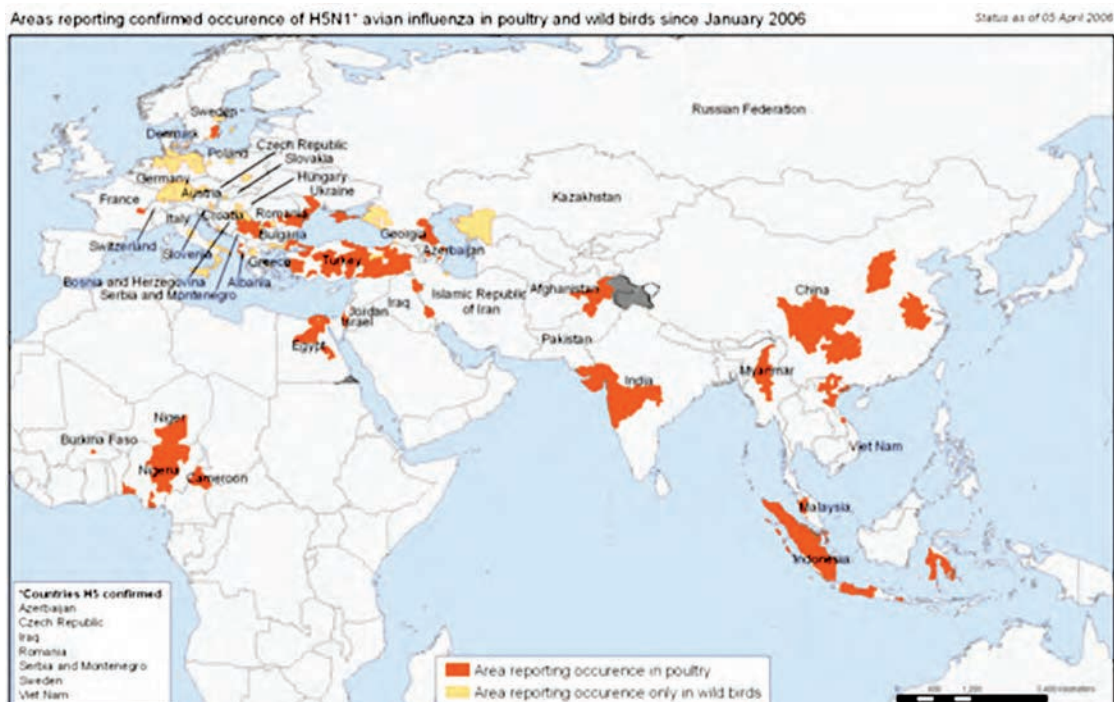


Рис. 4.7. Місця виявлення пташиного грипу H5N1 в 2003 році

## СВИНЯЧИЙ ГРИП

Свинячий грип є небезпечніший ніж звичайний. Зазвичай віруси грипу, що вражають тварин, не вражають людей. Проте якщо таке відбувається, то виникає небезпечна ситуація – люди дуже сприйнятливі до таких «тваринних» вірусів, оскільки жодного разу ще не стикалися з ними і не виробили ніякого захисту. Більш того, віруси, циркулюючи у тваринному організмі (у епідеміології місце, де циркулює вірус, називається резервуар інфекції), постійно мутують, а людину в популярність не ставлять. В результаті при попаданні в організм людини такий вірус наносить значно більшої шкоди, ніж звичайний.

Збудником свинячого грипу є вірус інфлюєнції. **Подібні віруси, що вражають свиней, птахів і людей, відрізняються один від одного тільки незначними змінами в будові ланцюжка білків в оболонці вірусу.**

Тому не дивно, що віруси, знайдені у свиней, здатні також вражати і людей. Наскільки ці віруси небезпечні, залежить, не від того, від яких тварин вони походять, а яку структуру вони мають. Факт в тому, що усі, донині тестовані віруси інфлюєнції, незалежно від їх структури, частково або повністю можна стримувати за допомогою спеціальних мікроречовин.

В 1931 році американець Шоп відкрив вірус грипу свиней. Збудник свинячого грипу – РНК-вмісний, гемаглютинуючий вірус розміром 70...120 нм із родини Orthomyxovirus типу А, сімейства Orthomyxoviridae.

Характерною особливістю цієї хвороби є одномоментність спалаху на фермах, інколи дуже далеко розміщених однієї від іншої. Це висококонтагіозна хвороба, що протікає гостро, переважно молодих тварин, яка характеризується лихоманкою, катаральним запаленням слизових оболонок дихальних шляхів, кон'юнктивами і поразкою легень. Джерело збудника інфекції — хворі свині і вірусоносії. Шоп установив, що носіями вірусу свинячого грипу є личинки третьої стадії розвитку яєць легеневого хробака. На рис. 4.8. представлена схема зараження свиней вірусом грипу. Вважається, що вірус грипу може передаватися і поширюватися яйцями паразитуючих у легенях свиней стронгілід, цикл розвитку яких здійснюється за участю проміжного господаря — дощового хробака, в організмі якого легеневий хробак проходить цикл розвитку, що складається з трьох стадій.

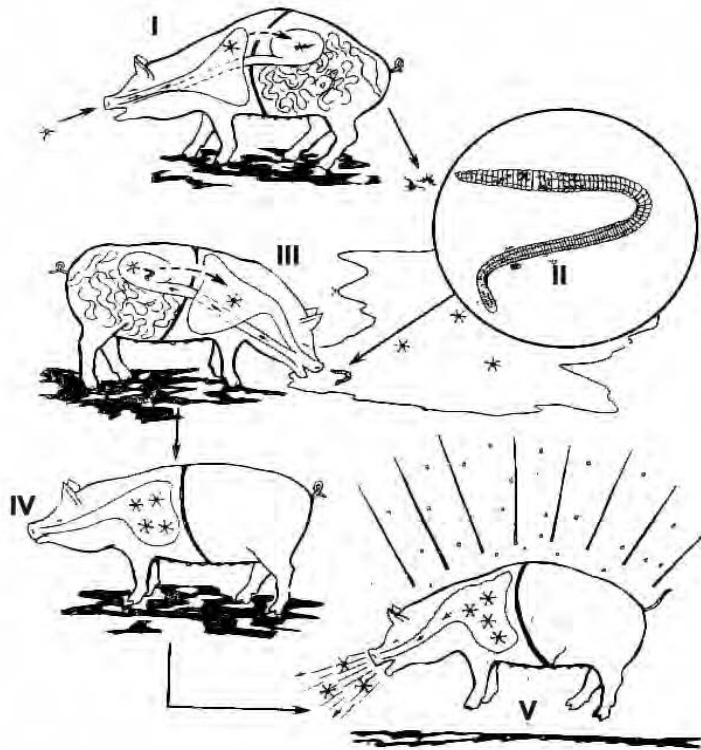


Рис. 4.8. Схема міграції вірусу грипу та зараження свиней  
[Зуев В.А., 1985 р.]

У організмі останнього збудник зберігається до 19 місяців, свині заражаються при поїданні дощових хробаків. Із кишечника свиней личинки проникають у дихальні шляхи, де і перетворюються в дорослого легеневого хробака. Тому, будучи зовнішньо здоровими, свині являються носіями легневих хробаків-вірусоносіїв. З приходом осені та перших холодів на багатьох свинофермах і відбувається спалах захворювання свиней грипом. Носіями вірусу можуть бути гризуни та кажани.

В окремих господарствах грип свиней надає серйозних збитків, у результаті захворювання кількість нормальних опоросів може скорочуватися майже вдвічі. Віруси, циркулюючи у тваринному організмі (в епідеміологічній місцевості, де циркулює вірус, називається резервуар інфекції), постійно мутують. Влітку 2012 року в Америці в штаті Огайя виявили новий модифікований штам свинячого грипу H3N1 від якого загинуло 200 людей.

Таким чином, поступово накопичені факти примушують признати, що різні віруси, в тому числі і віруси грипу, можуть тривалий час приховано розмножуватися в організмі людей, різних тварин, птахів, комах, рослин і навіть бактерій.

**Профілактика мутацій.** Методи і способи запобігання негативним генетичним наслідкам забруднення довкілля полягають передусім у профілактиці виникнення мутацій. Такими методами можуть бути:

- перевірка на мутагенність, канцерогенність, тератогенність нових синтезованих сполук, які надходять у навколишнє середовище: розроблення досконаліших тест-систем; створення реєстрів мутагенів;

- вилучення з довкілля відомих мутагенних сполук, за потреби заміна їх нешкідливими аналогами;

- перегляд і зниження існуючих ГДК хімічних речовин, що використовуються у промисловості, сільському господарстві, медицині та побуті і забруднюючих довкілля;

- зниження рівня радіонуклідів в ґрунті, воді та продуктах харчування;

- підвищення імунітету людини за допомогою антимутагенів (вітаміни С і Е, інтерферони, екстракти деяких рослин тощо);

- створення вакцин проти сучасних модифікованих вірусних інфекцій.

Таким чином, до біологічних факторів відносять сукупність впливу одних організмів на інші. Вплив може бути гомотипічним (між представниками одного виду) і гетеротипічним (між представниками різних видів).

Вплив одного виду на інший може бути нулевим, благодійним та не благодійним і включає:

- нейтралізм (види незалежні і не впливають один на одного);

- конкуренцію (кожний з видів здійснює на інший неблагоприятну дію);

- мутуалізм (кожний з видів може рости, розмножуватися, жити тільки в присутності іншого виду);

- співробітництво (два види утворюють угруповання);

- коменсалізм (один вид отримує користь від співіснування);

- паразитизм (паразитичний вид тормозить ріст і розвиток свого хазяїна);

- хижацтво (хижий вид використовує в якості їжі жертву).

Вплив біологічних факторів на біосферу може обумовлюватися як самими живими організмами (вірусами, мікроорганізмами, простішими, комахами, рослинами), так і продуктами їх життєдіяльності (пилком, спорами, шерстю, не властивими для людини сполуками, які наділені алергенними властивостями).



### Контрольні питання

1. Що таке спадковість? Які принципи організації спадковості у різних організмів?
2. Що забезпечує сталість і різноманітність органічного світу?
3. Яка відмінність генотипу від фенотипу?
4. Які типи мінливості вам відомі?
5. Що таке мутації? Які фактори можуть їх спричиняти? Наведіть приклади.
6. Які типи мутацій розрізняють за характером змін у генотипі?
7. Як еволюція вірусів на сучасному етапі пов'язана з біологічною небезпекою для біоти? Наведіть приклади.
8. Якими профілактичними методами можна запобігти виникненню мутацій мікроорганізмів особливо патогенних?

### Використана література

- Бойко А.Л.** Влияние факторов внешней среды на вирусы, инфицирующие растения / А.Л. Бойко // Сельскохозяйственная биология. – 1989. – №5. – С. 120-125.
- Бойко А.Л.** Вплив радіації на фітовіруси / А.Л. Бойко // Агроекологічний журнал. – 2006. – 2. – С. 12-16.
- Миттвух У.** Половые различия в клетках / В кн. Структура и функция клетки. – Гл. ред. Г.М. Франк. – М.: изд. Мир, 1964. – С. 56-71.
- Патыка В.Ф.** Микроорганизмы и биологическое земледелие / В.Ф. Патыка // Микробиол. Журнал. – 1994. – № 1. – С. 94.
- Популярная медицинская энциклопедия. Гл. ред. Б. Петровский. – М.: «Советская энциклопедия», 1987. – 704 с.
- Стожаров А.Н.** Медицинская экология: Учебное пособие / А.Н. Стожаров. – Минск: «Высшая школа», 2007. – 368 с.
- Фурдичко О.І.** Екологічна безпека агропромислового виробництва / О.І. Фурдичко, А.Л. Бойко. – Київ: ДІА, 2013. – 416 с.

# РОЗДІЛ 5

## СУЧАСНА БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА ПИТАННЯ БІОБЕЗПЕКИ

*5.1. Історія розвитку біотехнології*

*5.2. Роль біотехнології в оздоровленні біосфери*

*5.3. Використання сучасної біотехнології в сільському господарстві та інших галузях господарювання*

*5.4. Інтродукція нових видів організмів та її вплив на довкілля*

Біотехнологія як перспективна наука XXI ст. інтегрується з багатьма дисциплінами, а поряд з мікроелектронікою та робототехнікою відіграє провідну роль у науково-технічному прогресі. Сучасна біотехнологія активно впливає на всі аспекти практичної діяльності людини.

Біотехнологічні методи включають мікробіологічний синтез, генну інженерію, клітинну та білкову інженерію, інженерну ензимологію, культивування клітин рослин, тварин і бактерій, методи злиття клітин. За їх допомогою отримують десятки біологічно активних речовин, серед них – гормони, ферменти, вітаміни, антибіотики, деякі ліки. Біотехнологічні процеси використовують для отримання кормового і харчового білка за допомогою мікробіологічної переробки нафти тощо.

Надзвичайне значення біотехнологія має в екологізації промислових підприємств на основі створення безвідходних процесів; біотехнологічні методи використовуються при очищенні води, переробленні міських звалищ, біологічні методи знищення шкідників сільськогосподарських культур впевнено витісняють хімічні інсектициди.

### 5.1. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Біотехнологія – міждисциплінарна галузь, що виникла на стику біологічних, хімічних і технічних наук.

**Біотехнологія** (Biotechnología, від грец. Bios-життя, techne – мистецтво, майстерність і logos – слово, навчання) – використання живих організмів і біологічних процесів у виробництві.

За визначенням Європейської біотехнологічної федерації, **біотехнологія** – це скерований людиною комплекс способів отримання корисних для суспільства цільових продуктів

за допомогою біологічних агентів – мікроорганізмів, вірусів, клітин тварин та рослин, а також за допомогою позаклітинних речовин і компонентів клітин.

Нова біотехнологія почала розвиватися після відкриття Дж. Уотсоном і Ф. Кріком будови генетичного матеріалу – ДНК. Технологія рекомбінантних ДНК і гібридом стала базою для створення зовсім іншої біотехнологічної промисловості.

Сучасна біотехнологія включає застосування таких методів:

- *in vitro* з використанням нуклеїнових кислот, включаючи рекомбінантну дезоксирибонуклеїнову кислоту (ДНК) та пряму ін'єкцію нуклеїнових кислот у клітини або органели;

- злиття клітин організмів з різним таксономічним статусом, що дозволять подолати природні фізіологічні репродуктивні або рекомбінаційні бар'єри і які не є методами, традиційними для виведення та селекції.

Існують два основні напрямки сучасної біотехнології – **генетична інженерія і клітинна інженерія**. Саме вони забезпечують отримання широкого спектру біологічно активних речовин (інтерферону, інсуліну, гормону росту людини, вітамінів, вакцин тощо).

Господарське застосування біотехнології сьогодні розвивається переважно в трьох галузях:

- охороні здоров'я;
- сільському господарстві;
- промисловості.

Упровадження біотехнологічних методів у практичній діяльності дасть змогу:

- отримати іммобілізовані ферменти (ферментні препарати зв'язані з полімерним носієм, що забезпечує їх стійкість до денатурації);

- активізувати процеси самоочищення середовища від пестицидів, СПАР, лігніну та інших речовин, що погано розкладаються мікроорганізмами, шляхом внесення в ґрунт (у систему доочищення стічних вод і рибоводні ставки) бактерійних та ферментних препаратів;

- здійснювати реакції в масштабах, які недоступні або малодоступні хімічному синтезу.

Наприклад, відкриття американськими вченими реакції 11-L-гідроксилування (тобто реакції введення кисню в 11-L-положення) у грибів *Rhizopus* дозволило майже в 400 разів знизити собівартість вкрай необхідного лікувального препарату – стероїдного гормону кортизону. Саме ця реакція була найбільш складною в отриманні цього препарату традиційним методом, роблячи весь технологічний процес вкрай трудомістким і дорогим.

## 5.2. РОЛЬ БІОТЕХНОЛОГІЇ В ОЗДОРОВЛЕННІ БІОСФЕРИ

Технічний прогрес у промисловості, на транспорті, інтенсифікація сільського господарства призвели до утворення диспропорцій у навколишньому середовищі, до деформації рівноваги екосистем та погіршення екологічної ситуації в усіх сферах людської діяльності.

Промислові підприємства забруднюють атмосферу газоподібними і твердими викидами, водойми – стічними водами, до складу яких часто входять токсичні речовини, від яких страждає фауна і флора.

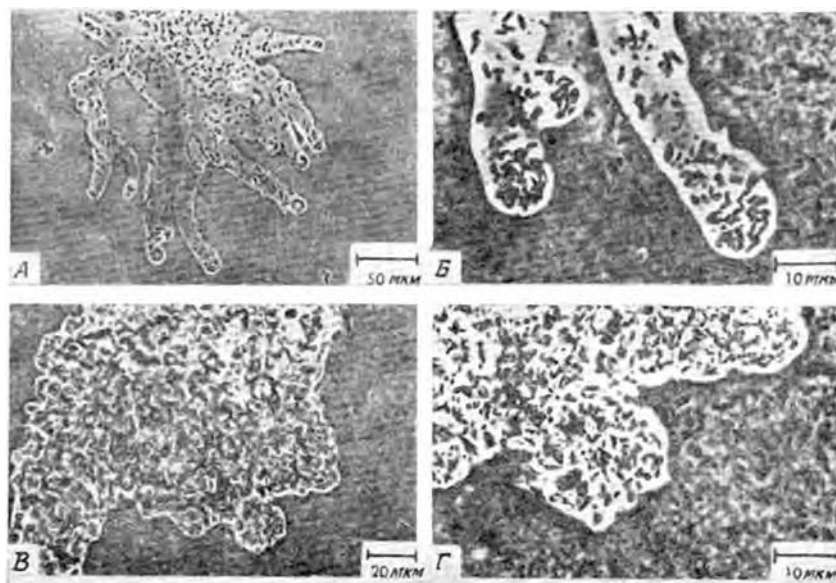
Швидкий приріст населення Землі потребує збільшення ресурсів продовольчих товарів. У 1986 році населення земного шару становило 5 млрд чоловік, у 2000 – 7 мільярдів, а у 2020 році може досягти 8,5 млрд чоловік. Бажання збільшувати ресурси харчування призвело до швидкого погіршення екологічної ситуації в сільськогосподарському виробництві. Більшість фермерських господарств використовують мінеральні добрива. Збільшення кількості мінеральних добрив в 11,5 раза дало приріст врожаю зернових усього на 13,5%. З іншого боку, широке використання міндобрив викликає значну міграцію їх з водою, що погіршує екологічну ситуацію в регіонах.

Серйозну екологічну проблему становлять тверді і рідкі відходи, особливо у великих містах. Кількість звалищ з кожним роком збільшується, а санітарна зона навколо них – 500 м<sup>2</sup>, і це означає, що великі площі землі забруднюються і не потрапляють під використання в господарстві. Крім того, звалища є причиною вторинного забруднення водоймищ і ґрунтів токсичними речовинами хімічної і біологічної природи.

Побутові і промислові стічні води являють собою складну суміш, до складу якої входять різні поживні й різноманітні мікроорганізми. Тому для оброблення стоків необхідна велика кількість різних протистів. Хоча **найпростіші** в наш час не використовуються в промислових масштабах ні для виробництва клітинної маси, ні для синтезу продуктів їх життєдіяльності, вони, водночас з мікроорганізмами, відіграють важливу роль у біологічному очищенні стічних вод. Мікроорганізми, що беруть участь в очищенні стічних вод, конкурують за використання поживних речовин, знешкоджують один одного і взаємодіють багатьма іншими шляхами, характерними для невеликої екологічної системи.

Наведемо приклади використання біотехнологій у практиці очищення стічних вод від органічних і мінеральних сполук. Сьогодні тут поширене використання властивостей аеробних й анаеробних мікроорганізмів.

**Аеробні системи очищення стоків.** У стічних водах, що забруднені органічними речовинами, за наявності кисню інтенсивно розвивається аеробна мікрофлора, яка використовує органічні й неорганічні речовини для свого існування та розмноження.



**Рис. 5.1.** Мікрофотографія деяких мікроорганізмів активного мулу  
[Дж. Бейлі, 1989 р.]

Виникають дуже складні асоціації мікроорганізмів, які утворюють активний мул, до якого входять різні й найпростіші. Між ними встановлюються складні трофічні взаємозв'язки. На рис. 5.1. зображені асоціації мікроорганізмів активного мулу.

При інтенсивній аерації середовища та збалансованому співвідношенні біогенних елементів основну масу мулу утворюють бактерії. Однією з найбільш типових для активного мулу організмів є бактерія *Zoogloea ramigera*. Важливою характеристикою цього організму і багатьох інших, які існують в активному мулі, є здатність синтезувати й секретизувати в навколишнє середовище полісахаридний гель. Саме наявність гелю обумовлює агрегацію мікроорганізмів та утворення флокул, які називаються активним мулом. Активний мул характеризує висока спорідненість із суспензованими твердими та колоїдними частинками. Ця обставина слугує причиною того, що першою стадією руйнації суспензованих твердих часток у стічних водах є приєднання їх до флокул. Потім адсорбовані частинки зазнають окислення організмами флокули. Активний мул необхідно підпорядковувати повторній аерації під час рециркуляції, тому що при цьому відновлюється його адсорбційна здатність.

На відповідальних підприємствах, наприклад на цукрових заводах, для аеробного очищення стічних вод використовують біологічні ставки – систему ставків глибиною 0,6-1,2 м. Одночасно вони слугують водонакопичувачами.

Важливим в аеробних методах очищення стічних вод є те, щоб у ставках не допускати анаеробних процесів гниття. У літній період, коли температура води в ставках становить +18-25°C, можуть розвиватися одноклітинні фотосинтезуючі водорості, які беруть участь в очищенні води. Після закінчення сезону робіт воду спускають, а активний мул використовують як добрива. На рис. 5.2 показана схема аеробного очищення води.

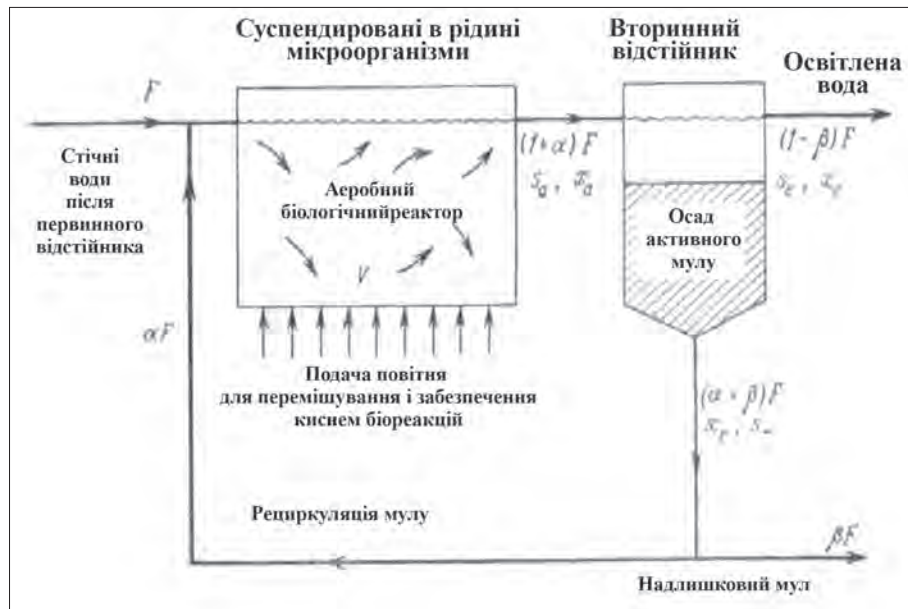


Рис. 5.2. Схема аеробного очищення води за участі активного мулу  
[Дж. Бейли, 1989 р.]

Досліджено, що в біологічних ставках колонії мікроорганізмів вільно переміщуються у воді. Кисень надходить через поверхню води або від фотосинтезуючих водоростей і природним шляхом повільно розчиняється у воді. Концентрація мікроорганізмів й одноклітинних водоростей повинна бути не досить високою, тому що на дні ставка може з'явитися додатковий осад, почнуть виникати анаеробні процеси гниття і вторинне забруднення водоймища.

Сьогодні у світі інтенсивно використовують методи очищення стічних вод шляхом введення у водні басейни великої кількості повітря (за допомогою спеціальних механічних аераторів та компресорів) та бактеріального мулу при безперервному перемішуванні води. Сучасні аеротенки є, фактично, ферментаторами різної потужності, у яких вирощується активний мул. Багато промислових технологій замінюються технологіями, що використовують ферменти і мікроорганізми під час переробки сільськогосподарських, промислових і побутових відходів для одержання біогазу та добрив.

**Анаеробні системи очищення стічних вод.** У природних умовах інтенсивний розвиток анаеробних організмів відбувається під час розкладу органічних речовин у болотах, водоймах, ґрунті та в забої тварин.

Для очищення стічних вод з високою концентрацією органічних речовин (при утилізації відходів тваринницьких комплексів та птахоферм, виробництві вітаміну  $B_{12}$  тощо) використовують метод метанового збродження. Це особливий анаеробний процес, який здійснюється у відповідних апаратах – метантенках.

На мікрофлору метанового збродження впливає склад мікроорганізмів стоків, що надходять на очищення. Так, у культуральних рідинах стоків зі свиноферм було виявлено до 50% ентеробактерій *E.coli* та анаеробні стрептококи. Тому

такими стоками не можна зрошувати поля без попереднього очищення і знезаражування. Метанове збродження стічних вод рекомендується використовувати не тільки як метод отримання газоподібного палива, цінних органічних добрив і навіть кормових добавок, а як ефективний метод захисту природного навколишнього середовища від патогенної мікрофлори та вірусів.

Водночас необхідно враховувати, що неконтрольоване поширення генно-інженерних живих організмів і продуктів може порушити біологічний баланс у природі та створювати загрозу здоров'ю людини.

### **Штучна інтенсифікація очищення стічних вод у біоставках**

Штучне біологічне очищення стічних вод, що є одним з найбільш важливих процесів, які виконує людина за допомогою мікроорганізмів, значною мірою відтворює елементи природних екологічних циклів.

Наприклад, вчені Інституту ботаніки НАН України довели, що водорість *Scenedesmus quadricauda* володіє антибактеріальними та альгостатичними властивостями й може бути використана для знезараження вод біологічних ставків і водойм загального користування в разі їх забруднень збудниками інфекційних хвороб, у тому числі і збудником сибірської виразки.

Проточні біологічні ставки при масовому розвитку в них водоростей і витримці технологічного та гідрологічного режимів можуть бути використані для очищення води від яєць гельмінтів.

У 2014 році інтернаціональна група вчених, яка досліджувала води в Японському і Тасмановому морях, виявила зовсім новий вид бактерій, здатних розв'язувати деякі проблеми очищення стічних вод. Дослідники виявили дві абсолютно нові бактерії, які отримали назву *Marinobacter similis* та *Marinobacter salaries*. Унікальною особливістю цих бактерій є їх здатність руйнувати детергенти, які використовують у виробництві миючих засобів та у фармацевтичній промисловості. Молекулярна структура детергентів надзвичайно стійка до руйнування, тому їх викид у водойми призводить до погіршення екологічної ситуації, порушення безпеки умов водокористування і «цвітіння» води.

До основних методів, які можуть бути використані для оздоровлення довкілля, належать:

- розроблення й використання безвідходних технологічних процесів у всіх сферах виробництва;
- зменшення кількості стічних вод за рахунок упровадження зворотно-замкнутого технічного водокористування;
- упровадження біологічних методів очищення, глибокого доочищення та знезараження стічних вод;
- використання в технологіях очищення стічних вод іммобілізованих культур мікроорганізмів;
- одержання культурних рослин, здатних фіксувати атмосферний азот без участі мікроорганізмів;
- використання методів генної та клітинної інженерії для отримання культурних рослин, при вирощуванні яких немає необхідності використовувати отрутохімікати для боротьби з гризунами, шкідливими комахами та збудниками хвороб.

### 5.3. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ТА ІНШИХ ГАЛУЗЯХ ГОСПОДАРЮВАННЯ

Відкриття в 1880 р. Ф.М. Каменським явища співжиття рослин із грибами (мікориза), а в 1886 р. М.С. Вороніним – явища співжиття рослин із бульбочковими бактеріями певною мірою підготували ґрунт для подальших досліджень С.М. Виноградського. В 1893 р. він відкрив фіксацію атмосферного азоту в ґрунті вільноживучими бактеріями.

Азотфіксація – один із найважливіших процесів кругообігу азоту в природі, який забезпечує використання азоту повітря для синтезу сполук, доступних для використання живими організмами.

Процес засвоєння молекулярного азоту повітря відбувається за участю вільноживучих азотфіксуючих бактерій – *Asotobakter*, *Clostridium*, а також симбіотичними азотфіксаторами, що живуть у симбіозі з вищими рослинами – бульбочковими бактеріями бобових рослин. До азотфіксаторів належать також деякі анаероби – синьо-зелені водорості та фотосинтезуючі бактерії. Цей процес здійснюється за участю ферменту нітрогенази, яка каталізує відновлення молекулярного азоту до аміака в присутності джерела енергії (АТФ) і сильних відновників (ферредоксину та іонів  $Mg^{2+}$ ):



За участю вільноживучих азотфіксуючих бактерій кожний гектар площі може збагачуватись на 15–30 кг азоту, а за наявності бульбочкових бактерій – на 200–300 кг.

В усьому світі широко досліджується можливість використання біотехнології у сільському господарстві, а саме:

- керування процесами азотфіксації і фотосинтезу, у тому числі, можливість введення генів азотфіксації в геном корисних рослин;
- поліпшення амінокислотного складу рослинних білків;
- використання нових регуляторів росту рослин, мікробіологічні засоби захисту рослин від хвороб і шкідників, бактеріальні добрива;
- генно-інженерні вакцини, сироватки, моноклональні антитіла, що використовують для профілактики, діагностики і терапії основних хвороб сільськогосподарських тварин;
- застосування генно-інженерного гормону росту у створенні більш ефективних технологій племінної справи, а також техніка трансплантації і мікроманіпуляції на ембріонах домашніх тварин;
- використання кормового білка для підвищення продуктивності тварин, отриманого мікробіологічним синтезом тощо.

Наприклад, нині проводяться генно-інженерні дослідження щодо перенесення генів, від яких залежить синтез нітрогенази, із азотфіксуючих бактерій в інші



мікроорганізми, що знаходяться в культурних шарах ґрунту. Сьогодні найбільш розвинутими напрямками науково-практичних робіт в галузі біотехнології рослин є вивчення:

- стійкості до шкідників і хвороб;
- стійкості до гербіцидів;
- стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища;
- здатності витримувати більш широкий спектр умов збереження і переробки;
- вироблення нових корисних біологічних речовин;
- прояви нових декоративних властивостей.

Цими питаннями в Україні займаються вчені Інституту агроєкології та природокористування. Аналізи та спеціальні дослідження дали змогу відмітити сумний факт «сьогодні фіксація атмосферного азоту рослинами в різних регіонах Землі катастрофічно зменшилася. Це стосується в першу чергу рослин квасолі, сої, люпину, машу та інших бобових культур. В інфікованих рослин ВЖМК (Potivirus) цей процес значно прискорюється і підсилюється під впливом таких факторів довкілля, як зміна вологості ґрунту, рН середовища, пестицидного навантаження, радіаційного забруднення тощо. Довготривалі дослідження за маршрутом Черnobиль-Вишгород – Київ – Васильків-Біла Церква – Жашків – Умань – Одеська область показали, що існують регіони де фіксація атмосферного азоту зменшується до 62% і більше.» Вчені відмічають, що майже всі види бобових рослин контаміновані вірусами на 60-78%. Процес бульбочкоутворення у хворих рослин значно нижчий, ніж у здорових.

Співробітники інституту розробили препарати: *ризофобіт* (препарат бульбочкових бактерій бобових культур), який забезпечує поліпшення азотного живлення, підвищення продуктивності та якості бобових культур; *біополіцид* (препарат для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур), який пригнічує розвиток фітопатогенних грибів, посилює імунітет рослини, сприяє активізації ростових процесів.

Відомо, що переважна більшість інформації про морфологічний вигляд та функціонування біологічного організму, а також програма його розвитку закладена в геномі – карті розвитку існуючих та майбутніх поколінь живих організмів. Генетична інформація має добрий захист від зовнішнього впливу і досить інертно реагує на зміни в навколишньому середовищі. Водночас необхідно враховувати, що неконтрольоване поширення геноінженерних живих організмів і продуктів їх обміну може порушити біологічний баланс у природі і являти загрозу навколишньому середовищу і здоров'ю людини.

Біотехнологічні процеси з використанням мікроорганізмів і ферментів широко застосовують у харчовій промисловості. Промислове вирощування мікроорганізмів, рослинних і тваринних клітин – для одержання багатьох цінних сполук, наприклад ферментів, амінокислот, вітамінів, метанола, органічних кислот (оцтової, лимонної, молочної) тощо.

Деякі держави за допомогою мікроорганізмів одержують етиловий спирт, що використовують як паливо для автомобілів (у Бразилії, де паливний спирт широко застосовується, його одержують із цукрового очерету та інших рослин).

Підвищення інтересу до етанолу як палива постало причиною розроблення багатьох нових процесів і нових штамів мікроорганізмів, що значно поліпшило й економічні показники процесу. Процеси за участю бактерій *Zytoponas mobilis* порівняно з дріжджами забезпечують більш високі швидкості виділення глюкози й утворення спирту.

А.Спірін у 1985-1988 рр. розробив принципи безклітинного синтезу білка, коли замість клітин застосовують спеціальні біореактори, що містять необхідний набір очищених клітинних компонентів. Такий метод дозволяє одержувати різні типи білків і знайшов своє використання у виробництві.

На здатності різноманітних бактерій перетворювати метали в розчинні сполуки або накопичувати їх у своєму організмі заснований витяг багатьох металів із бідних руд або стічних вод. Наприклад, бактерії роду *Thiobacillus* (від грец. *theion* – сірка) допомагають виділити мідь з породи. Вони харчуються не вуглеводами, а сіркою й залізом, розмножуються навіть у присутності сильних кислот, навіть самі продукують сірчану кислоту.

Усе більше нових продуктів, раніше невідомих, з'являється на світ завдяки розвитку біопромисловості. Сучасні пластик, текстильні вироби, електроніка – це результат діяльності мікроорганізмів. Наприклад, відповідні мікроорганізми можуть продукувати полімери із цукру. Так, бактерія *Alkaligenes eutrophus* здатна синтезувати полігідроксибутират (ПГБ). Її клітини накопичують цей полімер у кількості, що досягає 80% власної маси. На рис. 5.3. представлений полімер ПГБ у момент його продукування бактерією *Alkaligenes eutrophus*.

Полімер, що продукується, слугує клітинам мікроорганізму як запасний матеріал (подібно крохмалю в рослинних клітинах) і тому має перевагу над хімічними полімерними матеріалами. ПГБ гідролізується біологічним шляхом. Наприклад, нитки з «біопласту» використовуються для накладання швів на післяопераційні рани. На рис. 5.4. зображений зовнішній вигляд цього полімеру.



**Рис. 5.3. Бактерія *Alkaligenes eutrophus* продукує полігідроксибутират**  
[Реннеберг Р., 1991]



**Рис. 5.4. Фото біополімерного матеріалу ПГБ, який легко розкладається мікробами**  
[Реннеберг Р., 1991]

Інші мікроорганізми синтезують з крохмалю полімер пуллулан, з якого виготовляють тонкі плівки, у які герметично запаковують харчові продукти, щоб зберегти їх свіжими. Пуллулан, подібно крохмалю, розчинюється у гарячій воді. При виробництві нових «мікробних» пластмас економиться електроенергія й сировина, і найголовніше – вони швидко руйнуються мікроорганізмами, тому не забруднюють навколишнє середовище.

## 5.4. ІНТРОДУКЦІЯ НОВИХ ВИДІВ ОРГАНІЗМІВ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

Інтродуковані (чужорідні, адвентивні, або алохтонні види) – види живих організмів, що перебувають у складі неродинних їм угруповань, види за межами своїх природних ареалів. Частіше за все термін вживається для видів, що навмисно або випадково завезені на нове місце в результаті людської діяльності.

Процес освоєння інтродукованого виду на новому місці називається інтродукцією.

Прикладом умисної інтродукції є розповсюдження багатьох адвентивних видів бур'янистих рослин, які переміщувались із району до району разом із культурними рослинами, а також багатьох рудеральних рослин, що розповсюджуються за порушенням людиною природних екологічних систем. На південному сході європейської частини Росії швидко розселяються агресивні рудеральні рослини із родів амброзія та циклохену. У багатьох водоймах земної кулі відзначається масове розростання водних бур'янів. Так, у тропічному та субтропічному поясах дуже широко розселилися водний гіацинт та сальвінія настирлива, які наносять значні економічні збитки, особливо у країнах Африки, Південно-Східної Азії та Австралії. У зрошувальних каналах Європи велику шкоду завдає елодея канадська, а у водоймах Канади – розрослася європейська уруть колосиста.

**Лісова інтродукція** – штучне розмноження та вирощування у лісних культурах нових видів дерев'янистих рослин, що раніше не зростали на даній місцевості. Способи інтродукційної роботи та засоби, за допомогою яких вона здійснюється, обирають із урахуванням екології рослин, природних умов району лісової інтродукції та відповідних рівню розвитку науки методів і технічних можливостей її проведення. Її успіх залежить від конкурентної здатності інтродуцента в лісовому угрупованні. Лісову інтродукцію частіше використовують для цільового вирощування лісу, зокрема для створення лісосировинної бази целюлозо паперової промисловості. Вчені вважають, що лісова інтродукція – додатковий ефективний засіб відновлення хвойних лісів

Значні збитки природним екологічним системам може нанести інтродукція тварин через відсутність природних ворогів, що контролюють їх чисельність. Загальновідомі згубні наслідки інтродукції та натуралізації кролика в Австралії.

У 70-х роках ХХ ст. по берегах озер Буриятка, Ули-Шоркуль Каладжигської системи була полоса очеретяної та рогозової заростей шириною в 100-150 м. Після випуску в ці озера рослиноїдних риб, особливо білого амура, спостерігалось знищення цих заростей, а також підводних і плаваючих рослин. В результаті, фітофільні риби, які жили в озерах, лишилися нерестового субстрату, що викликало в наступні роки різке скорочення вилову сазана та інших цінних промислових риб. Другий приклад, в Азовське море з експериментальною метою заселили далекосхідну рибу пеленгас, яка дуже швидко розселилася по всій акваторії Азова. Риба витіснила багато аборигенних видів азовської іхтіофауни і стала одним із основних промислових видів риб цього моря.

Отже, біологічні чинники здійснюють істотний вплив на життєдіяльність людини, тварин і рослин, а також на середовище їх існування. Важкі наслідки для довкілля може мати необґрунтована умисна інтродукція нових видів організмів. Часто інтродуковані види здатні істотно змінити екосистему регіону, і стають причиною значного скорочення або навіть вимирання окремих видів місцевої флори і фауни.

---

## РОЗДІЛ 6

# ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ ТА ЇХ БІОБЕЗПЕКА

У сучасних умовах науково-технічного прогресу, поширення новітніх технологій, а також сфер їх застосування, невід'ємним складником екологічної безпеки стає біологічна безпека при поводженні з генетично модифікованими організмами. За останні роки генетична інженерія досягла високого технічного рівня зрілості, унаслідок чого стала реальною продуктивною силою. Безконтрольне вивільнення ГМО може призвести до порушення екологічного балансу та виникнення загрози біологічному різноманіттю.

### 6.1. ПОНЯТТЯ ПРО ТРАНСГЕННІ ОРГАНІЗМИ ТА ПРОДУКТИ

Протягом останніх тридцяти років найбільшого поширення в суспільстві набули продуценти генної інженерії – генетично модифіковані організми (організми, до геному яких за допомогою методів генетичної інженерії інтродуковано функціонуючі сторонні гени або ділянки ДНК), добре відомі за своєю скороченою назвою – ГМО.

**Трансгенний організм** – це рослини, тварини, мікроорганізми, віруси, генетична програма яких змінена із застосуванням методів генної інженерії. Трансгенні організми почали використовувати для отримання генетично модифікованих джерел їжі та для отримання медичних препаратів.

**Генна інженерія**, або технологія рекомбінантних ДНК, – це науково-практичний напрямок сучасної біомедичної науки, основою методології якого є виділення з клітин індивідуальної ДНК та спрямоване маніпулювання з її молекулами, зокрема, отримання молекулярних химер, тобто молекул, сформованих із фрагментів ДНК різних біологічних видів.

*6.1. Поняття про трансгенні організми та продукти*

*6.2. Використання біотехнології в медицині*

*6.3. Можливі ризики використання продукції з ГМ-джерел*

*6.4. Правове регулювання використання генетично модифікованих організмів в Україні та світі*

Генна інженерія досягла значних результатів у вирішенні прикладних завдань. Наприклад, у лабораторії Г. Бойера (США, 1977 р.) вперше вдалося змусити бактеріальну клітину виробляти тваринний гормон – соматостатин, вихід якого становив 10 тис. молекул на клітину. Із 100 гр біомаси бактерій, що були вирощені у 8 дм<sup>3</sup> середовища, вдалося отримати 5 мг гормону – стільки, скільки виділяють з мозку 100 голів овець. До сьогодні в клітинах *E.coli* клоновано велику різноманітність генів різних організмів, зокрема і генів людини.

## 6.2. ВИКОРИСТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ

У медичній практиці біотехнологічні прийоми і методи відіграють головну роль при створенні нових біологічно активних речовин і лікарських препаратів, призначених для ранньої діагностики і лікування різноманітних захворювань.

Біотехнологічні методи генної інженерії в медицині мають на меті:

1) отримання нових генотипів (та фенотипів) організмів шляхом трансплантації гена одного організму в генотип іншого. Конкретними досягненнями цього біотехнологічного напрямку є створення химерних форм мікроорганізмів, що містять в собі гени, спроможні спрямовувати синтез корисних для людини білкових продуктів, зокрема лікарських засобів – інтерферонів, гормонів, ферментів, імунобіологічних препаратів (наприклад, вакцини проти вірусу гепатиту В) тощо;

2) застосування «генних трансплантацій» для лікування спадкових хвороб людини та тварин – генна терапія. Цей напрямок біотехнологічних досліджень лише започатковано, але він обіцяє в майбутньому створити принципово нові медичні технології терапії практично невиліковних у наш час спадкових хвороб та значної кількості найбільш поширених хвороб, у патогенезі яких певне місце займають спадкові фактори (атеросклероз, цукровий діабет, нервово-психічні хвороби тощо). Такий підхід уже реалізований у терапії спадкового гіпогонадізму в мишей, у запліднену яйцеклітину яких був імплантований ген гонадоліберину.

### ***Технологія трансплантації генів***

Технологія трансплантації генів складається з декількох етапів і включає:

1) отримання в чистому вигляді, тобто у формі ізольованого фрагмента ДНК, гена з певними властивостями (тобто такого, що кодує синтез необхідного ферменту, гормону тощо);

2) конструювання рекомбінантної (гібридної, химерної) молекули ДНК;

3) введення рекомбінантної ДНК усередину реципієнтної бактеріальної клітини (тобто такої, у якій буде здійснюватися реплікація);

4) клонування рекомбінантної ДНК.

### **Отримання необхідного гена**

Отримання гена (молекули ДНК), що буде підлягати реплікації (клонуванню) з виходом значної кількості реплік, може бути здійснено такими методами:

- хімічним синтезом гена (можливо тільки для коротких генів, що складаються з декількох десятків азотистих основ);

- виділенням необхідного гена (фрагмента ДНК) з цілісного геному клітини (проблема утруднена у зв'язку із значною складністю геномів еукаріотів, у складі яких значна кількість інтронів та повторів, які не транскрибуються);

- конструюванням на мРНК (що кодує синтез білка, який бажано отримати в результаті біотехнологічної процедури) комплементарної відносно неї ДНК (кДНК).

Метод широко використовується для отримання кДНК і включає виділення з тотальної мРНК тканини мРНК, що кодує трансляцію певного білка (наприклад, інтерферону, інсуліну) з подальшим синтезом на цій мРНК, як на матриці, необхідної кДНК за допомогою зворотної транскриптази.

### **Конструювання рекомбінантної ДНК**

Ген, що був отриманий за допомогою вищерозглянутої процедури (кДНК), необхідно ввести в бактеріальну клітину так, щоб він інтегрувався в її геном. Для цього формують рекомбінантну ДНК, що складається з кДНК та особливої молекули ДНК, яка править за провідник, або вектор, здатний до проникнення в реципієнтну клітину. У ролі векторів для кДНК застосовують віруси або плазміди.

**Плазміди** – це невеличкі кільцеві молекули ДНК, які розташовані окремо від нуклеоїду бактеріальної клітини (зокрема, *E.coli*), містять у своєму складі декілька важливих для функції всієї клітини генів (наприклад, гени стійкості до антибіотиків) і можуть реплікуватися незалежно від основного геному (ДНК) клітини.

Біологічно важливими і практично корисними для генної інженерії властивостями плазмід є їх здатність до переходу з однієї клітини в іншу за механізмом трансформації або кон'югації, а також спроможність включатися в бактеріальну хромосому та реплікуватися разом з нею. Для конструювання рекомбінантної ДНК і кільцеву ДНК плазміди, і лінійну кДНК розщеплюють за допомогою високоспецифічних до певних нуклеотидних послідовностей ендонуклеаз, так званих рестриктаз.

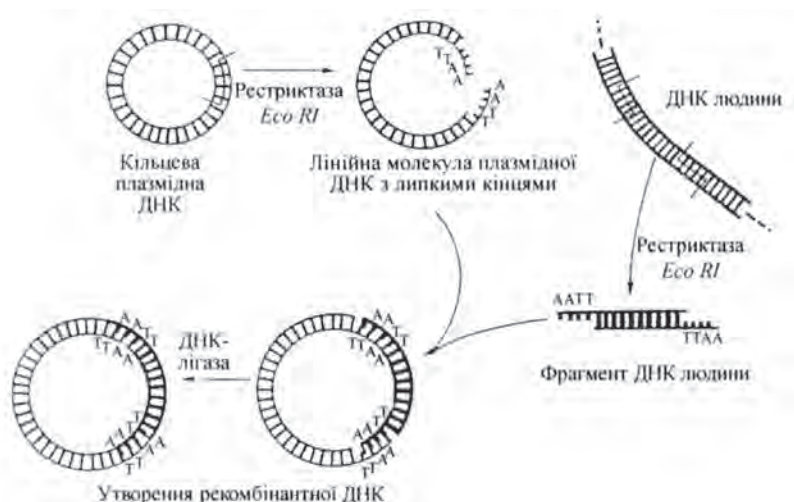
### **Введення рекомбінантної ДНК у клітину та клонування необхідного гена**

Рекомбінантні ДНК, що складаються з плазмідної ДНК та ДНК гена, що трансплантується (наприклад, гена, який кодує синтез певного білка організму людини) при взаємодії з бактеріальними клітинами (що є нормальними господарями для цієї плазміди), можуть проникати всередину останніх.

Усередині клітини-хазяїна відбувається реплікація (клонування) рекомбінантної ДНК з утворенням багатьох тисяч копій. У подальшому ці клоновані ДНК виходять з бактеріальної клітини, і з них можна (знову ж таки за допомогою рестриктаз) виділити велику кількість копій гена, який потрібний.

На рис. 6.1 показана схема послідовності створення рекомбінантної ДНК.

Прокаріоти і, насамперед, *E.coli* не володіють біохімічним механізмом, який здатний здійснювати сплайсинг РНК. Тому еукаріотичний ген, включений прямо в *E.coli*, не буде нормально експресуватися. В *E.coli* будуть транскрибуватися послідовності інтронів еукаріотичного гена мРНК, і поліпептид, який синтезується, буде різко відрізнятися від нормального еукаріотичного білка. Тому необхідно готувати бактеріальний ген так, щоб він вмщував тільки нуклеотидну послідовність, що кодує первинну структуру білка (екзони) і не вмщує жодного інтрону. Це досягається двома шляхами: хімічним синтезом заданої послідовності нуклеотидів або отриманням бактеріального гена, відповідного еукаріотичному білку, виходячи із зрілої мРНК, яка уже пройшла стадію сплайсингу.



**Рис. 6.1. Схема утворення рекомбінантної ДНК з плазміди та фрагмента ДНК людини [Ю. Губський, 2000 р.]**

Сьогодні для клонування генів, крім бактерій, використовують клітини дріжджів, грибів, рослин і навіть вищих тварин.

Людство зазнає труднощів з дефіцитом інтерферону – важливим білком в організмі людини, якому властива протиракова та провітавірусна активність. Інтерферон характеризується видовою специфічністю, тобто тваринний інтерферон для лікування людини не використовується, тому що він відторгується та малоефективний.

У 1979 році професор Чарльз Вайсман винайшов бактеріальні колонії, які могли продукувати людський інтерферон. Із клітин (лейкоцитів) крові людини, яка



перенесла вірусне захворювання, була виділена інформаційна РНК, що забезпечувала синтез інтерферону. На її основі синтезували ген людського інтерферону.

### **Недосконалість методів генетичної модифікації**

Маніпулювання генетичним матеріалом на молекулярному рівні поки лишається складною операцією. Найбільш слабкою ланкою є перенесення бажаного гена в геном реципієнта. Навіть сама природа, а зовсім не генна інженерія, і тепер усе ще продукує небезпечні нові мутанти, наприклад, віруси грипу, які постійно змінюються.

Клонування необхідного гена і його експресія ефективно виконуються як окремі послідовні операції. Тому дуже важливий постійний контроль за різними перетворюваннями ДНК шляхом визначення нуклеотидної послідовності та вивчення фрагментів, що утворюються при розщепленні рестриктазами.

Постає питання: чи не можуть мікроорганізми, які підлягають різним генно-інженерним змінам, бути використаними для воєнних цілей?

З 1975 року існує міжнародна угода, яка забороняє розроблення і впровадження «біологічної зброї». Це підвищує роль учених-біологів, які несуть відповідальність за дотримання цієї угоди, бо тільки завдяки їх діяльності генна інженерія може бути використана в неправомірному напрямку.

Існування власної (національної) біотехнологічної промисловості з виробництва стратегічних медичних і ветеринарних препаратів для боротьби з найважливішими біозагрозами є основою біобезпеки для будь-якої країни. Наразі Україна не має виробництва жодного власного сучасного антибіотика (четвертого і п'ятого покоління), жодного власного вітаміну. Найчастіше українські фармацевтичні компанії купують субстанції для виготовлення ліків за кордоном, фасують їх і потім продають. Тому створення національного центру сучасних (клітинних і генних) технологій є одним з найголовніших завдань для системи біобезпеки держави.

## **6.3. МОЖЛИВІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКЦІЇ З ГМ-ДЖЕРЕЛ**

Трансформація рослин за допомогою штучно синтезованих генів чи хромосом, які дають змогу переносити цілі «блоки» генетичної інформації, створює можливість формування нових синтетичних організмів, що також відразу порушує питання біобезпеки генно-інженерної діяльності, розширюючи коло етичних питань у дискусіях про місце, значення і роль сучасних біотехнологій.

Основними виробниками генетично модифікованих рослин є транснаціональні корпорації, які мають свої представництва в багатьох країнах. Перші трансгенні продукти розробила американська корпорація Monsanto. Сьогодні ця компанія контролює 80% світового ринку виробництва ГМО. У 1988 році були зроблені

перші посіви трансгенних злаків, а в 1993 р. перші продукти із ГМО-компонентами з'явилися в продажу.

Сьогодні ГМ-рослини офіційно вирощуються у 25 країнах світу та зайняли у 2011 році 170,3 млн га світових сільськогосподарських угідь, а харчові продукти, що містять ГМО, є частиною щоденного раціону мільйонів людей. Загальна вартість ГМ-культур у 2011 році сягала 19,7 млрд доларів. У 2012 році лідерами з вирощування ГМ-культур були 11 країн (США, Бразилія, Аргентина, Канада, Індія, Китай, Парагвай, Південна Африка, Пакистан, Уругвай, Болівія), у яких площі посіву становили 98,57% світових посівних площ ГМ-культур.

Продукція ГМО почала з'являтися у продажу в різних країнах світу ще в середині 90-х років минулого століття. Але, на відміну від США, де такі товари частіше всього не маркувалися, почали безперешкодно потрапляти до інших держав, включаючи країни колишнього СРСР.

У Західній та Північній Європі одразу дуже прискіпливо поставилися до цієї продукції. Уряди держав вимагали надання інформації про ГМО-походження продуктів та можливі ризики, що існують для споживачів при їхньому вживанні. Керуючись вимогами міжнародних біоетичних стандартів, постачальники мали ретельно роз'яснювати населенню, чим саме може загрожувати споживання продуктів харчування, лікарських препаратів або іншої продукції, що містить ГМО чи їх компоненти.

Крім трансгенних рослин, існують трансгенні тварини, м'ясо яких давно використовують у всьому світі. Деякі західні компанії (Pharmino – Нідерланди, Transgenics Advanced, Cell Technology і PPL – США) займаються вирощуванням спеціальних трансгенних тварин, в організмі яких виробляється особливий білок, що використовується для виробництва ліків.

На Конференції ООН з довкілля і розвитку в червні 1992 року в Ріо-де-Жанейро був прийнятий Протокол порядку денного на 21 сторіччя, у якому конкретно передбачено необхідність забезпечити екологічно безпечне регулювання біотехнологій: «Тільки у випадку наявності належних прозорих процедур забезпечення безпеки і прикордонного контролю співтовариство в цілому буде мати максимальні можливості для отримання користі від застосування біотехнології і більшою мірою із готовністю визнає пов'язані з нею потенційні вигоди і ризики».

17 листопада 1995 року на Конференції в Ріо-де-Жанейро було прийняте рішення 11/5 Сторін Конвенції про розробку «Протоколу про біобезпеку», у якому приділялась особлива увага транскордонному переміщенню будь-якого живого зміненого організму (ЖЗО), отриманого внаслідок застосування сучасної біотехнології, яка може мати несприятливий вплив на збереження і стале використання біологічного різноманіття.

Біобезпека ГМО, на відміну від інших безпек, маловивчена, але системи біологічної безпеки створюють у багатьох державах. Країнам, що розвиваються, у цьому питанні сприяє програма ООН із захисту довкілля (ЮНЕП) спільно з Глобальним екологічним фондом (ГЕФ).

У 2005 р. комісія ЄС відхилила пропозицію щодо можливості імпорту та використання генетично модифікованої кукурудзи в ЄС. У січні 2005 року обмеження запровадила Угорщина, а в березні 2005 року – Польща.

Наразі прикладів серйозної екологічної небезпеки генетично модифікованих продуктів (ГМП) не виявлено, хоча їх потенційна небезпека не підлягає сумніву. Суспільство, перш за все, цікавить питання щодо дії ГМП на здоров'я людини і стан довкілля.

Прогнози ґрунтуються не на фактичних даних, а на підставі загальних біологічних закономірностей, що базовані на положеннях генетики. Крім того, існує думка, що можуть виникнути небезпечні віруси.

Експериментально доведено, що вбудовані в геном гени вірусів можуть об'єднатися з генами інфекційних вірусів (т.зв. рекомбінація). Нові віруси можуть бути агресивнішими, ніж вихідні, і менш видоспецифічними. Наприклад, віруси рослин можуть стати шкідливими для корисних комах, тварин, а також людини.

На цьому етапі розвитку біотехнологій масштабне поширення ГМО є передчасним і може бути реальною загрозою існуванню біоти.

**Ризик у генній інженерії** – це ймовірність здійснення небажаного впливу генетично модифікованого організму на довкілля, збереження і стійке використання біологічної різноманітності, у т.ч. здоров'я людини, унаслідок перенесення генів.

Узагальнюючи формулювання із Картахенського протоколу про біологічну безпеку до конвенції про біологічне різноманіття і Директиви 2001/18/ЄС Європейського парламенту та Ради Європейського Союзу

ГЗО (генетично змінений організм) визначається як будь який організм, за винятком людського, у якому генетичний матеріал був змінений завдяки використанню сучасної біотехнології шляхом, відмінним від природного об'єднання та (або) природної рекомбінації.

Базуючись на принципі перестороги (15 принцип Декларації Ріо), який викладено в Декларації щодо довкілля та розвитку, перш ніж впроваджувати будь-які новітні технології, необхідно створити реальну дієву систему регулювання та контролю, яка гарантує безпеку для людини та довкілля при використанні цієї технології.

**Небезпечні маркерні гени.** При створенні ГЗО, який сам по собі теж пов'язаний з випадковістю, виникає необхідність відбору таких екземплярів, які набули нових властивостей. Для цього в геном реципієнту вбудовують спеціальні маркерні гени, які дають можливість розпізнати ті екземпляри, що були успішно модифіковані. Найчастіше це гени мікроорганізмів, що мають стійкість до антибіотиків.

Маркерні гени функціонально не потрібні модифікованому організму і використовуються тільки в технічних цілях для відбору. Існує ймовірність, що ген стійкості до антибіотиків потрапить у навколишнє середовище та включиться до складу вільноживучих видів. Він може передатися бактеріям шлунково-кишкового тракту тварин або людини, а також ґрунтовим бактеріям. Це може спричинити поширення інфекційних хвороб та значні витрати на створення нових медичних засобів.

**Горизонтальне перенесення генів.** Горизонтальне перенесення генів – це переміщення генетичного матеріалу між клітинами або геномами, які належать неспорідненим видам, шляхом, відмінним від звичайної репродукції. Така здатність використовується в генній інженерії при перенесенні нових генів до організму реципієнта.

Визначення реальності небезпеки горизонтального переносу генів потребує нових досліджень. Наприклад, варто проаналізувати динаміку інфекційних захворювань та поширення стійкості мікроорганізмів до антибіотиків за останні 20 років, простежити її кореляцію з різними факторами, у тому числі з ростом вивільнення ГЗО у довкілля. Фактично, більшості трансгенних рослин надано досить небезпечних ознак. На сьогодні стійкість до гербіцидів мають 75% ГМ-культур, стійкість до шкідників – 17%, а більшість маркерних генів – стійкість до антибіотиків. Поширення таких ознак може мати непередбачені наслідки для природних екосистем та сільського господарства.

### ***Вплив генетичних технологій на навколишнє середовище***

Впровадження генетичних технологій у сільське господарство, зокрема, зерновиробництво, а найближчим часом, і в тваринництво та рибне господарство, пропонується як засіб зниження тиску на природу та навіть її захист. Абсолютна більшість впроваджених сортів ГМ рослин має стійкість до гербіцидів та шкідників. Це має зменшити використання відповідних засобів захисту рослин. Стійкість до гербіцидів означає, що останні або не включаються до метаболізму рослини, або дуже швидко виводяться, не встигаючи заподіяти шкоди. Виникає питання, чи не залишаються гербіциди в неактивній формі в тканинах рослин, і як вони себе поведуть в харчових ланцюгах. Тобто, який вплив може бути на тварин або людину, які споживають ці рослини?

На практиці, слідує природним біологічним законам, ГМ сільськогосподарські рослини схрещуються з дикими спорідненими видами, що може призвести до виникнення, наприклад, стійких до гербіцидів «супербур'янів» або отруйних для своїх природних ворогів гібридів (у випадку передачі гена стійкого до інсектоцидів).

Горизонтальне перенесення генів загрожує переносу названих генів у неспоріднені види, що є ще більш небезпечним. Штучно надані властивості ГМ сільськогосподарських культур (стійкість до гербіцидів, комах тощо) можуть дестабілізувати впливати на природну рівновагу екологічних систем, і без того підірвану іншими видами людської діяльності.

Широко використовуючи ГМ сільськогосподарські культури, ми вносимо нові неконтрольовані впливи чинників на рівновагу в природі. Для умов України, де природні екосистеми перебувають під значним антропогенним впливом, додавання нового (генетичного) чинника може докорінно змінити, або зовсім дестабілізувати речові та енергетичні зв'язки в екосистемі. Вченими доведено, що для десяти гібридних ліній Vt- кукурудзи, модифікованих геномом токсину Cry1Ab виявлено накопичення лігніну від півтора до дворазового рівня відносно норми. Це зумовило зменшення інтенсивності біодеградації рослинних решток Vt-кукурудзи ґрунтовими мікроорганізмами і суттєво знижувало загальну метаболічну активність ґрунту. ДНК з трансгенних рослин іноді може не розкладатися в ґрунті і залишатися стабільною від декілька годин до декілька років, що може призводити до неконтрольованого поширення чужорідних генів, утворення нових вірулентних штамів вірусів, зменшення біорізноманіття агроценозів.

Створюючи та інтродукуючи у природу генетично модифіковані організми, ми починаємо впливати на еволюційний процес, порушуємо генетичні бар'єри між таксономічними групами, починаючи з родів і закінчуючи навіть царствами (наприклад, у випадку пересадки рослинам генів ссавців). Потрапивши у природні умови, ГЗО можуть докорінно змінити вигляд існуючих екосистем та спричинити зникнення деяких видів тварин та рослин.

Однією з екологічних небезпек неконтрольованого забруднення навколишнього середовища є поширення генів вбудованих в геном мікроорганізмів. Передачу генетичної інформації від ГМ-мікроорганізмів до місцевих (аборигенних) штамів мікроорганізмів можна розглядати як суттєвий екологічний вплив, оскільки це може змінити генетичне різноманіття даної групи організмів. З іншого боку, зміни генетичного різноманіття можуть призвести до непередбачувальних змін у морфології мікроорганізмів та їх особливостях взаємодії з іншими компонентами даної екосистеми, що зумовить негативний вплив на навколишнє середовище.

#### ***Різні порушення здоров'я в результаті появи у ГМО нових, незапланованих білків або токсичних для людини продуктів метаболізму***

Існують переконливі докази порушення стабільності геному при вбудовуванні в нього чужорідного гена. Це може слугувати причиною зміни хімічного складу ГМО і виникнення несподіваних, у тому числі токсичних властивостей продукту. Наприклад, для виробництва харчової добавки триптофану в США в кінці 80-х років ХХ століття була створена ГМ-бактерія. Однак разом зі звичайним триптофаном, за нез'ясованих до кінця причин, вона стала виробляти **етиленбіс-триптофан**. У результаті вживання цієї харчової добавки захворіло 5000 осіб, з них 37 померло, 1500 стали інвалідами.

#### ***Поява стійкості патогенної мікрофлори людини до антибіотиків***

При отриманні ГМО до цього часу використовують маркерні гени стійкості до антибіотиків, які можуть перейти в мікрофлору кишечника, що було показано у відповідних експериментах, а це також може призвести до медичних проблем – неможливості вилікування багатьох захворювань.

З грудня 2004 р. у ЄС заборонено продаж ГМО з використанням генів, стійких до антибіотиків. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує виробникам утриматися від використання цих генів, проте корпорації від них повністю не відмовилися. Ризик таких ГМО, як наголошується в оксфордському Великому енциклопедичному довіднику, досить великий і «доводиться визнати, що генна інженерія не настільки безпечна, як це може здатися на перший погляд».

За даними досліджень британських учених в рамках державного проекту «Оцінка ризику, пов'язаного з використанням ГМО в продуктах харчування для людини», оприлюднених у 2002 р., трансгени мають властивість затримуватися в організмі людини і в результаті так званого «горизонтального переносу» вбудовуватися в генетичний апарат мікроорганізмів кишечника людини. Раніше

подібна можливість заперечувалася. Тому додатково необхідно ще вивчати такі питання:

- здатність генетично модифікованих мікроорганізмів (ГММ) заселяти кишечник людини та тварини;
- здатність ГММ викликати захворювання в людини та рослини;
- здатність ГММ передавати гени іншим кишковим та ґрунтовим бактеріям.

## 6.4. ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНО МОДИФІКОВАНИХ ОРГАНІЗМІВ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Проблеми забезпечення належного захисту від негативного впливу ГМО, а також їх транскордонного переміщення, стали причиною розроблення Картахенського протоколу про біобезпеку в рамках Конвенції з біорізноманіття.

***Картахенський протокол, нормативні та організаційні основи забезпечення безпеки життя – живих змінених організмів (ЖЗО).***

29 січня 2000 р. у Монреалі (Канада) 130 країн підписали Протокол з біологічної безпеки як додаток до Конвенції про біологічну різноманітність. Метою цього першого Протоколу до КБР було створення передумов для безпечного міждержавного транспортування, оброблення та використання живих модифікованих організмів (ЖМО), тобто одержаних засобами генної інженерії рослин, тварин і мікроорганізмів.

Картахенський протокол про біобезпеку до Конвенції ООН про біологічне різноманіття є першим міжнародним документом який регулює відносини між країнами у сфері поводження з генетично модифікованими організмами (ГМО), при цьому **констатує можливість відмови від використання ГМО з їх вирогідним негативним впливом на довкілля та здоров'я людини.**

Протокол розроблявся протягом чотирьох років Спеціальною робочою групою міжнародних експертів, зокрема й українських, і був затверджений на Першій екстраординарній Конференції сторін Конвенції про біорізноманіття (м. Монреаль, Канада) у січні 2002 р. Для розроблення механізмів його імплементації був створений Міждержавний комітет по Картахенському протоколу про біобезпеку (МККП). Представник України також увійшов до складу Бюро МККП.

11 вересня 2003 року Протокол набув чинності після того, як його ратифікували понад 50 країн світу. У лютому 2004 р. у Куала-Лумпур, (Малайзія) відбулася Перша конференція сторін Протоколу.

Україна приєдналася до Картахенського протоколу 12.09.2002 р. Картахенський протокол дозволяє імпорт ЖМО (живі модифіковані організми) за умови доведення їх безпечності. У Ст. 16 п. 4 зазначається, що до початку запланованого

використання ЖМО має пройти достатній період спостереження, який відповідав би його життєвому циклу або тривалості процесу відтворення.

Протокол не вимагає ізоляції товарів, які можуть містити ЖМО.

Протокол не наполягає на дотриманні передбаченої ним процедури попереднього погоджування інформації у випадках, якщо вона істотно порушуватиме перебіг торговельних операцій або ставитиме під загрозу забезпечення права доступу до продуктів харчування безпідставного позитивного впливу на навколишнє середовище.

Протокол не вимагає спеціального маркування продуктів споживання, що містять ГМО. Протокол обмежується лише питаннями дотримання цілісності живих екосистем, які можуть порушуватися ЖМО.

На жаль, за такого способу доведення безпечності ЖЗО не враховується специфіка потенційних ризиків від вивільнення їх у довкілля, не визначаються й не оцінюються ймовірності можливих негативних віддалених наслідків.

На п'ятій Нараді Конференції Сторін, яка виступає як Нарада Сторін Картахенського протоколу про біобезпеку до Конвенції про біорізноманіття (11-15 жовтня 2010 року, м. Нагоя, Японія), було прийнято Нагойсько-Куала-Лумпурський додатковий протокол про відповідальність і відшкодування до Картахенського протоколу про біобезпеку.

### **Біобезпека застосування ГМО в країнах ЄС**

Країни ЄС мають як розвинену систему наукових досліджень у галузі біобезпеки й аналізу перспектив розвитку біотехнології, так і досить відрегульовану національну правову базу щодо застосування ГМО.

На ринку в ЄС можуть бути розміщені тільки зареєстровані ГМО. Процедура реєстрації є дуже складною та вимагає участі всіх країн-членів ЄС, оскільки в разі її завершення ГМО може бути розміщеним на всіх 28 національних ринках країн-членів ЄС протягом 10 років.

### **Основні нормативні документи в поводженні з ГМО в ЄС:**

1. **Директива 2001/18/ЄС** Європейського Парламенту і Ради від 12 березня 2001 року про вивільнення в навколишнє середовище генетично модифікованих організмів та про скасування Директиви Ради 90/220/ЄЕС.

Основною метою Директиви є забезпечення більшої ефективності та прозорості порядку надання погодження щодо вивільнення в навколишнє середовище та розміщення на ринку генетично модифікованих організмів (ГМО), обмеження терміну дії такого погодження до десяти років (з можливістю продовження) та запровадження обов'язкового моніторингу після розміщення ГМО на ринку.

Директива також визначає загальну методологію оцінки на індивідуальній основі ризиків для навколишнього середовища, пов'язаних з вивільненням ГМО (принципи, що стосуються оцінки екологічних ризиків, викладені в Додатку II до Директиви), спільні цілі моніторингу ГМО після їх вивільнення в навколишнє середовище або розміщення на ринку, а також механізм, що дозволяє змінювати,

зупиняти або припиняти вивільнення ГМО при появі нової інформації щодо ризиків такого вивільнення.

Консультації з громадськістю та маркування ГМО є обов'язковими відповідно до нової Директиви. Система обміну інформацією, яка міститься в повідомленнях, створена відповідно до Директиви 90/220/ЄС, зберігається. Комісія зобов'язана проводити консультації з компетентними науковими комісіями з будь-яких питань, які можуть вплинути на здоров'я населення та/або стан навколишнього середовища. Вона також може звернутися до етичних комітетів. Директива вимагає забезпечення створення реєстрів з метою запису інформації про генетичні модифікації ГМО та розташування ГМО.

2. **Директива 2009/41/ЄС** Європейського Парламенту і Ради від 6 травня 2009 року про використання генетично модифікованих мікроорганізмів у замкненій системі передбачає спільні заходи щодо використання генетично модифікованих мікроорганізмів (ГММ) у замкненій системі, спрямовані на забезпечення захисту здоров'я населення та навколишнього середовища.

3. **Регламент (ЄС) № 1946/2003** від 15 липня 2003 року Європейського Парламенту і Ради про транскордонні перевезення генетично модифікованих організмів за винятком умисного переміщення в рамках Співтовариства регулює переміщення ГМО між ЄС та іншими країнами.

4. **Регламент (ЄС) № 1830/2003** Європейського Парламенту і Ради від 22 вересня 2003 року стосовно відстеження та маркування генетично модифікованих організмів та відстеження продуктів харчування і кормів, вироблених з генетично модифікованих організмів, та про внесення змін і доповнень до Директиви 2001/18/ЄС.

З 1 червня 2004 року запроваджено нові правила маркування в країнах Європейського Союзу. Маркуванню має підлягати вся харчова продукція з вмістом ГМО понад 0,9%, а також харчова продукція, що отримана з ГМР, але не містить білка і ДНК.

### **Біобезпека застосування ГМО в Україні**

Україна перебуває в центрі уваги провідних біотехнологічних компаній, які зацікавлені у просуванні своєї продукції на її ринок. Де-юре в Україні не зареєстровано жодної ГМ-культури, але де-факто щороку ними, згідно з оцінками експертів, засіваються тисячі гектарів полів. Офіційної інформації про рівень поширення ГМО в Україні, на жаль, немає. Це є наслідком недосконалої системи державного контролю та відсутності ефективних польових наглядових програм. У 2010 році в Україні було вирощено 0,8 млн тонн сої, 11,4 млн тонн кукурудзи та 2,9 млн тонн ріпаку. Частка ЄС в імпорті української сої становила 15,5 %, кукурудзи – понад 50%, а ріпаку – понад 90%. Це свідчить про те, що ринок ЄС є надзвичайно важливим для України. Експерти прогнозують, що ЄС у майбутньому буде одним з головних ринків для української сільгосппродукції та продукції харчової промисловості. Тому національним виробникам необхідно забезпечити відповідність своєї продукції вимогам європейським нормативних актів щодо ГМО. Інакше можливості зростання експорту до ЄС будуть обмеженими.



### **Основні нормативні документи в поводженні з ГМО в Україні**

Окремі аспекти української регуляторної системи щодо ГМО вже відповідають вимогам ЄС, зокрема:

1. Україна за Законом від 29.11.1994 р. № 257/94 ратифікувала Конвенцію ООН про охорону біологічного різноманіття.

2. У 2002 р. Україна приєдналася до Картахенського протоколу (Закон України від 12.09.02 р. № 152 – IV) і цим засвідчила свою позицію щодо підтримки необхідності вжити скоординованих заходів для забезпечення належного рівня захисту в галузі безпечного передання, обігу, оброблення, транскордонних переміщень і використання ГМО, отримані внаслідок застосування сучасних біотехнологій і можуть негативно впливати на збереження та невиснажливе використання біорізноманітності, з урахуванням високих ризиків для здоров'я людини (Додаток № 1). Але повноцінне виконання Україною міжнародних зобов'язань за Картахенським протоколом про біобезпеку потребувало концептуального окреслення засад державної політики у сфері біобезпеки ГМО, а також визначення довгострокових механізмів її реалізації.

31 травня 2007 року був прийнятий Закон України № 1103-У «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів». Він регулює відносини між органами виконавчої влади, виробниками, продавцями (постачальниками), розробниками, дослідниками, науковцями та споживачами генетично модифікованих організмів та продукції, виробленої за технологіями, що передбачають їх розроблення, створення, випробування, дослідження, транспортування, імпорт, експорт, розміщення на ринку, вивільнення в навколишнє середовище та використання в Україні із забезпеченням біологічної і генетичної безпеки.

Це перший законодавчий акт України, який повинен був забезпечити системний підхід щодо поводження з ГМО. Але внесений і прийнятий поспіхом, закон вийшов достатньо загальним, і тому багато питань, які потребували регулювання, залишилися поза ним. Крім того, депутати проігнорували його обов'язкове громадське обговорення, передбачене статтею 23 Картахенського протоколу, де йдеться про інформування громадськості та її участь у питаннях, що стосуються використання ГМО. У 2007-2009 роках його реалізація Урядом України не забезпечувалася, тому що чинні нормативно-правові акти Кабінету Міністрів України не відповідали цьому Закону, а також не були переглянуті та не скасовані нормативно-правові акти міністерств та інших центральних органів, що суперечать цьому Закону.

Як наслідок, в Україні на сьогодні відсутній дієвий державний контроль за ввезенням іноземними компаніями власних сортів рослин, у тому числі генетично модифікованих, що призвело до значних масштабів їх несанкціонованого розповсюдження і використання в Україні. Генетично модифіковані сорти безперешкодно заволодівали великою часткою аграрного ринку України, що спричинило загрозу поступової втрати продовольчої, а також біологічної та генетичної безпеки країни.

Підготовка до підписання Угоди про асоціацію України з ЄС (EU Ukraine Association Agreement) здійснювалася й у попередні роки, особливо останнім

часом активізувалася адаптація екологічного законодавства ЄС в Україні. Так, 19 січня 2010 року було прийнято Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» № 1804-VI. (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007, N 35, ст. 484 ) {Із змінами, внесеними згідно із Законами N 1804-VI (1804-17) від 19.01.2010, ВВР, 2010, N 9, ст. 90 N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012, ВВР, 2012, N 42, ст. 529 N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012. Зміни набрали чинності з 18.11.2012 р.

**Регулюванню Закону про біобезпеку України підлягають:**

- 1) генетично-інженерна діяльність, що здійснюється у замкненій системі;
- 2) генетично-інженерна діяльність, що здійснюється у відкритій системі;
- 3) державна реєстрація ГМО та продукції, виробленої з їх використанням;
- 4) введення в обіг ГМО та продукції, виробленої з їх використанням; експорт, імпорт та транзит ГМО.

Забезпечення виконання Закону України «Про державну систему генетично модифікованих організмів» покладено на центральні органи виконавчої влади у межах повноважень і в порядку, передбаченому законодавством України, зокрема на:

**Кабінет Міністрів України** (ст. 7). Відповідає за розробку нормативно-правових актів на виконання Закону про біобезпеку, а саме:

- забезпечує державне регулювання і контроль у сфері поводження з ГМО та генетично-інженерної діяльності;
- затверджує порядок державної реєстрації ГМО та продукції, отриманої з їх використанням;
- затверджує порядок ввезення ГМО джерел харчових продуктів, кормів і харчових продуктів та кормів, вироблених із ГМО;
- затверджує порядок надання дозволу на транзитне переміщення ГМО через територію України;
- затверджує порядок ліцензування генетично-інженерної діяльності у замкненій та відкритій системах;
- затверджує порядок проведення державної апробації (випробовувань) ГМО у відкритій системі та отримання дозволу на їх проведення;
- затверджує критерії безпеки поводження з ГМО у замкненій системі.

**Міністерство освіти та науки** – центральний орган виконавчої влади з питань освіти і науки (ст. 8):

- забезпечує розвиток наукового і науково-технічного потенціалу в галузі генетично-інженерної діяльності;
- розробляє критерії безпеки поводження з ГМО та генетично інженерної діяльності у замкнених системах;
- розробляє та вдосконалює систему контролю за дотриманням правил безпеки генетично-інженерної діяльності;
- здійснює ліцензування генетично-інженерної діяльності в замкнених системах (наприклад, лабораторії);

- надає дозволи на ввезення незареєстрованих ГМО, якщо вони використовуються виключно для науково-дослідних цілей, а також з метою їх державних випробувань.

**Міністерство екології та природних ресурсів України** – центральний орган виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів (ст. 9):

- реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища:

- здійснює державну екологічну експертизу ГМО, призначених для використання у відкритій системі – розробляє критерії оцінки ризику потенційного впливу ГМО на навколишнє природне середовище;

- здійснює державну реєстрацію засобів захисту рослин, отриманих з використанням ГМО;

- здійснює державний нагляд і контроль за дотриманням заходів біологічної та генетичної безпеки щодо біологічних об'єктів природного середовища при створенні, дослідженні та практичному використанні ГМО у відкритій системі;

- надає дозволи на вивільнення ГМО у відкритій системі.

**Міністерство охорони здоров'я** забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я. Центральний орган виконавчої влади, що:

- забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я на основі наукових принципів та міжнародного досвіду:

- розробляє критерії оцінки ризику потенційного впливу на здоров'я людини ГМО та продукції, отриманої з використанням ГМО, у тому числі харчових продуктів;

- затверджує перелік харчових продуктів, щодо яких здійснюється контроль вмісту ГМО та перелік відповідних методик детекції та ідентифікації ГМО.

**Міністерство аграрної політики та продовольства України** – центральний орган виконавчої влади з питань аграрної політики (ст. 11) забезпечує державну апробацію та державну реєстрацію створених на основі ГМО сортів сільськогосподарських рослин, порід тварин, мікробіологічних і ветеринарних препаратів.

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері безпечності харчових продуктів:

- здійснює державну реєстрацію ГМО джерел харчових продуктів, кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, які містять ГМО або отримані з їх використанням;

- затверджує перелік відповідних методик детекції та ідентифікації ГМО;

- готує пропозиції щодо затвердження переліку кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, у яких здійснюється контроль вмісту ГМО;

- проводить моніторинг кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, отриманих з використанням ГМО, за критерієм наявності в них зареєстрованих ГМО джерел.

Водночас цей Закон не застосовується до людини, тканин та окремих клітин у складі людського організму.

1 серпня 2007 року була прийнята, а з 1 листопада 2007 року набула чинності Постанова Кабінету Міністрів України №985 «Питання обігу харчових продуктів, що містять ГМО і/чи мікроорганізми».

Відповідно до постанови, заборонено ввезення, виробництво і реалізацію харчових продуктів, призначених для дитячого харчування, якщо вони містять ГМО чи генетично модифіковані мікроорганізми (ГММ).

З метою ідентифікації харчових продуктів без ГМО та їх наявності в продуктах харчування, Кабінет Міністрів України 13.05.2009 р. прийняв постанову №468 «Про затвердження Порядку етикування харчових продуктів, які містять генетично-модифіковані організми або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг». Однак така інформація повинна мати підтвердження спеціалістів Держспоживстандарту. а виявлені продукти з вмістом ГМО або виготовлені з їх використанням і введени в обіг в Україні без маркування підлягають вилученню.

17 грудня 2009 року Верховною Радою прийнятий Закон України № 1778-VI «Про внесення змін до Закону України «Про безпечність та якість харчових продуктів» щодо інформування громадян про наявність у харчових продуктах генетично модифікованих організмів (ГМО)», який набрав чинності з дня його опублікування, тобто з 30 грудня 2009 року та Закон України № 1779-VI «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо надання інформації про вміст у продукції генетично модифікованих компонентів», який набрав чинності з 7 березня 2010 року. Зазначеними законами передбачено обов'язкове маркування харчових продуктів при наявності в них більше 0,9% ГМО, чи відсутності в них ГМО, що повинно відображатися на етикетці написом «З ГМО» чи «Без ГМО» відповідно.

Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 09.11.2010 р. № 971 та який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 13 грудня 2010 р. за № 1248/18543 затверджений Перелік харчових продуктів, щодо яких здійснюється контроль вмісту генетично модифікованих організмів.

На виконання Законів України «Про захист прав споживачів» і з метою гармонізації законодавства України з нормами ЄС Кабінет Міністрів постановив: ввезення і реалізація харчових продуктів, що містять генетично модифіковані організми в кількості понад 0,9%, здійснюються за наявності відповідного маркування із зазначенням якісного складу таких продуктів.

ГМО потрапляє до харчових продуктів в Україні головним чином із сільськогосподарської сировини, що імпортується в Україну та з ГМ культур, вирощених в Україні. Так, наприклад, ГМ картопля була завезена в Україну для польових досліджень ще у 90-х рр. За умов, що існували в ті роки, неможливо було забезпечити належний контроль за її використанням. Внаслідок цього, на українських полях безконтрольно вирощуються ГМ рослини. Українські виробники сільськогосподарської продукції є достатньо відкритими щодо сучасних біотехнологій. Вони насамперед бачать переваги ГМО у вищій врожайності. За оцінками експертів до 80% сої, що вирощується в Україні є генетично модифікованою. Офіційні дані з цього приводу відсутні.

Експерти пояснюють це тим, що українська соя споживається на внутрішньому ринку, а не експортується. Інакше трейдери, що активні на українському ринку, жорсткіше б контролювали закупівлі. В Україні у значно меншій кількості вирощується кукурудза, ячмінь, а також ГМ бавовна. Очевидно, відсутність ефективних програм нагляду за полями та контролю за насінням, заохочує сільсько-

господарських виробників використовувати ГМ культури. Біля 30% продуктів харчування в Україні містять ГМО. Насамперед це ГМ соя вітчизняного виробництва, яка використовується у харчовій промисловості як харчова добавка. Сучасний стан дискусії щодо маркування ГМО в Україні стосується перш за все наявності діючих лабораторій та застосування найновітніших технологій виявлення ГМО.

У 1998 році у Брюсселі за підтримки Міжнародного інституту природничих наук відбулася конференція «Методи детекції нової їжі, отриманої із ГМО». В її матеріалах наголошувалось, що нині існують два основних методи, які дають змогу ідентифікувати навіть наявність слідів ГМО – **це імунологічний метод (EISA – тест) і метод полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР)**. Перший метод ефективний при аналізі продуктів, які не підлягали тепловій обробці. За методом ПЛР виявляють рекомбінантну ДНК, яку використовували для створення трансгенних рослин т. зв. касет експресії. У разі застосування іншої генетичної конструкції цей метод недостовірний.

Трансгенні продукти можна визначити за допомогою специфічного молекулярно-біологічного аналізу, для цього необхідні кваліфіковані спеціалісти і відповідна лабораторна база. В Україні вона не розвинута, що робить неможливим діючий контроль за ГМ – продукцією.

У 2007 році на базі Державного підприємства Всеукраїнський центр стандартизації, метрології, сертифікації і захисту прав споживачів (Укрметртестстандарт, м. Київ) при підтримці Держпотребстандарту була організована лабораторія молекулярно-генетичних досліджень. Головне направлення її діяльності – моніторинг харчових продуктів та продовольчої сировини на наявність ГМО, розробка методів кількісного та якісного визначення ГМО в продуктах харчування та сировині.

Проведено перший вибірковий дослід по виявленню ГМО в продуктах харчування, відібраних в торговій мережі м. Києва. Результати аналізів ковбасних, рибних, молочних продуктів та дитячого харчування з супермаркетів показали, що майже в половині зразків були присутні ГМО. В 2010 році така перевірка була проведена неодноразово і результати підтвердили наявність ГМО в дитячих продуктах на яких була позначка «Без ГМО». Хоча серед законів України у досліджуваній сфері високу ступінь відповідності міжнародному та європейському законодавству має лише Закон України «Про дитяче харчування» №142-V від 14 вересня 2006 року, який набув чинності з 01.01.2007 року.

Таким чином, головним недоліком Закону України «Про внесення змін до деяких законів України» у зв'язку з прийняттям Закону України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні ГМО» є те, що він не передбачає створення єдиного контролюючого органу, до компетенції якого б належало регулювання питань щодо поводження, використання, транспортування та випробування ГМО.

В Україні сьогодні повноваження щодо ГМО розподілені між декількома центральними органами виконавчої влади. Для того щоб централізувати регуляторні функції та ефективно реалізовувати державну політику у цій сфері доцільним було б створення єдиного державного органу з питань біобезпеки, до повноважень якого віднести:

- розробку критеріїв оцінки ризиків потенційного впливу ГМО на здоров'я людей та навколишнє природне середовище;

- розробку нормативно-правових актів щодо державної реєстрації ГМО;
- організацію проведення випробувань джерел ГМО для оцінки їх безпечності для здоров'я людини та ризиків для довкілля;
- підготовку висновків щодо можливості комерціалізації та реєстрації ГМ-рослин;
- ведення єдиного національного реєстру джерел ГМО;
- видачу реєстраційних посвідчень;
- інформування громадськості щодо ГМО.

Згідно Постанови КМУ від 28.08.2013 р. № 808 пункт 31. «Генетично-інженерна діяльність, введення в обіг генетично модифікованих організмів та продукції, виробленої з їх використанням (у відкритій та закритій системах)» відноситься до видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку і для них здійснення державної екологічної експертизи є обов'язковим.

Стосовно розподілу функцій між центральними органами виконавчої влади варто звернути увагу на два аспекти.

По-перше, у зв'язку з прийняттям Постанови КМУ №442 від 10 вересня 2014 року «Про оптимізацію системи центральних органів виконавчої влади» створюється Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів шляхом перетворення Державної ветеринарної та фітосанітарної служби і приєднавши до Служби, що утворюється, Державну інспекцію з питань захисту прав споживачів і Державну санітарно-епідеміологічну службу та поклавши на Службу, що утворюється, функції з реалізації державної політики, які виконували органи, що припиняються. Цією ж Постановою ліквідується Державна інспекція сільського господарства із передачею окремих її функцій іншим ЦОВВ за напрямками.

Але серед цих переданих функцій відсутня функція державного нагляду (контролю) за додержанням заходів біологічної і генетичної безпеки щодо сільськогосподарських рослин під час створення, дослідження та практичного використання ГМО у відкритих системах на підприємствах агропромислового комплексу. Відповідно, можна зробити висновок, що цю функцію було скасовано Постановою.

Ця функція фактично зберігається за Міністерством аграрної політики та продовольства, хоча формально вона реалізовувалась через Держсільгоспінспекцію.

У зв'язку із зазначеним, вказана вище функція має бути безпосередньо прописана в положенні, яке регулюватиме функціонування Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів.

По-друге, з 20 вересня 2015 року до Закону внесені зміни згідно із Законом України від 22 липня 2014 року № 1602-УІІ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів» (далі – Закон № 1602), які передбачатимуть скасування функцій окремих установ в частині регулювання ГМО, а саме:

1. Скасовуються повноваження МОЗ у частині моніторингу харчових продуктів, отриманих із застосуванням ГМО, за критерієм наявності в них тільки зареєстрованих ГМО джерел та державної реєстрації косметичних засобів, лікарських засобів, які містять ГМО або отриманих з їх використанням;

2. Скасовуються повноваження Держсанепідемслужби (тепер уже Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів) у частині здійснення державної санітарно-епідеміологічної експертизи продукції, отриманої із використанням ГМО, для обґрунтування висновку щодо її безпечності для здоров'я і життя людини;

3. Скасовуються повноваження Мінагрополітики та продовольства в частині здійснення нормативно-правового забезпечення у сфері нагляду(контролю) за дотриманням вимог стандартів, технічних умов, інших нормативних документів, пов'язаних з наявністю ГМО, під час заготівлі, зберігання, переробки, переміщення територією України сільськогосподарської продукції та здійснення експортно-імпорتنних операцій підприємствами всіх форм власності, а також функції щодо затвердження переліку кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, у яких здійснюється контроль вмісту ГМО;

4. Скасовуються повноваження Держветфітослужби (тепер уже Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів) у частині підготовки пропозиції щодо затвердження переліку кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, у яких здійснюється контроль вмісту ГМО.

У цілому Закон №1602 має на меті гармонізацію законодавства України із законодавством ЄС у сфері безпечності та якості харчових продуктів, забезпечення високого рівня захисту здоров'я людей та інтересів споживачів, а також створення прозорих умов ведення господарської діяльності, підвищення конкурентоспроможності вітчизняних харчових продуктів та зменшення їх ціни. Також передбачається уточнення термінології, видів правопорушень та адекватності міри покарання, створення єдиного контролюючого органу в сфері безпечності харчових продуктів, скасування дозвільних документів та процедур, які відсутні в ЄС, запровадження європейських принципів регулювання ГМО, зокрема, в частині реєстрації джерел ГМО, а не продуктів, вироблених з них.

### **Угода про асоціацію з ЄС та вплив на регулювання ГМО в Україні**

Після підписання Угоди про асоціацію з ЄС (27 червня 2014 р.) доцільним стало не тільки розроблення і прийняття в Україні спеціальних законів та підзаконних документів про використання ГМО, а, особливо, запровадження системи жорсткого контролю за використанням такої продукції, яка ще в 2004 році впроваджена в державах ЄС.

Шлях до членства України в ЄС вимагає імплементації нормативно-правових актів Європейського Союзу щодо ГМО.

Стратегія екологічної конвергенції розробляється Міністерством екології та природних ресурсів України. З цією метою створено секторальні робочі групи Міністерства, які працюють спільно з міжнародними експертами. Завдання робочих груп полягає у розробленні заходів, необхідних для реалізації (імплементації) тієї чи іншої Директиви із переліку, наведеного в Угоді про асоціацію.

Метою розробки Стратегії екологічної конвергенції є у загальному плані підсилення спроможності України в реалізації завдань, передбачених Угодою про асоціацію з ЄС, шляхом визначення змісту основних заходів (в їх послідовності та

взаємозв'язку) з досягненням повної відповідальності національного законодавства вимогам ЄС.

У ст. 363 Угоди про асоціацію зазначено, що поступове наближення законодавства України до права та політики ЄС у сфері охорони природного навколишнього середовища здійснюється відповідно до Додатка ХХХ до цієї Угоди.

Співробітництво має на меті збереження, захист, поліпшення і відтворення якості навколишнього середовища, захист громадського здоров'я, розсудливе та раціональне використання природних ресурсів та заохочення заходів на міжнародному рівні, спрямованих на вирішення регіональних і глобальних проблем навколишнього середовища, *inter alia*, в тому числі і у сфері генетично модифікованих організмів (сектор 8).

Угодою про асоціацію з ЄС передбачено, що Україна має розробити комплексну стратегію регулювання ГМО, що включатиме також виконання затвердженого графіку наближення законодавства України щодо ГМО до актів законодавства ЄС.

Відповідно до Додатку ХХХ Глави 6 «Навколишнє природне середовище» Розділу V «Економічне та секторальне співробітництво» Угоди, в частині регулювання обігу ГМО Україна зобов'язалась здійснити наближення національного законодавства до таких актів ЄС:

Директива N 2001/18/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 12 березня 2001 року про вивільнення у навколишнє середовище генетично модифікованих організмів та про скасування Директиви Ради N 90/220/ЄЕС зі змінами і доповненнями, внесеними Рішеннями N 2002/623/ЄС та N 2002/811/ЄС, Регламентами (ЄС) N 1829/2003 та (ЄС) N 1830/2003 та Директивою N 2008/27/ЄС

- прийняття національного законодавства та визначення уповноваженого органу (органів);
- поетапна ліквідація маркерів стійкості до антибіотиків у ГМО, розміщених на ринку, згідно з частиною С, та у ГМО, які санкціоновані в рамках частини В (от. 4.2);
- встановлення ефективної системи перевірки і контролю з метою забезпечення дотримання положень Директиви та зокрема стосовно несанкціонованих ГМО (от. 4(5));
- встановлення процедур завчасного повідомлення для вивільнення згідно з частиною В (ст. 6 та вивільнення згідно з частиною С (ст. 13));
- встановлення процедур оцінки ризиків для вивільнення згідно з частиною В (ст. 6–11) та вивільнення згідно з частиною С от. 13–24;
- запровадження публічно доступного реєстру місць для вивільнення згідно з частиною В (от. 31.3(a) запровадження реєстру місць вирощування ГМО згідно з частиною С (ст. 31(3)(b));
- встановлення процедури консультацій з громадськістю та, відповідно іншими групами (ст. 9);
- встановлення процедури, що зобов'язує заявників повідомляти компетентний орган (органи) про результати вивільнення (ст. 10);
- забезпечення відповідності продуктів, розміщених на ринку, встановленим вимогам маркування та пакування (ст. 21);



- забезпечення конфіденційності інформації та прав інтелектуальної власності (ст. 25).

Графік: Ці положення Директиви мають бути впроваджені протягом 2 років з дати набрання чинності цією Угодою.

Регламент (ЄС) N 1946/2003 Європейського Парламенту і Ради від 15 липня 2003 року про транскордонні перевезення генетично модифікованих організмів:

- прийняття національного законодавства та визначення уповноваженого органу (органів);

- встановлення процедур для ГМО, призначених для вивільнення у навколишнє середовище (ст. 4–8);

- встановлення процедур для ГМО, призначених для безпосереднього вживання у якості їжі чи кормів, чи для переробки (ст. 9 та 10) та для ГМО, призначених для використання у замкненій системі (ст. 11);

- встановлення процедур ідентифікації та надання супровідної документації (ст. 12) та повідомлення про транзит ГМО (ст. 13);

- встановлення системи забезпечення конфіденційності (ст. 16).

Графік: Ці положення Регламенту мають бути впроваджені протягом 2 років з дати набрання чинності цією Угодою.

Директива N 2009/41/ЄС Європейського парламенту і Ради від 6 травня 2009 року про використання генетично модифікованих мікроорганізмів у замкненій системі:

- прийняття національного законодавства та визначення уповноваженого органу (органів);

- класифікація ГММ та забезпечення здійснення користувачами оцінки ризиків (ст. 4);

- застосування загальних принципів і належної замкненості та інших захисних заходів, визначених у Додатку IV (ст. 5);

- встановлення процедур повідомлення (ст. 6–9);

- встановлення критеріїв для планів дій у надзвичайних ситуаціях (ст. 13–15);

- встановлення системи забезпечення конфіденційності (ст. 18);

Графік: Ці положення Директиви мають бути впроваджені протягом 3 років з дати набрання чинності цією Угодою.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Досвід Європейського Союзу щодо регулювання ГМО має для України особливо важливе значення. Враховуючи затверджений вектор євроінтеграції та підписання Угоди про асоціацію, Україна повинна побудувати подібну до європейської систему біобезпеки.

У разі виконання Україною графіку зближення законодавства щодо регулювання ГМО до європейського, що передбачено Угодою про асоціацію, протягом 3-4 років буде побудований механізм біобезпеки задля забезпечення співіснування генетично модифікованих рослин та традиційного і органічного виробництва (фермерства). Це питання є надзвичайно актуальним, адже в Україні досі не зареєстрований жоден ГМО, при тому, що більша частина виробленої сої та частково кукурудзи є ГМО.

Виходячи із проведеного вище аналізу можна зробити наступні висновки та рекомендації:

1. За умови передбаченої прямої заборони на використання незареєстрованого ГМО, положення чинного законодавства, зокрема Закону, в частині відповідальності мають бути відтерміновані принаймні на кілька років, до завершення усунення прогалин в законодавстві. Для реалізації цього положення необхідно внести зміни до Закону.

2. Також має бути запроваджений перехідний період обігу існуючих в Україні ГМО та ГМ продукції (це стосується насамперед сої, кукурудзи тощо) із визначення відповідних умов обігу, зберігання, експорту та ін. до завершення формування регуляторного середовища з цього питання. Основною метою такого перехідного періоду має стати недопущення подальшого розповсюдження в Україні ГМО. Такий перехідний період може бути затверджений шляхом прийняття окремого закону.

Подальша розробка законодавства щодо регулювання ГМО має відбуватися виключно відповідно до норм ЄС. Це дозволить створити чітку та прозору систему регулювання, яка буде поєднана з основним торговельним партнером України – ЄС. Більш того, в будь-якому разі питання реєстрації ГМО в Україні залежатиме виключно від того, наскільки той чи інший ГМО продукт безпечний для навколишнього середовища.

---

---

### **Контрольні питання**

1. Що означає термін «сучасна біотехнологія»?
2. Які біотехнологічні прийоми застосовують для очищенні стічних вод?
3. Яке екологічне значення має використання метантенків в АПК?
4. Дайте визначення терміна «плазмід» і назвіть їх корисні властивості для генної інженерії.
5. Дайте визначення терміна «генетично модифікований організм».
6. Що таке маркерні гени і які цілі їх використання?
7. Назвіть екологічні ризики використання ГМО.
8. Чи існують ризики впливу вирощування ГМ-рослин на генетичні зміни та патогенні властивості мікроорганізмів ґрунту? Наведіть приклади.
9. Які нормативні документи регламентують виробництво і використання ГМО в Україні?

10. Назвіть нормативні документи, що регламентують виробництво, використання і транспорт ГМО в ЄС.

11. Чи може необґрунтована інтродукція нових видів організмів нанести збитки природним екологічним системам? Наведіть приклади.

### **Використана література**

**Баласинович Б.** ГМО: виклик сьогодення та досвід правового регулювання / Б. Баласинович, Ю. Ярошевська / Видавничий дім «АДЕФ-Україна». – 2010. – 255 с.

**Бейли Дж.** Основы биохимической инженерии. Пер. с англ. в 2-х частях / Дж. Бейли, Д. Оллис. – М.: Мир, 1989.

**Блюм Я.** Трансгенні рослинні організми: економічний ефект і ризику для біоти / Я. Блюм // Вісник НАН України. – № 9. – 2006. – С. 56-59.

**Бойко А.Л.** Влияние факторов внешней среды на вирусы, инфицирующие растения / А.Л. Бойко // Сельскохозяйств. биология. – 1989. – № 5. – С. 120-125.

**Кравец В.В.** Интенсификация процессов очистки и обеззараживания промышленных сточных вод в биологических прудах при помощи культур водорослей. Автореф. диссертации на соискание ученой степени канд. биолог. наук / В.В. Кравец // Днепропетровск, 1974. – 23 с.

**Кравец В.В.** Прийняття системних рішень в екологізації процесів глибокого доочищення стічних вод за допомогою вищих водяних рослин / В.В. Кравець, Л.П. Новосельська, Л.І. Урсол // Тез. Международной научной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта» // Евпатория, 2011. – Т. 2. – С. 157-159.

**Фурдичко О.І.** Екологічна безпека агропромислового виробництва / О.І. Фурдичко, А.Л. Бойко. – Київ: ДІА, 2013. – 416 с.

### **Законодавча база:**

Картахенський протокол про біологічну безпеку – додаток до Конвенції про біологічне різноманіття від 29.01.2000 р. (Додаток 1).

Закон України «Про державну систему біологічної безпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» № 1103–У від 31.05.07.

Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про державну систему біологічної безпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» №1804–VI від 19.01.10 р.

Постанова КМУ від 13 травня 2009 року №468 (зі змінам внесеними згідно з Постановою КМ № 661 (661-2009-п) від 01.07.2009) про затвердження Порядку етикетування харчових продуктів, які містять ГМО або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг.

Директива ЄС 18/2001 «Про навмисне вивільнення у довкілля ГЗО».

Директива 2009/41/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 6 травня 2009 року про використання генетично модифікованих мікроорганізмів у замкненій системі.

Регламент (ЄС) № 1946/2003 від 15 липня 2003 року Європейського Парламенту і Ради про транскордонні перевезення генетично модифікованих організмів.

Директива ЄС1830/2003 «Про маркування та вміст ГЗО».

Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, на 2014-2017 роки.

# РОЗДІЛ 7

## МЕХАНІЗМИ САМОЗАХИСТУ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ВІД ВПЛИВУ ТОКСИКАНТІВ БІОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

7.1. Система імунітету людини та її функції

7.2. Взаємозв'язок між станом здоров'я людини та екологічною ситуацією в Україні

7.3. Людина, як саморегулююча система

7.4. Роль дихального шляху людини в проникненні та виведенні токсинів і алергенів

7.5. Кишечник – центр імунної системи шлунково-кишкового тракту

7.6. Ендоекологічна роль мікрофлори кишечника людини

7.7. Порушення кишкової мікрофлори та її регулювання за допомогою еубіотиків

Захист людського організму від збудників багатьох хвороб виконує імунна система. Вона розпізнає чужорідні речовини, нейтралізує їх і «запам'ятовує» свою відповідь, щоб відтворити її при зіткненні з аналогічним антигеном.

### 7.1. СИСТЕМА ІМУНІТЕТУ ЛЮДИНИ ТА ЇЇ ФУНКЦІЇ

Система імунітету забезпечує в нашому організмі сталість складу білків і здійснює боротьбу з інфекціями і злоякісним переродженням клітин організму. До компетенції імунної системи відносять знищення клітин і білків власного організму, що виникають при нормальному, фізіологічному функціонуванні організму в екстремальних умовах, наприклад, при травмах. В будь-якому стані організму імунна система постійно працює, хоча і з різним ступенем активності.

**Імунітет** – це комплекс реакцій, спрямованих на захист організму від інфекційних агентів і речовин, які відрізняються від нього чужорідними властивостями.

#### Основні функції системи імунітету:

- впізнавати будь-які чужорідні речовини, що потрапляють у внутрішнє середовище організму;
- відторгати чужорідні клітини, що виникли в самому організмі внаслідок мутацій, зміни спадковості клітин;
- наявність імунологічної пам'яті.

Особливе положення в імунітеті займають фагоцитуючі клітини та комплемент. Роль фагоцитів була вперше обґрунтована класичними дослідженнями російського вченого І.І. Мечнікова. У 1883 р. він установив, що опірність організму до інфекційних

захворювань пов'язана зі здатністю спеціальних клітин крові лейкоцитів (сегментні нейтрофіли та моноцити) і клітин ендотелію кровеносних судин, ретикуло-ендотеліальних клітин (тканин селезінки, печінки, лімфатичних вузлів тощо) організму – фагоцитів захвачувати і перетравлювати збудників інфекційних захворювань.

**Макрофаги** – це великі клітини крові до яких відносяться моноцити, клітини ендотелію кровеносних судин, ретикуло-ендотеліальні клітини селезінки, печінки та інших органів. Макрофаги поглинають бактерії та віруси хронічних процесів, а також зруйновані клітини, перетравлюючи їх за допомогою своїх ферментів.

**Мікрофаги** – рухливі клітини крові – лейкоцити, головним чином сегментовані нейтрофіли, які захвачують і знешкоджують мікроби – збудників гострих інфекцій.

Поряд з фагоцитозом в імунному організмі здатність знешкоджувати мікроби та їх токсини притаманна сироватці крові, завдяки наявності в ній особливих захисних речовин – антитіл, які утворюються в результаті введення в організм чужорідних сполук – антигенів.

**Антигени** – це високомолекулярні сполуки, які є генетично чужорідними для даного організму і викликають специфічну імунну реакцію, спрямовану на їх відторгнення та елімінацію.

Антигенні властивості мають віруси, грибки, бактерії, органи і тканини, що пересажені від одного організму іншому, ракова клітина організму, яка отримала нову генетичну (спадкову), а тому, і антигенну характеристику.

**Антитіла** – специфічні білки (імуноглобуліни), які виробляються в організмі в результаті антигенного подразнення і володіють здатністю вступати з антигенами в специфічні сполуки. Антитіла виявляються в сироватці крові хворого тільки через декілька днів після початку захворювання.

Різні види мікробів і мікробні токсини характеризуються специфічністю своїх антигенів, тому і антитіла діють специфічно на мікроорганізми відповідного виду або продукти їх обміну.

Імунна перебудова, що відбувається в організмі під впливом антигену, має назву «набутий імунітет», який буває активним або пасивним.

В захисті організму проти збудників інфекційних хвороб велику роль відіграють також неспецифічні фактори захисту. До них відносяться – непроникність здорових шкіряних і слизових покривів для більшості мікроорганізмів, наявність в шкіряних секретах і кислому вмісті шлунка речовин, які згубно діють на мікроорганізми, присутність в крові та різних рідинах організму (слина, сльози тощо) ферментних систем (лізоцим, гіалуронідаза), які знешкоджують мікроорганізми.

З'ясовано також, що віруси, токсини і продукти розпаду мікроорганізмів виводяться із організму з потом, мокротою, сечею, калом тощо.

При вірусних інфекціях важливе значення мають такі неспецифічні фактори захисту, як інтерферон і підвищення температури тіла хворого.

**Інтерферон** – противірусний білок, що виробляється зараженими клітинами. Він, як і антитіла, взаємодіє з вірусами і протидіє їх прикріпленню до поверхні чутливих клітин організму і проникненню в клітини.

Антитіла специфічні по відношенню тільки до своїх вірусів, інтерферон пригнічує розмноження більшості (якщо не всіх) вірусів. Антитіла утворюються досить

пізно – через декілька днів після вбудови вірусів у клітини, інтерферон – через декілька годин.

Таким чином, інтерферон простий універсальний фактор захисту від згубної дії вірусів. А головне, що інтерферон бореться також із вірусами, які уже проникли всередину клітини. В цьому ще одна його відмінність від антитіл, які знешкоджують віруси, що знаходяться зовні клітин і тому можуть використовуватися, головним чином, для попередження, профілактики інфекцій, але не для їх лікування.

Використання препарату інтерферону в медичній практиці (напр., при грипі) призводить до обмеження кількості сприйнятливих до вірусу клітин, в результаті чого розвиток інфекційного захворювання припиняється.

**Системи імунітету організму.** Крім утворення антитіл (гуморальна форма імунітету) існує інший тип імунної відповіді організму на введення антигену – клітинна форма імунного реагування. Тому система імунітету має свої органи і клітини (Схема 7.1).



Схема 7.1. Система імунітету організму

**Захисні механізми імунітету.** Імунна відповідь здійснюється лімфатичною системою організму.

**Органи системи імунітету** – це тимус (вилочкова залоза), кістковий мозок, селезінка, лімфатичні вузли (їх іноді неправильно називають лімфатичними залозами).

зами), скупчення клітин у горлі, тонкому кишечнику, прямій кишці. Усі вони зв'язані між собою в єдину систему сіткою кровоносних та лімфатичних судин. По функціональному значенні вони діляться на центральні (кістковий мозок та тимус) та периферичні (селезінка, лімфатичні вузли, мигдалики тощо).

Синтез антитіл і дозрівання лімфоцитів відбувається в периферичних органах, розвиток і постійне функціонування яких залежить від центральних лімфоїдних утворень – кісткового мозку і тимусу. В кістковому мозку знаходяться ствольні клітини, з яких синтезуються різні види клітин крові. Тимус бере участь у двох формах імунної відповіді: в реакціях гуморального типу – синтезу антитіл (відповідають В –лімфоцити) та реакціях клітинного типу – відторгнення (відмирання) пересаженої чужорідної тканини (відповідають Т-лімфоцити).

**В-лімфоцити** виробляють імуноглобуліни – специфічні антитіла проти бактеріальних, вірусних та будь-яких інших антигенів – чужорідних високомолекулярних з'єднань. Відомо п'ять класів антитіл – М, G, A, E, D. Для того, щоб в організмі накопичилась достатня кількість антитіл, які здатні знешкоджувати чужорідні антигени, повинен пройти відповідний час.

Прихований «мовчазний» період називається латентним періодом. У цей період якраз і відбувається розвиток реакцій імунітету. На поверхні В- і Т-лімфоцитів є спеціалізовані структури – антигенрозпізнаючі рецептори. Отримуючи специфічний сигнал від антигену і неспецифічний – від Т -лімфоциту, В-лімфоцит починає розмножуватися і перетворюється в плазматичну клітину, яка активно виробляє антитіла – імуноглобуліни і виділяє їх в кровотік. Антитіла зв'язуються з антигенами, утворюючи комплекс антиген-антитіло, який різними неспецифічними діями руйнується і виводиться з організму. Клітинний імунітет забезпечують Т-лімфоцити. Їх різновид – Т-кілери (від англ. – «убивця»), що спроможні руйнувати клітини, проти яких вироблялися антитіла, або вбивати чужорідні клітини. Клітини імунної системи при контакті з чужорідним антигеном запам'ятовують його і при повторній зустрічі дають зазвичай сильнішу реакцію. Імунологічна пам'ять «закріплюється» на роки, часто – на все життя. Вона зберігається в довгоживучих лімфоцитах, або передається у спадок нащадкам «навчених» лімфоцитів.

На рис. 7.1, 7.2 та 7.3 показано, як представники імунної системи знешкоджують ракові клітини і бактерії сибірської виразки.

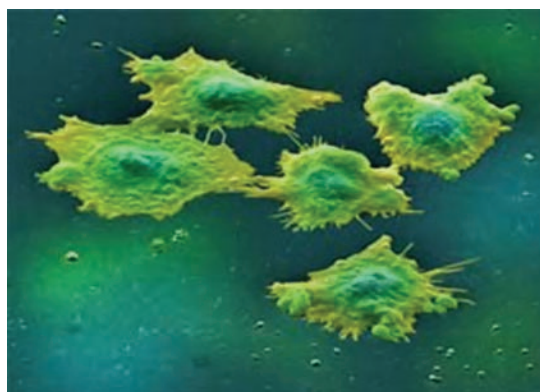


Рис. 7.1. Зображені ракові клітини

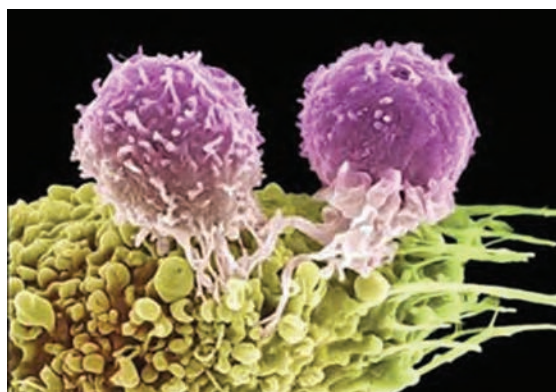


Рис. 7.2. Два Т-лімфоцита на раковій клітині

T-лімфоцити знешкоджують ракові клітини самостійно, або посилають сигнал імунній системі, яка виділяє інші клітини, для знешкодження ракових утворень.

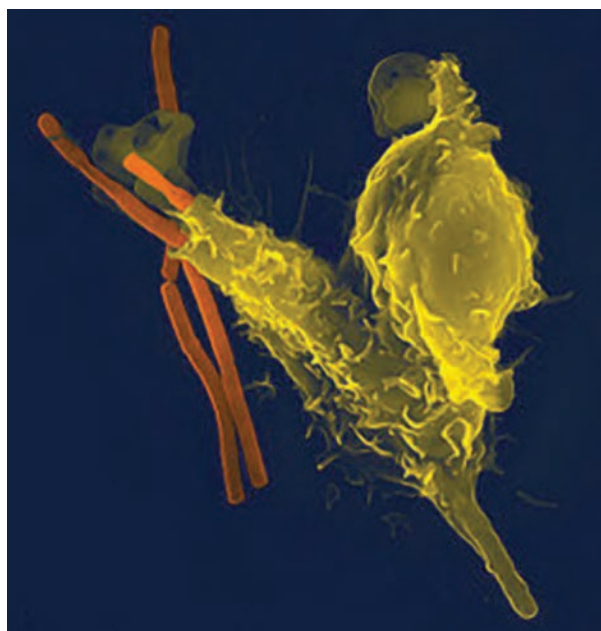


Рис. 7.3. Зображення скануючого електронного мікроскопу – нейтрофіл (жовтий) охопив бактерії сибірської виразки (помаранчевий)

Відомо три типи порушення імунітету: **імунодефіцити, аутоімунні хвороби та алергії.**

Існує група вроджених, або так званих **первинних**, імунодефіцитів. Під ними розуміється нездатність організму до повноцінної імунної відповіді. Такі дефекти частіше можуть бути обумовлені поразками (недорозвитку) В- і Т-системи імунітету. Найбільш важкими формами імунодефіцитів вважаються комбіновані ураження обох названих систем.

**Вторинні імунодефіцити** – патологічні стани, що розвиваються внаслідок ушкодження окремих ланок клітинного або гуморального імунітету патогенними факторами біологічного, хімічного та фізичного походження. Найчастіше вони розвиваються при дії на організм людини лімфотропної вірусної інфекції (СНІД, або синдром набутого імунодефіциту людини), токсичних факторів, іонізуючої радіації.

Встановлення природи антитіл одержало велике практичне значення. Так, наприклад, замість того щоб використовувати для профілактики і лікувальних цілей сироватку крові, з неї видаляють непотрібні білки, залишають тільки гаммаглобуліни, в яких знаходяться імунні тіла.

Антитіла відіграють дуже важливу роль в імунітеті організму. Це чітко виявляється на прикладі дії антитоксинів. Антитоксини володіють здатністю нейтралізувати мікробні екзотоксини. Наприклад, при дифтерії антитоксин відіграє основну



роль в імунитеті, який в цих умовах називається антитоксичним. Установлено, що люди, у яких в крові достатня кількість цього антитоксину, імунні до дифтерії. На цій основі для лікування дифтерії використовують антитоксичну протидифтерійну сироватку, яка швидко нейтралізує циркулюючий в організмі хворого дифтерійний токсин.

Процес антитілоутворення підпорядковується, як і усі інші функції організму, нейро-гуморальній регуляції, яка спрямована на відновлення рівноваги внутрішнього середовища організму, порушеної хвороботворним або чужорідним агентом (мікробом або його токсином та іншим антигеном).

Так, кортизон – протизапальний гормон кори наднирників – пригнічує плазмочитарну реакцію і синтез антитіл; дезоксикортикостерон – другий гормон кори наднирників, навпаки, здатний підсилювати запальну реакцію, плазматизацію клітин і продукцію антитіл.

**Гени імунної відповіді і вакцинація майбутнього.** Серед успіхів сучасної імунології необхідно відмітити факт відкриття генів імунної відповіді, які отримали назву Ir –гени (Immune Response –гени). Відомо більше 20 генів імунної відповіді. Значна кількість їх несе інформацію по здійсненню індивідуальної реакції організму на антиген.

У 1936 році подружжя Клочновських із Польщі установила, що здатність організму до сильної або слабкої імунної відповіді визначається спадковістю. Ця обставина дуже важлива і дозволяє підійти до розробки проблеми індивідуальної вакцинації.

Р.В. Петров і Р.М. Хаїтов розробили імунногенетичний принцип створення імунногенних препаратів – прообраз вакцин майбутнього. Вченими колишнього СРСР синтезовані штучні гени, які не мають природних хімічних аналогів і представляють собою макромолекулярні комплекси, які складаються з необхідного гену і синтетичного поліелектроліту, що забезпечують Ir- і Т-незалежність імунної відповіді. Принцип синтезу штучних імунногенів відкриває нові можливості створення вакцинних препаратів проти інфекцій.

## 7.2. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ СТАНОМ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ТА ЕКОЛОГІЧНОЮ СИТУАЦІЄЮ В УКРАЇНІ

До глобальних проблем людства на порозі нового століття фахівці, що займаються вивченням взаємодії навколишнього середовища і людини відносять таку проблему, як збереження здоров'я людства.

Несприятлива екологічна ситуація значною мірою відбивається на рівні захворюваності та смертності населення в Україні (рис. 7.4).

Прогноз щодо відтворення населення, здійснений Інститутом демографії та соціальних досліджень НАНУ, свідчить, що чисельність населення України скорочуватиметься й надалі, якщо не поліпшувати екологічний стан в країні.

На початку ХХ1–го сторіччя найбільш розповсюдженими хворобами стали алергія та онкозахворювання. Найчастіше алергію спричиняють:

- безконтрольне використання антибіотиків, вітамінів та інших препаратів;

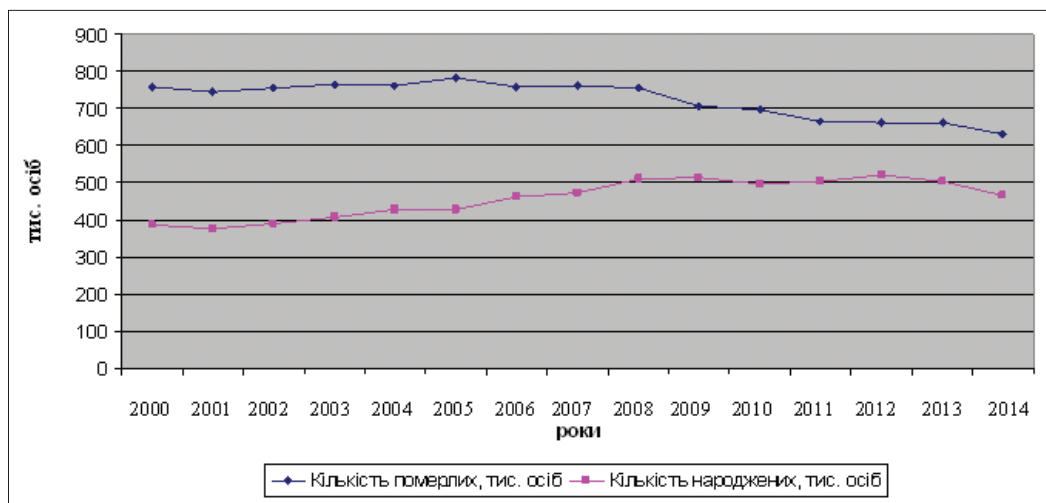


Рис. 7.4. Природний рух населення України

Джерело: дані Держстатистики України за 2015 рік

Примітка: За 2014 рік – без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції).

- використання продуктів харчування з різними штучними добавками, барвниками тощо;

- годування немовлят штучною їжею;

- глистяна інвазія;

- хімізація сільськогосподарського виробництва;

- використання засобів побутової хімії тощо.

Високі ризики для здоров'я людей створює також:

- споживання питної води нестандартної якості. Саме з недоброякісною питною водою, як свідчить моніторинг інфекційної захворюваності, пов'язаний кожен 2–3-й спалах кишкових інфекцій;

- забруднення і деградація ґрунтів, які формують значну частину властивостей питної води, продуктів харчування і деякі властивості атмосферного повітря, можуть бути фактором передачі збудників інфекційних захворювань та інвазій.

У людини кількість імуноглобулінів в крові регулюється системою імунітету. Коли ця система перевантажена дією важких металів, пестицидів, нітратів, харчових барвників, радіоактивних речовин тощо, то кількість антигенів в крові різко збільшується і як результат – синтезуються специфічні речовини, які викликають алергічні реакції.

Основними джерелами забруднення довкілля канцерогенними факторами визнано: значні обсяги викидів у повітря, скиди стічних вод, накопичення канцерогенно-небезпечних відходів; багаторічне функціонування на обмежених територіях гігантів індустрії.

Механізм специфічної дії хімічних канцерогенів поряд з індукуванням новоутворень зумовлює розвиток імунодепресивних станів організму, мутагенні зміни, скорочення тривалості життя людей.

Найважливішими параметрами, що характеризують стан здоров'я населення, є медико-демографічні показники. Демографічні показники та здоров'я населення є чутливими характеристиками, які відображають зміни в якості навколишнього середовища. Численні дані свідчать про те, що в екологічно несприятливих регіонах реєструється збільшення рівня смертності та захворюваності населення, при цьому відстежується певний зв'язок з екологічними особливостями регіону. Усі організми (включаючи людину) на планеті «пропускають через себе» повітряний океан Землі за 10 років, а це значить, що протягом цього періоду всі забруднювачі, що потрапили до атмосфери, можуть виявитися в живій речовині біосфери.

Аналіз результатів спостережень протягом більш ніж 20-річного періоду свідчить, що рівень вмісту канцерогенних сполук в атмосферному повітрі України зростає в міру укрупнення (територіального збільшення) населеного пункту, але ще більшу роль тут відіграють характер промислового розвитку та щільність промислових джерел викидів.

Населення України, особливо промислових міст, частіше стало хворіти злов'язними новоутвореннями трахей, бронхів і легень (особливо діти).

Таблиця 7.1

**Рівень загальної та дитячої смертності серед населення деяких промислових міст України в 2005 році [Грищенко С.В., 2005 р.]**

Місто	Загальний коефіцієнт смертності на 1000 чол.	Коефіцієнт дитячої смертності на 1000 новонароджених
Донецьк	15,4	16,7
Горлівка	19,4	14,3
Єнакієве	20,7	7,6
Макіївка	18,8	11,0
Маріуполь	15,9	8,9
Дніпропетровськ	15,1	7,2
Запоріжжя	14,7	9,7
Київ	11,2	7,5

Аналіз результатів табл. 7.1. показує, що в даний час серед найбільших міст України найвищий рівень загальної та дитячої смертності зареєстрований у містах Донецької області. Після багаторічного спаду з 1998 року в Україні почала зростати кількість захворювань на туберкульоз.

За даними Інституту гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМНУ, у 2007–2011 роках, як і раніше, в усіх населених пунктах України спостерігали стабільне забруднення атмосферного повітря комплексом речовин канцерогенної дії (табл. 7.2).

На основі даних табл. 7.2 можна стверджувати, що серед хімічних сполук в атмосферному повітрі в досліджуваних містах пріоритетною речовиною є БП. Це зумовлено його найбільшою стійкістю і поширеністю серед інших канцерогенних забруднювачів атмосферного повітря. Онкологічні захворювання найбільшим ступенем зумовлені

Таблиця 7.2

Внесок окремих компонентів у сумарне забруднення атмосферного повітря хімічними канцерогенами(в %) в містах Кривому Розі, Дніпродзержинську, Дніпропетровську, Києві: (нітрозодіметиламін (НДМА), нітрозодіетиламін (НДЕА), бенз(а)пірен (БП), важкі метали – нікель, хром

Місто	Хімічні канцерогени ,%			Важкі метали ,%	
	НДМА	НДЕА	БП	Нікель	Хром
Кривий Ріг	10	1	85	1	3
Дніпродзержинськ	7	1	82	4	6
Київ	27	1	70	1	1
Сільська місцевість	31	3	66		

Джерело: Матеріали національної доповіді Міністерства екології про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2011 році

впливом на населення забрудненого атмосферного повітря, в якому є такі канцерогенні речовини як БП, діоксини, формальдегід, сполуки важких металів.

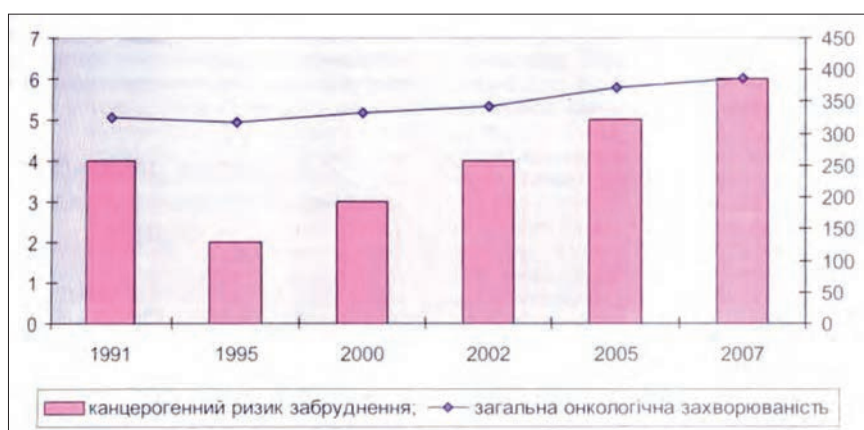


Рис. 7.5. Динаміка забруднення повітря і загальної онкологічної захворюваності у м. Дніпропетровську в 1991-2007 рр.



Рис. 7.6. Динаміка забруднення повітря і загальної онкологічної захворюваності у м. Києві в 1991-2007 рр.

На рис. 7.5, 7.6, показана динаміка забруднень повітря та залежність онкозахворювань від цих забруднень в містах Києві і Дніпропетровську (Матеріали Національної доповіді Міністерства екології про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році).

У проблемі гігієни атмосферного повітря на особливу увагу заслуговують хімічні речовини канцерогенної дії. За даними Інституту гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМНУ, у 2007–2016 роках, як і раніше, в усіх населених пунктах України спостерігалось стабільне забруднення навколишнього середовища комплексом таких речовин.

Наприклад, оксид вуглецю (СО, "чадний газ") та бенз(а)пирен (БП) – одні з найстійкіших і найнебезпечніших забруднювачів атмосферного повітря. Вони також входять до складу викидів автотранспорту.

В самоочищенні повітряного середовища від СО в певній мірі відіграє наявність на території міста землі, вільної від твердого штучного покриття, тобто тієї, що знаходиться під газонами, зеленими насадженнями скверів, парків тощо. Крім того, що рослини очищують повітря від токсичних речовин, велика роль в цьому процесі належить мікроорганізмам ґрунту.

Наприклад, з'ясовано, що при температурі повітря +15-35°C на 1 га щодоби бактерії та мікроорганізми, що мешкають в землі, здатні перетворити на СО<sub>2</sub> майже 81 тону оксиду вуглецю, який міститься в приземному шарі атмосферного повітря. При цьому мікробіологічні процеси зменшують концентрацію СО в повітрі за 3 години із 140 мг/м<sup>3</sup> до 0, а SO<sub>2</sub> – більш, ніж у 100 разів всього за 15 хвилин.

Із сотень ПАВ різної будови, визначених в об'єктах навколишнього середовища, бенз(а)пирен найбільш пріоритетний для моніторингу. Багато ґрунтових мікроорганізмів виявилися високочутливими до дії БП, що змінює сформовані мікробіоценози і впливає на біологічну продуктивність ґрунту. Так, при внесенні в ґрунт БП у концентраціях 40-100 мкг/кг різко пригнічується ріст сапрофітних мікроорганізмів, але стимулюється розмноження кишкової палички та грибів, переважно, актиноміцетів. Внаслідок малодоступності БП до ґрунтових бактерій, процес його руйнування відбувається дуже повільно. БП може акумулюватися рослинами, шляхом надходження в підземні органи з ґрунту і в надземні частини рослин – з атмосфери. Виявлено, що в індустріальних районах уміст в рослинах БП значно вище, ніж у тих же видів, зібраних у «чистих» районах, і перевищує фоновий рівень.

Міжнародна група експертів віднесла бенз(а)пирен до числа агентів, для яких існують достовірні докази їх канцерогенної дії на організм тварин. В організм бенз(а)пирен може потрапляти через шкіру, органи дихання, ШКТ та трансплацентарний шлях. При всіх цих шляхах надходження вдавалося викликати злоякісні пухлини у тварин.

Хімічний зв'язок бенз(а)пірену з нуклеотидами молекул ДНК може призвести до важких видів вад у новонаро-

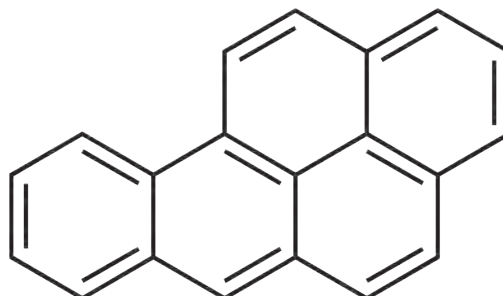
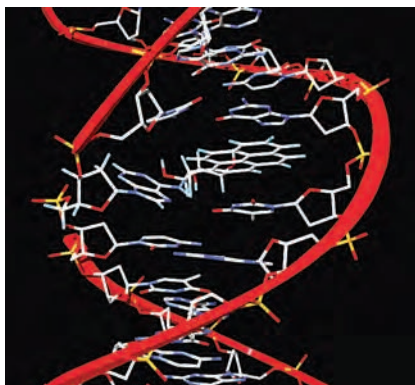


Рис. 7.7. Хімічна формула бенз(а)пірену



**Рис. 7.8. Зв'язок бенз(а)пірену з нуклеотидами молекули ДНК та утворення аддукту**  
[Стожаров, 2007 р.]

джених. На рис. 7.8 показано зв'язування бенз(а)пірену з нуклеотидами молекули ДНК з утворенням аддукту.

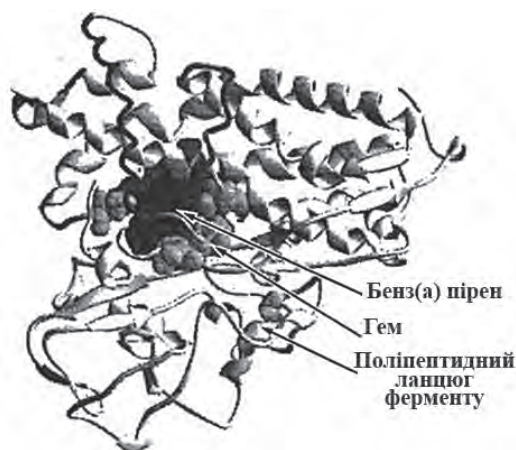
Незалежно від позиції, такий аддукт порушує комплементарне спарювання азотистих основ між ланцюгами і порушує спіральну структуру ДНК, причому, ці спотворення впізнаються апаратом репарації. В процесі еволюції з'являються багато різних механізмів репарації, які справляються з деякими пошкодженнями ДНК. Але хімічний зв'язок бенз(а)пірену з нуклеотидами молекул ДНК, які не репарувалися може призвести до важких видів вад у новонароджених.

У 2007 році найбільші рівні максимальних концентрацій БП спостерігались у м. Києві, однак такий рівень забруднення повітряного басейну реєструвався переважно в зоні великих автомагістралей. Крім того, у місті є більше 10 підприємств, які викидають в повітря різні токсичні речовини, що перевищують їх ГДК. Ця ситуація зберігається і понині. БП метаболізується монооксигеназною системою мітросомального окислення.

Ця система була вперше відкрита у 1950 р. в клітинах печінки, де вона найбільше розвинена, а її основний компонент – цитохром Р-450 (скор. цит. Р-450), названий так за характерний спектр поглинання відновленого комплексу з оксидом вуглецю в області 450 нм, і був виділений у 1958 році та вивчений в середині 70-х років ХХ ст.

Деякі різновиди цит. Р-450 локалізуються в мітохондріальній мембрані. У різних біологічних об'єктах та тканинах виявлено більше 300 різновидів цит. Р-450. Ця група ферментів в еволюційному плані нараховує майже 3млрд. років. Поліспецифічність мітросомального окислення пояснюється властивостями основного компоненту монооксигеназної системи цит. Р-450, який функціонує у вигляді різних ізоформ – гемпротеїнів.

Вони мають загальну будову активного центру, який вміщує гемове залізо, а різняться своєю субстратною специфічністю та особливостями первинної структури білкової частини ферменту.



**Рис. 7.9. Зв'язок бенз(а)пірену з гемом молекули цитохрому Р-450**  
[Стожаров А., 2007 р.]

Ізоформи цит. Р-450 знайдені в тканинах печінки, легень, селезінки, нирок, шкіри та формених елементів крові (крім безядерних еритроцитів). Вони здатні метаболізувати не тільки гідрофобні ксенобіотики (наприклад, бенз(а)пірен та його похідні, діоксини, фурані), а також штучно синтезованні сполуки – пестициди, лікарські засоби тощо.

Ізоформи цит. Р-450 є додатковою до системи імунного захисту («друга імунна система»), яка протидіє надходженню в організм чужорідних високомолекулярних сполук біологічного походження. Ця поліспецифічність дозволяє зробити припущення, що різновиди цит. Р-450 можуть синтезуватися після попадання в організм нових сполук подібно тому, як синтезуються специфічні антитіла у відповідь на попадання в організм антигенів.

У якості фітоіндикаторів забруднення біосфери ПАВ пропонується використовувати хвою сосни звичайної, ступінь забруднення якої БП корелюється з концентрацією останнього в атмосфері.

### ***Мікробіологічна оцінка якості вод з огляду на епідемічну ситуацію***

Вода відіграє вирішальну роль у підтримці життя людини. Якість води обумовлена як природними, антропогенними так і біологічними факторами. Господарсько-побутові, промислові, сільськогосподарські скиди зумовлюють біологічне, хімічне, фізичне та теплове забруднення гідросфери. Єдиної загальнодержавної норми якості води не існує, тому що її придатність визначається конкретними вимогами окремих видів водокористування.

Джерела питного водопостачання України (річки та водосховища) характеризуються низькою якістю води. Чистих природних вод практично не залишилося. Немає і водойм, які можна віднести до третьої категорії якості води, а вода в Дніпрі за низкою показників не підходить навіть під четверту категорію якості. Ця ситуація пояснюється тими обставинами, що понад 2400 водокористувачів кожного року скидають зі стічними водами (в числі яких майже 40% – неочищених або недостатньо очищених) в річки та водосховища понад 4 тис. тонн забруднюючих речовин.

За даними Національної доповіді Міністерства екології та природних ресурсів за 2015 рік об'єм стічних вод, що поступив в річкову мережу України склав майже 50% від усіх ресурсів річного стоку. Із них майже 34% є без очищення і недостатньо очищені. Повсякденне забруднення поверхневих вод відбувається у зв'язку з надходженням в них із змитих полів добрив і пестицидів, різних викидів промисловості і транспорту. Показники таблиці 7.3 стверджують, що за період з 2005 по 2015 рік кількість скиду забруднених вод у поверхневі водні об'єкти зменшилася на 20%. Із них майже 34% є без очищення і недостатньо очищені.

Незадовільний стан навколишнього середовища в результаті мікробного забруднення води є одним із факторів, що підтримує на високому рівні інфекційну захворюваність.

На особливу увагу заслуговує ризик виникнення інфекційних та паразитарних хвороб після вживання питної води або використання її з іншою метою. Поливна система полів не контролюється на патогени. За останнє десятиріччя в Україні офіційно зареєстровано майже 100 спалахів гострих кишкових інфекцій, пов'язаних із водним фактором передачі збудника, з кількістю постраждалих понад 10000 осіб, половина з них – діти. Основна кількість спалахів пов'язана із забрудненням водопровідної води внаслідок аварійних ситуацій у мережах водопостачання і водовідведення. Надзвичайно актуальною проблемою для України залишається питання захворювання людей на вірусний гепатит А. Вірус гепатиту А, ентеровіруси можуть знаходитися у воді в життєздатному стані тривалий час.

Таблиця 7.3

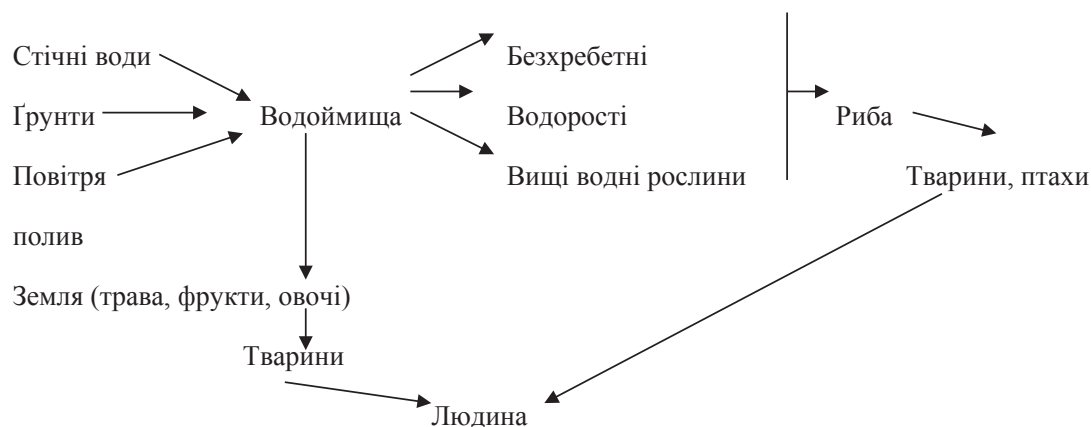
**Основні показники води, що була використана  
та скинута у поверхнево-водні об'єкти (млн.м<sup>3</sup>)**

Показник	2005	2010	2012	2013	2014	2015
Забрано води з природних водних об'єктів	15083	14846	14651	13625	11505	9699
Оборотне та повторно-последовне водопостачання	47167	43138	45806	45150	43049	40306
Загальне водовідведення	8900	8141	8081	7722	6587	5581
Скинута у поверхневі водні об'єкти:	8553	7817	7788	7440	6354	5343
забруднених зворотних вод	3444	1744	1521	1717	923	875
без очищення	896	312	292	265	175	184
недостатньо очищених	2548	1432	1228	1452	748	691
нормативно очищених	1315	1760	1800	1477	1641	1389
нормативно чистих без очистки	3794	4313	4467	4245	4015	3079

Джерело: за даними Державного агентства водних ресурсів України за період 2005-2015 роки

Методи очистки та знезараження стічної та питної води, які використовуються в Україні, не гарантують повного звільнення води від таких інфекцій. Після спалахів холери у 1994-1995 роках в місті Маріуполі (було зареєстровано 1340 захворювань і 999 випадків носіїв вібріонів), останні 20 років залишається небезпечним цей регіон, тому що кожного року в Азовському морі виділяють збудники холери.

Міграція забруднюючих токсичних сполук в екосистемі показана на схемі 7.2.



**Схема 7.2. Міграція забруднюючих токсичних сполук в екосистемі**  
[Бондар О.І., 2006 р.]

Життєві процеси являються сумою усіх метаболічних обмінів, що проходять в динамічній рівновазі. Стан цієї рівноваги є вирішальним в тому, чи є організм здоровий, чи хворий. Межа між цими двома станами сьогодні потерпає великих змін.



**Суспільне здоров'я** – це інтегральна характеристика всієї сукупності індивідуальних рівнів здоров'я членів суспільства, яка характеризує ймовірність досягнення ними максимального рівня здоров'я і творчої активності протягом максимально можливої тривалості життя, а також життєздатність усього суспільства в умовах соціально-економічного та екологічного розвитку.

Позитивні показники здоров'я не застосовують на практиці через відсутність кількісних даних. Тому для характеристики суспільного здоров'я використовуються негативні показники (захворюваність, смертність, інвалідність тощо), які відображають умовну негативну характеристику, стан здоров'я «від зворотного», і розраховуються за певний період (частіше за рік) у відношенні до певної кількості населення (як правило на 100 тисяч осіб).

Суспільне здоров'я визначається станом динамічної рівноваги населення з навколишнім середовищем у конкретних соціально-економічних умовах. Тому захворюваність населення можна вважати найчутливішим показником, що характеризує вплив середовища на людину.

Під впливом комплексної дії біотичних, абіотичних та антропогенних факторів відбулися еволюційні зміни в структурі і біологічних властивостях збудників багатьох хвороб. В результаті мутацій і добору сформувалися домінуючі популяції збудників інфекційних хвороб, які мають підвищену стійкість до антибактеріальних препаратів (антибіотиків, антисептиків та дезінфектантів). Наприклад, нові штами кишкової палички. Проблема боротьби із гострими кишковими інфекціями в сучасних умовах потребує особливої уваги у напрямі попередження формування домінуючих популяцій збудників та вдосконалення методів боротьби з ними.

### 7.3. ЛЮДИНА, ЯК САМОРЕГУЛЮЮЧА СИСТЕМА

В процесі еволюції людина пристосовується до умов навколишнього середовища завдяки численним захисним і адаптивним реакціям організму, основними з яких є такі: підтримання сталості властивостей внутрішнього середовища (гомеостаз); регенеративні процеси; імунітет; регуляція обміну речовин тощо.

**Саморегуляція** – це властивість організму автоматично встановлювати і підтримувати на відносно сталому рівні певні фізіологічні показники.

Під впливом несприятливих чинників довкілля ефективність окремих адаптивних систем знижується, в організмі починаються патологічні зміни, що свідчить про певне захворювання. Відомо, що за допомогою лікарських препаратів можна регулювати лише деякі біохімічні реакції, усі інші процеси, які протікають в організмі, він повинен регулювати сам. Антропогенне навантаження, зміна генетичного апарату багатьох біологічних чинників порушують нормальне функціонування імунної системи людини, що є особливо не бажаним в дитячому віці.

**Життя** – це процес започаткування, існування, самопідтримки, саморозвитку та самовідтворення живих організмів, видів і систем.

**Хвороба** – порушення нормальної життєдіяльності організму внаслідок шкідливої дії внутрішніх чи зовнішніх чинників.

Проявляючи велику турботу за внутрішню чистоту живого організму, природа керувалася тим, щоб не допустити попадання токсинів в організм з навколишнього середовища і видалити токсичні відходи життєдіяльності важливіше, ніж його нагодувати.

При цьому організм набув декілька рівнів захисту від зовнішніх токсинів.

1. **Зовнішній рівень.** Це початкова «лінія оборони» – зовнішні покриття (шкіра, слизова оболонка очей, шлунково-кишкового тракту, сечовивідних та дихальних шляхів), які оберігають організм від навколишнього середовища.

2. **Проміжний рівень.** Це гістогематичний бар'єр (знаходиться між тканинами і кров'ю). Він «зустрічає» токсичні речовини, які змогли пройти зовнішній бар'єр, потрапити в кров, і захищає важливі внутрішні органи, ЦНС та залози внутрішньої секреції.

3. **Мембранно-клітинний рівень.** Цей бар'єр є заключним і найвирішальнішим. Він наділений найтоншим механізмом захисту, який починається з клітинної мембрани і здійснюється практично усіма структурами клітини, в тому числі і системою ферментів, які забезпечують перетворення шкідливих речовин в менш токсичні, і/або продукти, що легко видаляються з клітини.

Більшість ксенобіотиків, що надходять до організму, не мають прямого біологічного впливу, але, насамперед, підлягають різноманітним перетворенням, так званій біотрансформації.

**Під процесом виведення токсикантів розуміють їх видалення з організму природним шляхом.** Вони можуть виводитися як у первинному вигляді (без змін структури), так і у вигляді метаболітів, що утворилися в результаті біологічної трансформації токсиканта.

**Метаболіти – це речовини, що виникають у наслідок хімічних перетворень в організмі і є проміжними факторами обміну речовин.**

Середні значення кількості метаболітів є показником норми, а зміна їх – показником розвитку токсичного ураження і можуть мати специфічні діагностичні значення для визначення певної хвороби.

**Екскреція токсикантів є заключним етапом токсикокінетичного процесу, що призводить до повної елімінації шкідливого чинника з організму.** У найбільш типовому варіанті система захисту від різноманітних ксенобіотиків представлена у вигляді трьохетапного процесу, що включає активацію (фаза I), детоксикацію (фаза II) та виведення (фаза III). Екзогенні ксенобіотики, як правило, трансформуються в менш активні та більш інертні метаболіти.

Фаза I біотрансформації забезпечується переважно численним сімейством ферментів – цитохромів P-450, мікосомальною епоксидгідролазою, алкогольдегідрогеназою, альдегіддегідрогеназою та інші. Ці ферменти каталізують реакції окислення, відновлення та гідролізу з утворенням активних груп – OH, – COOH, – SH, – NH<sub>2</sub> тощо. Тобто, основні функції 1 фази біотрансформації полягають в утворенні в молекулі субстрату (ксенобіотика) гідрофільних груп, завдяки чому відбувається детоксикація десятків тисяч речовин.

Важливою особливістю системи ферментів фази I є їхня вибіркова локалізація та висока потужність на головних шляхах надходження ксенобіотиків в

організм – харчовому (печінка, травний тракт), дихальному (легені, бронхи), та численність шляхів метаболізму: гідроксилування, епоксидування, окислення за сіркою та азоту, кисню, десульфурація та ін.

На жаль, ферментативне перетворення ксенобіотиків в цій фазі нерідко призводять до появи більш токсичних метаболітів. Наприклад, найбільш розповсюджені бенз(а)пірен, бензантрацен та схожі з ними ПАВ, які знаходяться в димі курців, забрудненому повітрі промислових міст та в харчових продуктах, смажених на вугіллі або копчених. Так, бензантрацен, після гідроксилування, перетворюється в епоксид бензантрацену (канцероген), потім – в бензантрацендіол.

Нітрозаміни в процесі метаболізму окислюються в мікосомальній системі клітин, утворюючи іони ( $\text{CH}_3^+$ ), які можуть етилувати нуклеїнові кислоти і білки. Це супроводжується індукуванням злоякісних пухлин в печінці, легенях, шлунку та стравоході.

Ферменти II фази біотрансформації. Головним призначенням цієї фази є нейтралізація (деактивація, детоксикація) гідрофільних та часто токсичних продуктів I фази за допомогою різних гідролаз та трансфераз, які присутні в усіх клітинах. Ця група ферментів функціонує при будь-яких шляхах надходження ксенобіотиків, здійснює або завершує детоксикацію, а інколи виправляє помилки першої фази. Під час фази II відбуваються ферментативні реакції кон'югації метаболітів в печінці, що утворились у фазі I, а також екзогенних сполук з сірчаною кислотою, донатор – 3 – фосфоаденозин – 5 – фосфосульфат (ФАФС) або активною формою глюкуронової кислоти (УДФГК) з утворенням більш гідрофільних продуктів, які виводяться з сечею.

Фаза III біотрансформації – евакуація. Виведення з організму продуктів детоксикації здійснюється через легені, нирки, кишечник.

Важлива роль у цих процесах належить білку плазми крові – альбуміну (синтезується в печінці), що зв'язує та транспортує метаболіти екзогенних та ендогенних субстратів, у тому числі продукти фази I та фази II детоксикації. Більшість гідрофільних ксенобіотиків після біотрансформації та деградації через каскад реакцій детоксикації надходять із клітин у кров, звідки вони виводяться з сечею. Ксенобіотики великої молекулярної маси (> 300 кДа) та підвищеної гідрофобності виводяться з жовчю. Завданням фази III є захист клітин від дії вільних радикалів та перекисних сполук, що утворюються при метаболізмі ксенобіотиків.

На сьогодні відома велика кількість генів, що контролюють синтез білків, які відповідають за детоксикацію ксенобіотиків – будь-яких чужорідних факторів, що надходять до організму. Гени детоксикації ксенобіотиків отримали назву «генів зовнішнього середовища». Друга група генів умовно названа генами-тригерами. Вона представлена генами, що кодують білкові речовини (ферменти), які відіграють ключову роль у механізмах активації та деградації природних метаболітів (наприклад, амінокислот). Якщо внаслідок мутації генів, функція цих ферментів порушується, то це може стати причиною низки захворювань (остеопороз, атеросклероз, інфаркт міокарда та інші).

Лікарі багатьох країн світу відзначають у людини зниження активності імунної системи і, як результат, – збільшення частоти й ускладнення перебігу інфекційних захворювань внаслідок погіршення екологічної ситуації на Землі. На жаль, екологічна ситуація в Україні є надзвичайно напруженою. Особливо послаблена імунна

система дітей, які проживають в промислових районах і забруднених радіацією після аварії на Чорнобильській АЕС. Радіоактивне випромінювання згубно діє на клітини, що діляться. Пригнічують імунну систему також викиди автомобільних газів, отрутохімікати тощо.

## 7.4. РОЛЬ ДИХАЛЬНОГО ШЛЯХУ ЛЮДИНИ В ПРОНИКНЕННІ ТА ВИВЕДЕННІ ТОКСИНІВ І АЛЕРГЕНІВ

Найважливішими вхідними воротами для проникнення патогенних мікроорганізмів у організм людини є верхні дихальні шляхи. Постійний контакт органів дихання з навколишнім середовищем робить їх уразливими до збудників інфекційних захворювань. Більшість гострих захворювань дихальних шляхів і легень спричиняються вірусами, бактеріями, паразитичними грибами. У зв'язку з цим останні оснащені комплексною, ефективною системою захисту, що протидіє розмноженню мікроорганізмів на слизовій оболонці і їх проникненню в тканину. Навіть у тому випадку, якщо цей захисний механізм надійно захищає організм від проникнення збудника, все одно залишається відносно велика небезпека виникнення в слизовій оболонці обмежених місцевих інфекційних процесів.

До неспецифічних захворювань дихальної системи відносяться захворювання, що виникають під дією пилу і інших частинок, які знаходяться в повітрі, що вдихається (наприклад, пневмоконіози, пилеві бронхіти), а також алергічні (напр., бронхіальна астма) та онкологічні захворювання.

Виведення токсикантів з легенів є головним шляхом звільнення організму від летких та газоподібних токсикантів і разом з шлунково-кишковим шляхом являються найбільш ефективними за швидкістю і ступенем проникнення та виведення ряду мікроорганізмів та інших сполук.

Така особливість пов'язана, перш за все, з великою сумарною поверхнею легень (від 50 до 100м<sup>2</sup>), значним кровопостачанням (мають густу капілярну сітку навколо стінок альвеол, число яких складає 300-350 млн.), незначною (0,5мкм) товщиною альвеолярно-капілярного бар'єру та слабо вираженою здатністю до виведення багатьох ксенобіотиків. Але близько 10% кобальту, 50% ванадію, 25% нікелю, 70% хрому, 10-50 % кадмію, 70-80% ртуті, 27-32% свинцю, що попали через верхні дихальні шляхи, залишаються в легеневій тканині на досить тривалий час.

З кожним роком мікробіологічна галузь збагачується новими відкриттями, виявляються нові збудники гострих респіраторних захворювань (ГРЗ) і різні штами одних і тих же мікроорганізмів, вивчаються постійно мінливі властивості збудників, особливо їх чутливість до антибактеріальних препаратів. В останні роки все більше уваги до розвитку ГРЗ привертає роль мікоплазм, уреоплазм, хламідій і грамнегативних бактерій. У всьому світі спостерігається зростання гострих і хронічних інфекційних захворювань, що викликаються умовно-патогенними мікробами. Можна виділити такі фази розвитку збудника від моменту його проникнення в організм до виникнення інфекції:

- фаза 1: проникнення збудника в дихальні шляхи;
- фаза 2: фіксація на поверхні слизової оболонки;
- фаза 3: розмноження на слизовій оболонці, відповідь організму захисною запальною реакцією і виробленням засобів імунного захисту.

У 1922 році видатний мікробіолог, лауреат Нобелівської премії А.Флемінг відкрив фермент слини – лізоцим (мурамідаза), який володіє антибактеріальною дією. Фермент має здатність розривати полісахаридний комплекс оболонки бактерій і, таким чином, пригнічувати їх дію. Пізніше лізоцим був виявлений на слизовій дихальних шляхів і кишечника.

У секреті епітелію легень відбуваються перші хімічні і біохімічні реакції, хід яких може сприяти прискоренню чи зупинці виведення інгальованих токсинів. Ці реакції забезпечують: **лізоцим** – секрет слизових клітин бронхіол, **альвеолярні макрофаги** (МФ) і **нейтрофіли** (НФ), що мають муколітичні, протибактеріальні та стимулюючі мітотичну активність клітин властивості; **лактоферон** – секрет залозових клітин з бактерицидними якістьми; **інтерферони** – низькомолекулярні білки, які синтезуються МФ та лімфоцитами, що придушують репродукцію вірусів, пригнічують внутрішньоклітинне розмноження паразитів (наприклад, малярійний плазмодій).

Імунний захист є другим етапом боротьби з патогенними мікроорганізмами. Тільки після того, як збудників не вдається подолати мукоциліарним захистом, вони закріплюються на поверхні слизової оболонки, розмножуються і починають мобілізувати захисні сили імунітету. Це стосується як інгаляційних, так і інфекційних патогенних факторів.

## 7.5. КИШЕЧНИК – ЦЕНТР ІМУННОЇ СИСТЕМИ ШЛУНКОВО-КИШКОВОГО ТРАКТУ (ШКТ)

Разом зі слизовою оболонкою і її слизом імунна система кишечника контролює транспорт речовин, які поступають в клітини організму і зменшує «переповнення» внутрішнього середовища організму чужорідними антигенами та забезпечує його поживними речовинами, необхідними для життя.

Антигенні компоненти бактерій фізіологічної флори кишечника можуть проходити через стінку кишечника (при глисній інвазії, виразках кишечника тощо). Перманентна конфронтація імунної системи з бактеріями необхідна для формування і підтримки імунних функцій в інтактному стані. Для пацієнтів з ослабленим імунітетом і алергічними захворюваннями за допомогою мікробіологічної терапії може бути забезпечена адекватна імунна регуляція.

### ***ШКТ в якості розділяючого органу та перетравлені продуктів харчування***

Живий організм є стійкою й одночасно пластичною системою, здатною реагувати на зовнішні подразники адекватно до умов, які склалися, з найменшими матеріальними, енергетичними та інформаційними витратами. Внаслідок

використання в харчуванні впродовж багатьох поколінь певного набору продуктів організм пристосувався саме до них. У ньому формується постійне внутрішнє середовище (ендоекологічний стан) зі своїм типом обміну речовин, притаманними йому ферментами та ізоферментами, специфічною мікрофлорою шлунково-кишкового тракту. Пристосування організму до певних кліматичних умов і типу харчування закладено генетично і передається спадково незалежно від бажання людини.

Слизова оболонка кишечника утворює велику поверхню, яка розділяє внутрішнє середовище організму із зовнішнім світом. Вона складає близько 400 м<sup>2</sup> і перебуває під «постійним обстрілом» з боку зовнішнього середовища компонентами харчування, вірусами, бактеріями, паразитами, які постійно вступають в контакт із слизовою оболонкою кишечника. В сектерах слизової оболонки кишечника накопичується велика кількість імуноглобуліну А – це перший бар'єр на шляху проникнення мікроорганізмів з навколишнього середовища в організм. Якісна і кількісна характеристика кишкової мікрофлори залежить, в першу чергу, від харчового раціону людини.

Цивілізація призвела до того, що людство використовує їжу калорійну завдяки варенню, смаженню, копченню, вживання змішаної їжі, наприклад, вуглеводів з білками. Головна причина знівеченого впливу такої їжі на організм в тому, що шлунково-кишковий тракт не пристосувався до перетравлення змішаних класів сполук одночасно. Перетравлення білків, жирів і вуглеводів – це поступовий складний ферментативний процес, який відбувається в різних відділах травного тракту. Від надходження їжі в організм до виведення з організму проходить майже 30 годин.

І.П. Павлов заснував принцип роздільного харчування. Бернард Йенсен розробив свою систему, основу на тому, що різні системи організму отримують поживні речовини із крові, а вона, в свою чергу, із кишечника. Якщо кишечник зашлакований, то в кров надходять токсичні продукти (аміак, трупні отрути, меркаптани та ін. сполуки) в підвищеній концентрації і це призводить до збільшення навантаження на печінку, де відбувається знешкодження різних токсинів.

Тваринний світ поділяється на травоїдних та плотоїдних.

У плотоїдних, що харчуються, в основному, м'ясом, кишечник в 3 рази довший від розміру тіла, що дозволяє швидко перетравлювати білки м'яса і виводити токсини з організму. У травоїдних – довжина кишечника в 6-10 разів довша тіла тварини, тому що рослинна їжа перетравлюється значно довше. Довжина кишечника людини в 5-6 разів довша довжини тіла, зважаючи на це біологи та дієтологи відносять її ближче до травоїдних.

Але внаслідок багатовікової адаптації до різних раціонів у представників різних адаптивних типів виникли своєрідні варіанти шлункового травлення. Більшості популяцій людини властиве травлення за «типом кабана». Найяскравіше цей варіант спостерігається у всеїдних ссавців, що вживають їжу рослинного і тваринного походження одночасно. У них травлення відбувається переважно поблизу стінок шлунку, в тісному контакті з травними залозами. Кислотність шлункового соку порівняно невисока. Підвищення її призводить до подразнення стінок органу, що загрожує розвитком гастриту та виразки шлунку.

Для популяцій корінних мешканців Арктики, чий раціон містить дуже велику кількість білків і жирів, характерне шлункове травлення за «типом вовка» – ана-

логічне травленню у хижаків. При цьому ферментативне оброблення їжі відбувається в центральній частині шлунку за високої кислотності травного соку. Для захисту стінок органу від впливу кислоти його клітини виробляють величезну кількість слизу. Внаслідок цього навіть дуже висока кислотність середовища практично не призводить до розвитку виразки шлунку.

Адаптаційні пристосування можуть бути досить своєрідними. Наприклад, у представників деяких аборигенних груп Нової Гвінеї у кишечнику виявлено постійну азотфіксуючу мікрофлору. Періодичне травлення цими бактеріями може забезпечити додаткове отримання організмом азоту, якого не вистачає у їжі бідній на білки та амінокислоти.

## 7.6. ЕНДОЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ МІКРОФЛОРИ КИШЕЧНИКА ЛЮДИНИ

В процесі еволюції між організмом людини та мікробним світом склалися певні паритетні відносини, які дозволяють їм співіснувати, доповнюючи та допомагаючи один одному. Найбільш сприятливим місцем для такого співіснування став шлунково-кишковий тракт.

Нині кишкову мікрофлору прийнято вважати самостійною залозою, яка бере участь у видаленні токсичних речовин, що утворюються під час перетравлення продуктів в кишечнику, або попадають в кишечник з продуктами харчування.

В сектерах слизової оболонки кишечника накопичується велика кількість імуноглобуліну А – це перший бар'єр на шляху проникнення мікроорганізмів з навколишнього середовища в організм.

Частина бактерій має тісний контакт з клітинами слизової оболонки, прикріплюючись до епітеліоцитів завдяки спеціальним рецепторам шляхом адгезії і покриваючи їх поверхню плівкою. Саме в кишечнику знаходять сприятливі умови для існування понад 500 видів різних бактерій, загальна маса яких сягає 2,5-3,5 кг. З'ясовано, що різні відділи шлунково-кишкового тракту (ШКТ) людини відрізняються за кількістю і видовим складом мікроорганізмів, що в ньому проживають. Найбільша їх кількість знаходиться у товстому кишечнику. В 1г вмісту товстої кишки нараховується до 25 млрд., а у всьому кишечнику близько  $10^{15}$  мікроорганізмів. Видовий склад мікрофлори людини різко змінюється при різних захворюваннях, а також при нераціональному використанні антибіотиків, одноманітному харчуванні тощо.

Основну частину мікробної популяції (95-98%) складають анаероби (біфідум-бактерії, бактероїди, фтаузобактерії, анаеробні коки, вейлонели, клостридії та інші). В аеробному спектрі переважає кишкова паличка (*Escherichia coli*) та лактобактерії. Зустрічаються також стрептококи (в тому числі *Str. faecium*), стафілококи, клібсієли та інші.

Мікрофлора кишечника:

- захищає шлунково-кишковий тракт від негативної дії патогенної мікрофлори;

- бере участь у травленні та утилізації речовин;
- синтезує вітаміни групи В і К.
- бактеріальні модуліни біфідо- і лактобактерії **стимулюють лімфоїдний апарат**, синтез **імуноглобулінів, інтерферонів, цитокінінів**, збільшують кількість **комплементу**, підвищують активність **лізоциму** та сприяють зменшенню проникливості судинних, тканинних бар'єрів для токсичних продуктів патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, перешкоджають транслокації бактерій у внутрішні органи та кров;

- **стимулюють дозрівання макрофагально-гістоцитарної системи.** Наприклад, під впливом багатьох штамів лакто- та біфідобактерій спостерігається підвищення кількості **T- та В- лімфоцитів**, а також їхньої проліферативної активності та продукування ними низки **імунорегуляторних цитокінінів** при різних патологічних процесах.

З'ясовано, що у крові тварин, які вирощені в стерильних умовах, низькі титри антитіл, занижена кількість гама-глобулінів, а кількість клітин, продуцентів IgA, зменшена в 10 разів. Внаслідок різкого падіння місцевого імунітету такі тварини швидко захворюють при контакті з патогенними мікроорганізмами.

Мікрофлора кишечника бере участь у формуванні імуннобіологічних реакцій організму. Одна із функцій нормального мікробіоцинозу – це забезпечення в кооперації з організмом колонізаційної резистентності, тобто сукупності механізмів, що надають стабільність нормальній мікрофлорі, яка попереджує заселення організму сторонніми мікробами.

Значний вклад в дигестивну та синтетичну функцію кишечника вносить симбіотична флора. Попадаючи в товсту кишку амінокислоти, залишки харчових білків або білки травних соків, у тому числі і ферменти (ентерокіназа, пепсин і т. п.) під дією бактеріальних ензимів перетворюються в різноманітні аміни (гістамін, метіламін, серотонін), феноли (індол, скатол, крезол), різні ароматичні з'єднання, а також такі кислоти як валеріанова, гексанова і ряд ізокислот. Ці речовини поряд з аміаком, який з'являється в результаті дезамінування білків в кишечнику, попадають в кров і діють токсично на центральну нервову систему, печінку та нирки. Вважають, що гіперпродукція гістаміну бактеріальною флорою може бути однією із причин виразкового враження шлунка, а також псевдоалергічних реакцій.

До важливих функцій мікрофлори кишечника слід віднести її детоксикуючу дію як у відношенні речовин, які попадають в організм із оточуючого середовища з водою, їжею, повітрям, через шкіру, так і тих сполук, які утворюються в кишечнику хазяїна.

І. Мечніков підтвердив, що гальмом до довголіття є кишкова інтоксикація. Коли він вводив тваринам продукти гниття із кишечника людини, то одержував яскраво виражений склероз аорти. Це явище було викликано кишковою інтоксикацією, яка була наслідком малорухомого способу життя, харчуванням рафінованими, м'ясними, молочними продуктами, при недостачі в харчуванні рослинної їжі.

Процес детоксикації відбувається у кількох напрямках: біотрансформації з утворенням нетоксичних кінцевих продуктів, вироблення мікробних метаболітів, які швидко підлягають деструкції у печінці, або зміни у токсичних речовинах полярності, що змінює швидкість їх екскреції в навколишнє середовище або транслокацію в кров'яне русло.



Як природний сорбент, нормальна мікрофлора здатна акумулювати значну кількість токсичних продуктів, включаючи метали, феноли, отрути рослинного, тваринного або мікробного походження.

Процеси детоксикації в кишечнику відбуваються за рахунок гідролітичних та відновних реакцій і переважно в анаеробних умовах. Причому, кожну вказану функцію виконує відповідно одна або декілька груп бактерій.

Таким чином, перераховані вище далеко не усі функції кишечника свідчать про те, що його мікробіоциноз відіграє важливу роль у забезпеченні життєдіяльності організму людини і має велике практичне значення в профілактиці різноманітних захворювань. Дисбаланс мікроорганізмів в кишечнику викликає або сприяє виникненню різних патологій.

## 7.7. ПОРУШЕННЯ СКЛАДУ КИШКОВОЇ МІКРОФЛОРИ ТА ЇЇ РЕГУЛЮВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕУБІОТИКІВ

Кишкова мікрофлора відносно стабільна і реагує на екзогенні та ендогенні чинники в незначній ступені. Але у випадку дії патологічних факторів протягом довгого часу або їх посилення відбуваються значні порушення в кишковій мікроекології. Виникають зміни в кількості мікроорганізмів, їх співвідношенні (дисбактеріоз), локалізації або в порушенні бактеріального метаболізму.

**Дисбактеріоз** – це захворювання, коли змінюється співвідношення нормальної мікрофлори кишечника (біфідо- та лактобактерій) і патогенної флори.

За рахунок зниження рівня нормальної мікрофлори її місце займає умовно-патогенна та патогенна мікрофлора, яка є джерелом інфекції та сприяє розвитку алергічних та аутоімунних захворювань, ускладнює перебіг хронічних захворювань, згубно впливає на систему згортання крові.

Ще в 1950 році відомий російський вчений В.ІМечников стверджував, що за допомогою кисломолочних продуктів, можна омолодити організм людини, його життя і активність, тобто понизити дисбактеріоз можна за допомогою еубіотиків.

**Еубіотики** – біологічно активні добавки, що містять живі мікроорганізми і/або їхні метаболіти, які здійснюють нормалізуючий вплив на склад і біологічну активність мікрофлори травного каналу.

Функціональна роль еубіотиків спрямована на:

– колонізацію шлунково-кишкового тракту мікроорганізмами, які виявляють антагонізм щодо умовно-патогенних та патогенних бактерій, вірусів, грибів і дріжджів;

– прискорення рециркуляції естрогену, який екскретується в шлунково-кишковий тракт із жовчю;

– поліпшення порушеного балансу мікроорганізмів у кишечнику і усунення дисбактеріозів і дисбіозів загалом;

– оптимізацію травлення і нормалізацію моторної функції кишечника шляхом вироблення речовин, які здійснюють морфокінетичну дію;

– запобігання негативному впливу радіації, хімічних забруднювачів їжі, канцерогенів, забрудненої води за рахунок підвищення неспецифічної імунорезистентності.

Еубіотики поділяють на три групи: пробіотики, пребіотики, симбіотики.

### **Пробіотики**

Пробіотиками називають продукти харчування або лікарські препарати, які містять у собі важливі мікроорганізми – це представники нормальної мікрофлори кишечника біфідобактерії і молочнокислі мікроорганізми роду *Lactobacillus*.

Вперше поняття «пробіотики» було використано в середині минулого століття, і має досить зрозуміле значення «за життя». Кисломолочні продукти з використанням штамів-пробіотиків випускають з початку 30-х років ХХ ст. Особливо активно їх виробництво розвивалося в Японії (1971-1988), Франції, Німеччині, СРСР. У виготовленні продуктів із лікувальною та профілактичною дією зазвичай використовують декілька видів штамів-пробіотиків: біфідобактерії, ацидофільну паличку та термофільний стрептокок.

Використання пробіотиків у лікувально-профілактичному харчуванні обов'язкове у разі антибіотикотерапії та вживання інших лікарських препаратів. Вони нормалізують процес травлення, адже є вираженими антагоністами патогенних та умовно-патогенних мікроорганізмів, збудників кишкових інфекцій, стійкі до дії фенолів і солей.

Доведено, що за використання пробіотичних продуктів результати нормалізації кишкової мікрофлори невисокі. Це пояснюється тим, що більшість біфідо- і лактобактерій гине в агресивному кислому середовищі шлунка та лужному середовищі дванадцятипалої кишки, внаслідок чого нижніх відділів кишечника досягає лише третина корисних мікроорганізмів. Крім того, не всі бактерії, потрапивши до товстого кишечника, можуть прижитися на його епітелії.

### **Пребіотики**

**Пребіотики** – це речовини, які здебільшого не піддаються гідролізу, не адсорбуються у шлунку і тонкому кишечнику, залишаються в кишечнику протягом місяця. Більшість зарубіжних фахівців зараховує до пребіотиків незасвоєвані вуглеводи: лактулозу, олігосахариди (фрукто-, галактосахариди та ін.), фіброгам, інулін, лактитол. Ці речовини виконують важливі біологічні функції: є харчовим субстратом для корисних бактерій товстого кишечника; сприяють зниженню рівня рН кишечника, що супроводжується пригніченням росту патогенної мікрофлори і стимуляцією росту корисної; потрапляючи у кровоток, слугують поживними речовинами для гепатоцитів та клітин інших тканин і органів; нейтралізують токсичні речовини; поліпшують всмоктування води, натрію та інших електролітів. Завдяки своїй хімічній інертності вони мають необмежений термін зберігання і можуть використовуватись у ширшому асортименті молочних продуктів, ніж пробіотики. Продукти, збагачені пребіотиками, нині не такі популярні, як пробіотичні, хоча значно ефективніші за них.

### **Симбіотики**

**Симбіотики** – це комплекси пробіотиків, у т.ч мультиштамових, з пребіотиками. Часто вони є БАДами, що належать до функціонального харчування, збагачені одним чи кількома штамми представників родів *Lactobacillus* і/чи *Bifidobacterium*. Наприклад, біовестин-лакто (біфідогенні фактори і біомаса *B. bifidum*, *B. adolescentis*, *L. plantarum*), мальтидофілюс (мальтодекстрин і біомаса *B. bifidum*, *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*), біфідобак (фруктоолігосахариди із топінамбура і комплекс із біфідобактерій) і ламінолакт (амінокислоти, пектини, морська капуста та ентерококи).

Про – і пребіотики конкурують між собою не лише для лікування дисбактеріозу, а і як дві групи лікувально-профілактичних продуктів. Однак, на думку деяких учених, майбутнє належить симбіотикам, що матимуть у своєму складі одночасно живі клітини кишкової мікрофлори (пробіотики) та речовини, що стимулюватимуть їх ріст (пребіотики).

Вимоги Європейського регуляторного законодавства в галузі пробіотиків щодо обов'язкового проведення всебічних досліджень біологічної активності як окремих пробіотичних культур, так і їх поєднань при створенні пробіотичних препаратів на основі монокультур лакто- та/або біфідобактерій підтверджуються результатами досліджень. Імуномодулювальні властивості окремих культур лакто- та біфідобактерій істотно відрізняються між собою, і це є їх індивідуальною характеристикою.

Незважаючи на те, що в процесі еволюції в організмі людини виробилися складні системи для самозахисту від дії різних токсикантів біотичного та абіотичного походження, вони продовжують «ломати» хромосоми, «знівечувати» гени, що призвело до появи майже 500 спадкових захворювань, викликаних хромосомними мутаціями, і більше 1500 спадкових аномалій, обумовлених генними мутаціями.

### **Загальна характеристика харчових добавок та їх безпека**

Останнім часом у виробництві харчових продуктів почали використовувати біоіндустрію. Для поліпшення якості в харчові продукти додають біологічно активні добавки, що поповнюють дефіцит багатьох вітамінів, мінеральних елементів, ненасичених жирних кислот, різних видів харчових волокон тощо. Корисними і безпечними вважаються тільки полікомпонентні рослинні суміші, виготовлені з натуральної рослинної сировини (фруктово-ягідні, зернові, цитрусові концентровані екстракти, пектини, фруктові-глюкозні сиропи та екстракти з різних трав), що сприяють нормальному травленню й виведенню з організму токсичних і канцерогенних сполук та радіонуклідів.

**Безпечний харчовий продукт** – це харчовий продукт, який не створює шкідливого впливу на здоров'я людини безпосередньо чи опосередковано за умов його виробництва та обігу з дотриманням вимог санітарних заходів та споживання (використання) за призначенням.

Для надання продуктам привабливого вигляду, аромату, консистенції – застосовують ароматизатори, харчові барвники, загусники, емульгатори та стабілізатори.

В якості консервантів в харчовій промисловості використовують антибіотики (препарати тетрациклінового ряду, пеніцилін, субтилізин, стрептоміцин та ін.), вітаміни С та Е, як антиоксиданти. Їх застосування регламентується. Для вказаних

речовин встановлені певні нормативи – гранично допустимі концентрації (ГДК) і допустима залишкова кількість їх в організмі людини. Наприклад, максимальна доза аскорбінової кислоти в продукті не повинна перевищувати 15 мг на 1кг маси тіла, пропіонату натрію або кальцію, які використовуються для запобігання плісняви хліба й плавлених сирів – 3 мг/кг.

Багато харчових барвників негативно впливають на людський організм, особливо дитячий, наприклад:

- понсо 4 Р, еритрозин, тартазин, бриліантовий чорний В, зелений С, та ама-рант мають мутагенні властивості, провокують приступ астми;
- еритрозин в кількості 200 мг/добу порушує роботу щитоподібної залози (збільшується секреція іодтироніну);
- марант понижує масу тіла та фізичну виносливість новонароджених;
- артазин шкідливий для дітей в кількості 10–15 мг/добу (порушує парасим-патичну іннервацію рецепторів нервових клітин),
- понсо 4Р впливає на метаболізм заліза, тому різко понижує кількість еритро-цитів та гемоглобіну.

Для вказаних речовин встановлені певні нормативи (ГДК) – гранично допус-тимі концентрації, але вони можуть в організмі накопичуватися, викликати нега-тивний ефект сумації дії, змінювати свої властивості при взаємодії з іншими речовинами.

Так, щоб набрати 1кг маси організму, тварині необхідно з'їсти, в середньому, 10кг органічної маси, що знаходиться на попередньому рівні харчової піраміди (для травоядних – це фітомаса.) З цього виходить, що:

- в одиниці маси тіла консументу, що знаходиться на вищому трофічному рівні, може накопичуватися в 10 разів більше стійких токсинів, ніж їх було в оди-ниці маси консументів попереднього рівня;
- в тілі консументу другого порядку (тобто хижака, що харчується травоядними організмами) кількість стійких токсинів уже буде в 10 разів вище, ніж в організмі консументу першого порядку (травоядні тварини), і в 100 разів більше, ніж в рос-линному кормі;
- в одиниці маси консументів, що знаходяться на найвищому рівні харчової піраміди (в тому числі і людина), може накопичитися в 1000 разів більше стійких біологічних, хімічних чинників, ніж їх було в одиниці фітомаси.

Отже, забруднення організму консервантами, барвниками тощо підвищує біо-магніфікацію – процес накопичення таких речовин по трофічному ланцюгу. Тобто, в таких випадках правило піраміди мас (або правило 10%) «працює» проти людини.

В Законі України «Про якість і безпеку харчових продуктів і продовольчої сиро-вини» дано визначення БАДам.

**До БАДів належать речовини** або їх суміші, які надають раціону харчування лікувальних або лікувально–профілактичних властивостей», але вони можуть порушувати рівновагу співвідношення мікрофлори кишечника.

Нині існують засоби урегулювання кишкової мікрофлори, створені на основі живих мікроорганізмів, а також продуктів їх життєдіяльності. До таких засобів належать еубіотики.

Численні добавки, які науковці визнали небезпечними і заборонили їх застосування у багатьох країнах, продовжують використовуватися в Україні.

У табл. 7.4 наведені харчові добавки, здатні спричинити порушення здоров'я у людини.

Таблиця 7.4

**Харчові добавки, небезпечні для здоров'я людини**  
[Корабльова А.І. та ін. 2003 р.]

Вплив	Компонентний знак добавки Е
Канцерогенний	103, 105, 121, 123-126, 129, 130, 131, 142, 152, 153, 210-216, 219, 230, 240, 249, 252, 280-283, 330, 447, 954
Захворювання шлунково-кишкового тракту	154, 221-226, 320-322, 338-341, 343, 407, 450-454, 461-466, 626-635
Алергенний	122, 124, 129, 211, 230-232, 239, 311-313
Хвороби печінки і нирок	171-173, 320-322
Порушення тиску	250, 251
Шкідливий для шкіри	104, 151, 160, 231, 232, 238, 239, 951, 1105
Висипання на шкірі	310-131, 907
Підвищення рівня холестерину	320,321
Спричинення дратівливості і підвищеної активності у дітей	192, 104, 110, 122, 124, 211
Небезпечний	102, 155, 270, 110, 120, 124, 127, 129, 180, 201, 220, 222-224, 228, 233, 242, 400-405, 502, 503, 620, 636, 637, 1501
Дуже небезпечний	123, 510, 513, 527
Заборонені	103, 121, 123, 105, 111, 121, 125, 126, 130, 150, 152, 952

Наприклад, барвник Е-104, здатний спричинити запалення шкіри і підвищену активність у дітей, в Україні застосовують у копченій рибі, кольорових драже, льодяниках від кашлю, жувальній гумці. Тим часом його заборонено в Австралії, Японії, Норвегії, США. Тому використання синтетичних барвників треба обмежувати. Харчові барвники не повинні мати солей ртуті, селену, хрому, вільних ароматичних амінів та інших шкідливих для організму людини речовин.

Однією з причин зниження рівня здоров'я населення світу, у т.ч. українців, на думку фахівців, є зміни характеру харчування, хімічного складу їжі, використання забрудненої води тощо.

Щоб повідомити споживача, що вироблений продукт відповідає вимогам стандартів, його маркують спеціальним знаком. Максимально об'єктивна інформація про якість та безпечність продукції повинна подаватися на упаковці продукту.

Лише безперервний контроль усіх екологічних вимог протягом усього періоду вирощування продукції рослинництва, годівлі тварин, птиці та ін. надає достовірну інформацію про харчову цінність та екологічну безпеку майбутніх продуктів харчування. Не менш важливим є контроль технологічних процесів приймання, зберігання, переробки та реалізації готової продукції.

**Контрольні питання**

1. Який взаємозв'язок між здоров'ям нації і станом навколишнього природного середовища в Україні?
2. Що таке імунітет людини і які органи його забезпечують?
3. Які системи забезпечують клітинний імунітет?
4. Назвіть шляхи виведення токсинів і алергенів органами дихання.
5. Які функції виконують мікроорганізми кишечника людини?
6. Поняття про дисбактеріоз і його основні стадії.
7. Які ризики впливу ГМО на склад мікроорганізмів кишечника людини?
8. Який вплив еубіотиків на склад мікроорганізмів кишечника людини?
9. Яку роль виконують ізоформи цитохрому Р-450 в тканинах організму людини?

**Використана література**

- Березов Т.Т.** Биологическая химия // **Т.Т. Березов** и Б.Ф. Коровкин Учебник. – М.: Медицина, 1990. – 528 с.
- Береза Н.Н.** Проблемы дисбактериоза кишечника и его коррекции // Гастроэнтерология. – Днепропетровск, 2000. – Вып. 31. – С. 432-435.
- Бондар О.І.** Антропогенні чинники довкілля та їх вплив на біоту і здоров'я людини / О.І. Бондар, О.І. Тимченко, О.Г. Тараріко. – Київ, Інрес, 2006. – 286 с.
- Гнатейко О.З.** Екогенетичні аспекти патології людини, спричиненої впливом шкідливих факторів зовнішнього середовища / О.З. Гнатейко, Н.С. Лук'яненко Львів. – Журнал «Здоровье ребенка» 6 (9) 2007 р.
- Грищенко С.В.** Комплексная гигиеническая оценка загрязнения атмосферного воздуха городов и сельских мест Донецкой области / С.В. Грищенко // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2005. – Т. 5, № 1.– С. 12-17.
- Димань Т.М.** Екологія людини. Підручник / Т.М Димань К.: Академія. – 2009. 375 с.
- Мокрозуб В.В.** Антибактеріальні й імуномодулювальні властивості штамів лакто- та біфідобактерій за експериментальної стафілококової інфекції / В.В. Мокрозуб, Л.М. Лазаренко, Л.П.Бабенко та інш. Біотехнологія. – Т. 5, № 2, 2012
- Національна доповідь** про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007–2011 рр. МОНПС.
- Немцов В.И.** Нарушения состава нормальной кишечной микрофлоры, ее роль в патологии человека и методы коррекции // Новые Санкт-Петербургские врачебные ведомости. – 2006. – №2. – С. 44-51.
- Стожаров А.Н.** Медицинская экология: Учебное пособие / А.Н. Стожаров. – Минск: «Высшая школа», 2007. – 368 с.

## РОЗДІЛ 8

# ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

### Лабораторна робота № 1. Діагностика хелібактеріозу за допомогою виміру аміака повітря ротової порожнини

Серед багатьох захворювань, до яких вразливі люди і тварини, існує особлива група захворювань, котрі прийнято вважати інфекційними.

Бактерії часто стають причинами хвороб, які протягом довгого часу вважалися викликаними іншими причинами. Тільки на початку 1990 року було відкрито, що однією із причин виразки шлунку є дія бактерії *Helicobacter pylori*. Більше ніж 80% людей, що інфіковані цією бактерією, не мають симптомів. З'ясовано, що ця бактерія присутня у 60% людей різних країн, а в країнах, що розвиваються, - у 90-95%. З інфекцією *H.pylori* також пов'язаний 1-2% прижиттєвий ризик раку шлунку і менше 1% прижиттєвий ризик шлункової лімфоми.

*H.pylori* має унікальну здатність адаптації до агресивного стану в шлунку (кисле середовище, рН 1,5 –2,5). Шлунок захищений від кислоти власного шлункового соку товстим шаром слизу. *Helicobacter pylori* використовує такий захист, проживаючи у цьому слизу.

Інфікування шлунку мікроорганізмом *Helicobacter pylori* (НП) призводить до розвитку хронічних поверхневих (неатрофічних, антральних) гастритів, дуоденіту, виразкової хвороби шлунку і дванадцятипалої кишки (ВДПК).



Рис. 8.1. *Helicobacter pylori* в шлунку людини  
[Медицинская микробиология, 1999]

Українськими вченими розроблено сенсорний апарат для визначення хелікобактеріозу, принцип якого ґрунтується на визначенні приросту концентрації аміаку ( $\Delta\text{NH}_3$ ) у повітрі ротової порожнини пацієнта після вживання препарату карбаміду.

#### Метод діагностики хелікобактеріозу з використанням електронного датчика MQ-137.

Суть методу полягає в такому: пацієнт уживає розчин карбаміду (сечовина), уреаза HP розщеплює сечовину до аміаку ( $\text{NH}_4^+$ ), останній, маючи меншу молекулярну вагу ніж повітря, підіймається зі шлунка через стравохід до ротової порожнини.

Концентрація аміаку в зразках повітря з ротової порожнини визначається за допомогою електронного датчика на аміак.

Швидкий приріст концентрації аміаку в повітрі з ротової порожнини після вживання розчину карбаміду характеризує загальну уреазну активність у шлунку, яка безпосередньо залежить від кількості бактерій HP.

Як сенсор апарата обрано напівпровідниковий газовий датчик напівпровідникового елементу з полікристалічного кремнію під дією аміаку. Чутливість сенсора в  $2\text{ppm NH}_4$  достатня для діагностування хелікобактеріозу шлунка.

Апарат для діагностики хелікобактеріозу складається з оброблення, керування та відображення інформації, вбудованої повітряної помпи для забору повітря. Спрощена блок-схема апарату представлена на рис. 8.2.

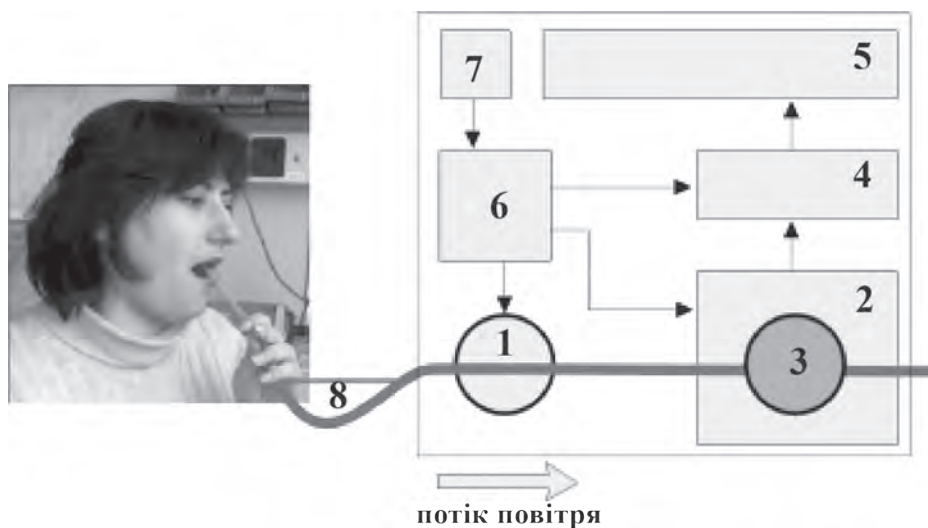


Рис. 8.2. Блок-схема апарату

- 1- повітряна помпа для забору повітря;
- 2- блок детекції;
- 3- селективний датчик на аміак;
- 4- блок оброблення інформації;
- 5- блок відображення інформації (індикатор);
- 6- блок керування;
- 7- блок живлення;
- 8- трубка для забору повітря з ротової порожнини.



### **Хід аналізу**

Для проведення діагностики хелікобактеріозу особа, що діагностується, перорально приймає 0,5г препарату сечовини (карбамід) у 30 мл води. У ротовій порожнині розміщується трубка для забору повітря, через яку відібране повітря поступає в блок реєстрації апарату. Вихідний сигнал селективного датчика, що залежить від вмісту аміака в зразках повітря, реєструється та зберігаються в блоці оброблення інформації апарату. Відбори повітря з ротової порожнини проводяться послідовно з певним періодом. Тривалість відбору повітря та його періодичність визначається характеристиками датчика, що застосовано в апараті. Мікроконтролер блока оброблення інформації порівнює величини отриманих сигналів, що залежать від вмісту аміака, та розраховує приріст величини сигналу, що залежить від приросту концентрації аміака. У разі відсутності позитивного приросту протягом 8 хвилин (4 забори повітря) результат діагностики є негативним, діагностується відсутність хелікобактеріозу. У разі наявності достовірного позитивного приросту величини сигналу датчика результат діагностики є позитивним, діагностується наявність хелікобактеріозу шлунка, а за величиною приросту оцінюється ступінь важкості захворювання.

Результат діагностики виражається чотирма рівнями хелікобактеріозу: «-» – відсутність хелікобактеріозу, «+» – низький ступінь важкості хелікобактеріозу, «++» – середній ступінь, «+++» – високий ступінь.

---

---

## ЗРАЗКИ ТЕСТОВИХ ПИТАНЬ

### 1. Біологічна безпека – це:

- A. Збереження живими організмами своєї біологічної суті при дії на них біотичних чинників.
- B. Збереження живими організмами своїх біологічних властивостей при дії на них біотичних чинників.
- C. Збереження живими організмами своїх системоутворювальних зв'язків і характеристик при дії на них біотичних чинників.
- D. \*Усі відповіді правильні.

### 2. Біологічний вид забруднення полягає у здатності його компонентів до:

- A. Розмноження.
- B. Адаптації.
- C. Передачі спадкової інформації в довкіллі.
- D. \*Усі відповіді правильні.

### 3. Що забезпечує сталість і різноманітність органічного світу?

- A. Тільки спадковість.
- B. Тільки мінливість.
- C. \*Спадковість зі спадковою мінливістю.
- D. Усі відповіді правильні.

### 4. До факторів живої природи належать:

- A. \*Фітогенні.
- B. \*Мікробогенні.
- C. Фізичні, хімічні.
- D. \*Зоогенні.

### 5. Що лежить в основі спадковості:

- A. \*Принцип комплементарності молекул ДНК.
- B. Хромосомні та геномні мутації.
- C. Соматичні мутації.
- D. Усі відповіді правильні.

### 6. Які фактори виникнення спадкової мінливості вам відомі?

- A. Рекомбінація генів унаслідок злиття гамет.
- B. Кросинговер.
- C. Мутації.
- D. \*Усі відповіді правильні.

**7. Які основні джерела біологічної загрози вам відомі?**

- A. \*Природні та генетично модифіковані збудники інфекційних захворювань.
- B. \*Неконтрольоване транскордонне перенесення і інтродукція чужорідних видів, включаючи генномодифіковані організми й корми, отримані на їх основі.
- C. \*Неконтрольована генно-інженерна діяльність і гемотерапія.
- D. \*Неконтрольоване клонування людини і тварин.

**8. Які біотехнологічні методи можуть бути використані для оздоровлення навколишнього середовища?**

- A. Упровадження біологічних методів очистки, глибокого доочищення та знезараження стічних вод.
- B. Використання в технологіях очищення стічних вод іммобілізованих культур мікроорганізмів.
- C. Використання методів генної та клітинної інженерії для отримання культурних рослин, при вирощуванні яких відпадає необхідність використання отрутохімікатів.
- D. \*Усі відповіді правильні.

**9. Завдяки наявності якого генетичного апарата віруси володіють спадковістю?**

- A. \*Тільки РНК-вмісні.
- B. \*Тільки ДНК-вмісні.
- C. РНК і ДНК-вмісні.
- D. Усі відповіді правильні.

**10. За якої умови можливе досягнення біологічної безпеки використання ГМО ?**

- A. Чіткого нормативного визначення правил проведення досліджень генетично-модифікованих організмів (ГМО).
- B. Порядку використання ГМО в закритих та відкритих системах, а також запровадження контролю за їх виконанням.
- C. Визначення оптимальних рівнів допустимих ризиків, пов'язаних із здійсненням генетично-інженерної діяльності.
- D. \*Усі відповіді правильні.

**11. Які цілі гармонізації національного законодавства щодо ГМО з відповідними директивами ЄС?**

- A. Для успішного просування продукції сільського господарства на європейський ринок.
- B. Для успішного просування продукції харчової промисловості на європейський ринок.
- C. Це гарантує виконання положень про ГМО, що задекларовані в Угоді про співдружність між Україною та країнами ЄС.
- D. \*Усі відповіді правильні.

**12. Який нормативний документ ЄС створює основу для обмеженого використання та навмисний випуск у навколишнє середовище ГМО?**

- A. \*Директива 2001/18/ЄС.
- B. Регламент 1830/2003ЄС.
- C. Регламент 1946/2003ЄС.
- D. Директива 2009/41/ЄС.

**13. Який нормативний документ України створює основу для транскордонного перевезення генетично модифікованих організмів?**

- A. Картахенський протокол.
- B. Регламент 1946/2003ЄС.
- C. \*Закон України «Про державну систему біологічної безпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» №1103 – У від 31.05.07.
- D. Закон України «Про стратегію національної політики на період до 2020 року».

**14. Який орган виконавчої влади в Україні здійснює державну екологічну експертизу ГМО, призначених для використання у відкритій системі, надає дозволи на вивільнення ГМО у відкритій системі?**

- A. Міністерство освіти і науки.
- B. \*Міністерство екології та природних ресурсів.
- C. Міністерство охорони здоров'я.
- D. Міністерство аграрної політики та продовольства.

**15. Який орган виконавчої влади в Україні здійснює ліцензування генетично-інженерної діяльності в замкнених системах?**

- A. \*Міністерство освіти і науки.
- B. Міністерство екології та природних ресурсів.
- C. Міністерство охорони здоров'я.
- D. Міністерство аграрної політики та продовольства.

**Помітка:** \* – позначка правильних відповідей.

---

---

## КОРОТКИЙ ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИК

**Аероби** (від грец. *αηρ* – повітря і *βιος* – життя) – організми, які розвиваються в середовищі, що містить кисень. Для них характерний аеробний шлях окислення. У вигляді джерела енергії для забезпечення процесів життєдіяльності аеробні організми використовують енергію окислення органічних сполук до CO<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>O. До аеробних організмів належать усі вищі організми – рослини і тварини, а також деякі мікроорганізми.

**Анаероби** – мікроорганізми, здатні розвиватися без доступу кисню. Розповсюджені в ґрунті, мулі водоймищ, кишечнику людини, ранах, тобто в місцях, де відбувається розщеплення органічних сполук без доступу кисню.

**Антигени** – речовини, зазвичай органічного походження, що мають ознаки генетичної відмінності і при введенні в організм викликають специфічний імунний ефект. Імунна система розпізнає цю речовину як чужорідну і виробляє антитіла для боротьби з нею. У класичній імунології до антигенів належать віруси, бактерії, мікроскопічні гриби, цілі клітини тваринного походження.

**Антитіла**, або **імуноглобуліни** (Ig) – білкові сполуки, які організм людини або хребетних тварин виробляє у відповідь на антигени, чужорідні речовини, що потрапляють до крові, лімфи або тканин організму з ціллю знищити або нейтралізувати потенційно небезпечні з них – бактерії, віруси, отрути та деякі інші речовини.

**Агроценоз** – біотичне угруповання рослин, тварин, грибів, мікроорганізмів, створене людиною для одержання сільськогосподарської продукції.

**Бактеріальні добрива** – монокультура чи група мікроорганізмів, у результаті життєдіяльності яких в ґрунті нагромаджуються поживні речовини, необхідні для росту й розвитку рослин.

**Бактеріофаги** (від назви бактерії та грец. *φαγος* – пожирачі бактерій) – віруси бактерій, що викликають лізис бактеріальних клітин та інших клітин мікроорганізмів. Бактеріофаги можуть діяти на один або кілька видів бактерій.

**Біологічне забруднення** – свідоме або випадкове вселення нових видів організмів, які без перешкод розмножуються в умовах відсутності в них природних ворогів і витісняють місцеві види живих організмів.

**Біомагніфікація** – накопичення по трофічному ланцюгу стійких забруднювачів (важкі метали, діоксини, пестициди, підсилювачі смаку, кольору та ін.).

**Біотехнологія** (від біо і грец. *τεχνη* – мистецтво) – галузь фундаментальних і прикладних знань, яка займається дослідженням використання біологічних процесів, властивих живим організмам для цілеспрямованого добування продуктів та матеріалів із заданими властивостями.

**Біоценоз** – це історично сформовані групи рослин, тварин, грибів і мікроорганізмів, які населяють один ареал. Утворилися в результаті боротьби за існування, природного відбору та інших факторів еволюції.

- Віруси** (від лат. *virus* – отрута) – облігатні внутрішньоклітинні паразити – збудники багатьох захворювань людини, тварин, рослин. Належать до неклітинних форм життя.
- Ген** (від грец. *Genos* – рід) – універсальна структурна одиниця живої матерії, яка завдяки закодованій у ній інформації забезпечує єдність і різноманітність усіх наявних форм живого, контролює клітинний метаболізм, спадковість, еволюцію.
- Генетичний код** – форми запису спадкової інформації у вигляді «кодових слів»-триплетів, які є послідовним чергуванням чотирьох видів нуклеотидів на структурі і-РНК.
- Генетична модифікація** – позначення процесу, за допомогою якого можна змінювати організацію генетичного матеріалу, використовуючи для цього лабораторні методи введення або зміни ділянок ДНК, що містять один або більше генів.
- Геном** – сукупність генів організму, які несуть усю суму генетичної інформації. Геном людини складається з 23 хромосом і містить 3x10<sup>9</sup> нуклеотидних пар. Геном, як правило, є видовою, а не індивідуальною ознакою.
- Гомеостаз** (грец. *homoios* – подібний і *stasis* – стояння) – здатність організму, популяції або системи організмів підтримувати динамічну рівновагу в змінних умовах середовища за допомогою скоординованих реакцій.
- Гормони** (від грец. *hormao* – приводити в рух, збуджувати) – біологічно активні речовини різної хімічної природи, які утворюються спеціалізованими клітинами залоз внутрішньої секреції, виділяються безпосередньо в кров, лімфу або ліквор і регулюють обмін речовин та фізіологічні функції організму.
- Дивергенція** (від сер.-вік. лат. *divergo* – відхиляюся, відхожу) в еволюційному вченні – розходження ознак організмів під час еволюції різних філетичних ліній, які виникли від загального предка.
- ДНК-рестриктази** – бактеріальні ферменти класу гідролаз. Вони забезпечують розщеплення дволанцюгової молекули ДНК, яка потрапляє в клітини внаслідок вірусної інфекції або кон'югації, і захищають бактеріальні клітини.
- Екологічна небезпека** – наявна в навколишньому середовищі ситуація, що здатна за певних умов призвести до реалізації небезпечного фактора.
- Імунна система** – анатоמו-функціональна система організму вищих тварин та людини, що виконує захисні функції щодо підтримання внутрішнього антигенного гомеостазу.
- Імунітет** (лат. *immunitatis* – звільнення від чогось) – здатність живих істот протистояти дії інфекційних агентів, зберігаючи свою діяльність і біологічну індивідуальність, захисна реакція організму.
- Інтрон** – ділянка гена на структурі ДНК еукаріот, що не несе інформації про структуру білка, який кодується цим геном.
- Кодон** (від франц. *Code* – умовне скорочення, шифр) – дискретна одиниця генетичного коду з трьох нуклеотидів (триплетів) на структурі ДНК чи РНК.
- Комплементарність** (від лат. *complementum* – доповнення) – просторова відповідність структур двох молекул, яка забезпечує стабілізацію їх за допомогою водневих зв'язків чи міжмолекулярної взаємодії.

- Латентний період** (скритий період) – час від моменту впливу подразника на організм, орган, тканину або клітину до появи відповідної реакції.
- Локус** (від лат. *locus* – місце) – локалізація (розміщення) певного гена на генетичних або цитологічних картах хромосом.
- Мікотоксини** – продукти метаболізму мікроскопічних грибів, відрізняються високою токсичністю, багато з яких мають мутагенну, тератогенну та канцерогенну дію.
- Мікотоксикози** – захворювання, що виникають при використанні запліснявілих продуктів, до складу яких входять токсичні речовини грибів.
- Мітоз** (від грец. *mitos* – нитка) – основний спосіб поділу еукаріотичних клітин (непрямий поділ), у результаті якого відбувається збільшення їх кількості, що забезпечує утворення генетично повноцінних клітин.
- Мутагени** – фізичні, хімічні та біологічні фактори, вплив яких на живі організми спричинює появу мутацій з частотою, яка перевищує рівень спонтанних мутацій.
- Мутації** (від лат. *mutacio* – зміна) – природні чи викликані певними факторами (мутагенами) зміни спадкових властивостей організму (його генотипу). Мутації є основою спадкової мінливості в живій природі.
- Нуклеїнові** (лат. *nucleus* – ядро) кислоти – високоспецифічні полімерні сполуки, що відіграють основну роль у біосинтезі білка та передаванні генетичної інформації.
- Нуклеоїд** – ДНК-вмісна зона прокаріотичних клітин, аналог ядерної зони еукаріот. Міститься в центральній частині клітини і складається, як правило, з однієї молекули ДНК, не асоційованої з білками.
- Нуклеотид** (нуклеозидфосфат) – трикомпонентна сполука, що складається з азотної основи пуринового чи піримідинового ряду, залишку рибози чи дезоксирибози та фосфату. Вони є компонентами молекул нуклеїнових кислот ДНК і РНК.
- Онкогени** (від грец. *onkos* – пухлина) – гени, які часто знаходяться в ДНК (аденопаповавіруси) та РНК-вмісних (ретровіруси) вірусах, а також у геномі пухлинних клітин. Вони зумовлюють перетворення нормальних клітин еукаріот на злоякісні за участю онкобілків, які вони кодують.
- Патогенність** – потенційна здатність мікроорганізму спричиняти захворювання. Біологічні агенти, яким властива патогенність, називають патогенами. Це можуть бути еукаріоти (гриби, найпростіші), прокаріоти (бактерії), неклітинні форми життя (віруси, віроїди), а також білки (пріони).
- Плазмід** – кільцеві дволанцюгові молекули ДНК, що містяться в цитоплазмі бактеріальних клітин, у синьо-зелених і дріжджах.
- Популяція** – сукупність організмів одного виду, що займають обмежений ареал (територія поширення якогось об'єкта або явища), мають спільне походження за фенотипом, можуть вільно схрещуватися і дають плодюче потомство.
- Пріони** (від англ. *proteinaceous infectious particles* – білкові заразні частинки) – особливий клас інфекційних агентів, чисто білкових (тобто таких, що не містять нуклеїнових кислот), що спричиняють тяжкі захворювання центральної

нервової системи у людей і ряду вищих тварин – пріонові хвороби, що також входять в групу повільних інфекцій.

**Рекомбінація** генетична – перебудова геному організму, яка полягає в повній його інтеграції або інтеграції окремих його частин, унаслідок чого утворюється геном з новими властивостями. Рекомбінація – складний багатоступінчастий процес, який є важливою рушійною силою мінливості.

**Репарація ДНК** – виправлення пошкоджень ДНК, яке зумовлене дією різних хімічних та фізичних факторів. Клітини організмів містять набори ферментів, які переміщуються по подвійних спіралях ДНК, відновлюють їх пошкоджені ділянки і цим сприяють зменшенню проявів мутацій.

**Реплікація** (від лат. *replication* – повторення) – самовідтворення молекул нуклеїнових кислот шляхом копіювання, передавання інформації від ДНК до ДНК (ДНК-залежний синтез ДНК).

**Рестриктази** – бактеріальні ферменти (ДНК-ази), які здатні розщеплювати полінуклеотидні ланцюги фагових ДНК на певних ділянках, що мають паліндромну структуру. Вони характеризуються вираженою субстратною специфічністю.

**Саморегуляція** – здатність живих систем до підтримання стабільного рівня фізіологічних, біологічних та деяких інших показників.

**Транскрипція ДНК** (від лат. *transcription* – списування) – передавання інформації між різними видами нуклеїнових кислот ДНК-РНК, під час якого відбувається реалізація першого етапу передавання генетичної інформації в живих системах.

**Трансляція** (від лат. *translation* – переклад) – другий етап реалізації генетичної інформації, який полягає в переведенні нуклеотидної послідовності первинної структури іРНК у послідовність амінокислотних залишків у первинній структурі білка.

**Трансформація** – генетичний обмін, який відбувається в результаті проникнення в бактеріальні клітини невластивих для них очищених молекул ДНК, унаслідок чого проходить рекомбінація цієї ДНК з хромосомою клітини-реципієнта. Трансформація характерна для бактеріальних клітин та деяких клітин еукаріот. Цей процес може забезпечити передачу будь-яких ознак, зокрема перетворення непатогенних форм бактерій на патогенні.

**Фітонциди** (від грець. *phyton* – рослина і лат. *caedo* – вбиваю) – біологічно активні сполуки, що утворюються в рослинних тканинах і здатні пригнічувати ріст та розвиток патогенних мікроорганізмів та інші рослини.

**Хромосоми** (від грець. *chromos* – колір, *soma* – тіло) – надмолекулярні структури клітинного ядра еукаріот, які здатні до самовідтворення, морфологічної та функціональної індивідуальності й забезпечують збереження та передавання генетичної інформації, визначають спадкові особливості організму.



## ДОДАТКИ

### Додаток 1

#### **КАРТАХЕНСЬКИЙ ПРОТОКОЛ про біобезпеку до Конвенції про біологічне різноманіття**

ДАТА ПІДПИСАННЯ: 29.01.2000 р.

ДАТА ПРИЄДНАННЯ УКРАЇНИ: 12.09.2002 р.

Офіційний переклад.

Сторони цього Протоколу, будучи Сторонами Конвенції про біологічне різноманіття, далі – "Конвенція", посилаючись на пункти 3 і 4 статті 19, а також статті 8 "g" і 17 Конвенції,

посилаючись також на рішення II/5 Конференції Сторін Конвенції від 17 листопада 1995 року розробити Протокол про біобезпеку, приділяючи особливу увагу транскордонному переміщенню будь-якого живого зміненого організму, отриманого внаслідок застосування сучасної біотехнології, яка може мати несприятливий вплив на збереження і стале використання біологічного різноманіття, підготувавши для розгляду, зокрема, відповідні процедури попередньої обгрунтованої згоди,

знов підтверджуючи принцип вжиття застережних заходів, відображений у 15-ому Принципі Ріо-де-Жанейрської декларації з навколишнього середовища і розвитку, усвідомлюючи швидке поширення сучасної біотехнології, а також зростаючу стурбованість громадськості щодо її потенційної шкідливої дії на біологічне різноманіття, а також враховуючи ризики для здоров'я людини,

визнаючи, що сучасна біотехнологія відкриває величезні можливості для підвищення добробуту людей, якщо її розвивати і використовувати з дотриманням відповідних заходів безпеки щодо довкілля і здоров'я людини,

визнаючи також виключну важливість центрів походження і центрів генетичного різноманіття для людства,

беручи до уваги обмежені можливості багатьох країн, зокрема країн, що розвиваються, у реагуванні на характер і масштаб відомих і потенційних ризиків, пов'язаних із живими зміненими організмами,

визнаючи, що торговельні та природоохоронні угоди повинні бути взаємодоповнюючими в цілях досягнення сталого розвитку,

підкреслюючи, що цей Протокол не тлумачиться як такий, що призводить до зміни прав і зобов'язань. Сторони відповідно до будь-яких існуючих міжнародних угод, розуміючи, що вище наведені твердження не мають на меті підпорядкування цього Протоколу іншим міжнародним угодам, домовилися про таке:

### **Стаття 1** **Мета**

Відповідно до принципу вжиття застережних заходів, відображеного у 15-ому Принципі Ріо-де-Жанейрської декларації з довкілля і розвитку, мета цього Протоколу полягає у сприянні забезпеченню належного рівня захисту в галузі безпечної передачі, обробки і використання живих змінених організмів, отриманих в результаті використання сучасної біотехнології, які можуть мати несприятливий вплив на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини та з приділенням особливої уваги транскордонному переміщенню.

### **Стаття 2** **Загальні положення**

1. Кожна Сторона вживає необхідних та відповідних правових, адміністративних та інших заходів для виконання своїх зобов'язань, передбачених цим Протоколом.
2. Сторони забезпечують, щоб одержання будь-яких живих змінених організмів, їхня обробка, транспортування, використання, передача і вивільнення здійснювалися таким чином, щоб не допустити або зменшити ризики для біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини.
3. Ніщо в цьому Протоколі жодним чином не впливає на суверенітет держав щодо їхнього територіального моря, визначеного відповідно до міжнародного права, та їхні суверенні права і юрисдикцію, яку мають держави у своїх ексклюзивних економічних зонах і в межах їхніх континентальних шельфів відповідно до міжнародного права, а також на здійснення морськими і повітряними суднами всіх держав навігаційних прав і свобод, передбачених міжнародним правом і закріплених у відповідних міжнародних документах.
4. Ніщо в цьому Протоколі не тлумачиться як обмеження прав Сторони вживати заходів, які забезпечують більш високий рівень захисту щодо збереження і сталого використання біологічного різноманіття, ніж той, що передбачений у цьому Протоколі, за умови, що такі заходи відповідають меті та положенням цього Протоколу та узгоджуються з іншими зобов'язаннями цієї Сторони в рамках міжнародного права.
5. Сторони заохочуються брати у відповідних випадках до уваги існуючий досвід, документи та результати роботи, виконаної на міжнародних форумах, компетентних у галузі ризиків для здоров'я людини.

### Стаття 3 Використання термінів

Для цілей цього Протоколу:

- a) "Конференція Сторін" означає Конференцію Сторін Конвенції;
- b) "використання в замкнених системах" означає будь-яку операцію, що виконується в межах установки, споруди або іншої фізичної структури, пов'язану з живими зміненими організмами, до яких застосовуються спеціальні заходи, які ефективно обмежують їх контакт із зовнішнім середовищем та вплив на нього;
- c) "експорт" означає умисне транскордонне переміщення з однієї Сторони до іншої;
- d) "експортер" означає будь-яку юридичну або фізичну особу, що знаходиться під юрисдикцією Сторони експорту, яка організує експорт живих змінених організмів;
- e) "імпорт" означає умисне транскордонне переміщення до однієї Сторони з іншої;
- f) "імпортер" означає будь-яку юридичну або фізичну особу, яка знаходиться під юрисдикцією Сторони імпорту, яка організує імпорт живих змінених організмів;
- g) "живий змінений організм" означає будь-який живий організм, що містить нову комбінацію генетичного матеріалу, отриману внаслідок використання сучасної біотехнології;
- h) "живий організм" означає будь-яке біологічне утворення, спроможне до передачі або реплікації генетичного матеріалу, включаючи стерильні організми, віруси і віроїди;
- i) "сучасна біотехнологія" означає застосування:
  - a. методів *in vitro* з використанням нуклеїнової кислоти, включаючи рекомбіновану дезоксирибонуклеїнову кислоту (ДНК) і пряму ін'єкцію нуклеїнових кислот в клітини або органели, або
  - b. методів, які ґрунтуються на злитті клітин з різним таксономічним статусом, які дозволяють подолати природні фізіологічні репродуктивні або рекомбінаційні бар'єри і які не є методами, що використовуються при традиційному схрещуванні та селекції;
- j) "регіональна організація економічної інтеграції" означає організацію, створену суверенними державами певного регіону, якій її держави-члени передали повноваження з питань, які регулюються цим Протоколом, і яка належним чином уповноважена відповідно до своїх внутрішніх процедур підписувати, ратифікувати, приймати, схвалювати Протокол або приєднуватися до нього;
- k) "транскордонне переміщення" означає переміщення живого зміненого організму з однієї Сторони до іншої, за винятком того, що для цілей статей 17 і 24 транскордонне переміщення поширюється на переміщення між Сторонами та державами, які не є Сторонами.

#### **Стаття 4 Сфера дії**

Цей Протокол застосовується до транскордонного переміщення, транзиту, обробки та використання всіх живих змінених організмів, які можуть несприятливо впливати на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини.

#### **Стаття 5 Фармацевтичні препарати**

Незважаючи на положення статті 4 та без шкоди для будь-якого права Сторони проводити оцінку ризиків щодо всіх живих змінених організмів до прийняття рішення відносно імпорту, цей Протокол не застосовується до транскордонного переміщення живих змінених організмів, які являють собою фармацевтичні препарати для людини, питання щодо яких регулюються іншими відповідними міжнародними угодами або організаціями.

#### **Стаття 6 Транзит і використання в замкнених системах**

1. Незважаючи на положення статті 4 та без шкоди для будь-якого права Сторони транзиту регулювати транспортування живих змінених організмів своєю територією і надавати Механізму посередництва з біобезпеки будь-яке рішення цієї Сторони відповідно до пункту 3 статті 2 щодо транзиту її територією конкретного живого зміненого організму, положення цього Протоколу щодо процедури попередньої обґрунтованої згоди не застосовуються до живих змінених організмів, які транспортуються транзитом.

2. Незважаючи на положення статті 4 та без шкоди для будь-якого права Сторони піддавати всі живі змінені організми оцінці ризику до прийняття рішення відносно імпорту та встановлювати норми для використання в замкнених системах в межах своєї юрисдикції, положення цього Протоколу щодо процедури попередньої обґрунтованої згоди не застосовуються до транскордонного переміщення живих змінених організмів, призначених для використання в замкнених системах, що здійснюється згідно з нормами Сторони імпорту.

#### **Стаття 7 Застосування процедури попередньої обґрунтованої згоди**

1. З урахуванням статей 5 та 6 процедура попередньої обґрунтованої згоди, наведена в статтях 8 – 10 та 12, застосовується до першого умисного транскордонного переміщення живих змінених організмів, призначених для умисного введення у навколишнє середовище Сторони імпорту.

2. "Умисне введення у навколишнє середовище", зазначене в пункті 1 вище, не відноситься до живих змінених організмів, призначених для безпосереднього використання в якості харчових продуктів або корму або для обробки.

3. Стаття 11 застосовується до першого транскордонного переміщення живих змінених організмів, призначених безпосередньо для використання в якості харчових продуктів або корму або для обробки.

4. Процедура попередньої обгрунтованої згоди не застосовується щодо умисного транскордонного переміщення живих змінених організмів, які за рішенням Конференції Сторін, що виступає як нарада Сторін цього Протоколу, визначені як такі, що навряд чи спроможні несприятливо вплинути на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини.

### **Стаття 8** **Повідомлення**

1. Сторона експорту повідомляє або вимагає, щоб експортер письмово повідомив національний компетентний орган Сторони імпорту до умисного транскордонного переміщення живого зміненого організму, що підпадає під дію пункту 1 статті 7. Повідомлення, як мінімум, містить інформацію, зазначену в додатку I.

2. Сторона експорту забезпечує наявність юридичної вимоги щодо точності інформації, наданої експортером.

### **Стаття 9** **Підтвердження одержання повідомлення**

1. Сторона імпорту в письмовій формі підтверджує повідомнику одержання повідомлення протягом дев'яноста днів від дати його одержання.

2. У підтвердженні зазначається:

а) дата одержання повідомлення;

б) чи містить повідомлення ргіта facіе інформацію, зазначену в статті 8;

с) чи можна перейти до здійснення подальших заходів відповідно до національної регламентаційної бази Сторони імпорту або відповідно до процедури, зазначеної у статті 10.

3. Національна регламентаційна база, зазначена в пункті 2 "с" вище, відповідає положенням цього Протоколу.

4. Якщо Сторона імпорту не підтверджує одержання повідомлення, це не вважається її згодою на умисне транскордонне переміщення.

### **Стаття 10** **Процедура прийняття рішень**

1. Рішення, що приймаються Стороною імпорту, відповідають положенням статті 15.

2. Сторона імпорту протягом періоду, зазначеного в статті 9, письмово інформує повідомника про те, чи може умисне транскордонне переміщення бути здійснене:

а) лише після того, як Сторона імпорту надасть свою письмову згоду; або

- b) через не менш ніж дев'яносто днів без наступної письмової згоди.
3. Протягом двохсот сімдесяти днів після дати одержання повідомлення Сторона імпорту письмово інформує повідомника та Механізм посередництва з біобезпеки про своє рішення, зазначене в пункті 2 "а" вище:
- a) дозволяючи імпорт на певних умовах або без таких і додаючи інформацію про те, як це рішення застосовуватиметься до наступних імпорتنих поставок такого самого живого зміненого організму;
- b) забороняючи імпорт;
- c) запрошуючи відповідну додаткову інформацію згідно з її національною регламентаційною базою або додатком I; при визначенні терміну, протягом якого Сторона імпорту має направити свою відповідь, не враховується кількість днів, протягом яких Сторона імпорту має очікувати на одержання відповідної додаткової інформації; або
- d) інформуючи повідомника про те, що термін, зазначений у цьому пункті, продовжується на визначений період.
4. За винятком випадків безумовної згоди, в рішенні, яке приймається згідно з пунктом 3, повинні наводитися підстави, які лежать в його основі.
5. Якщо Сторона імпорту не повідомляє про своє рішення протягом двохсот сімдесяти днів після дати отримання повідомлення, це не означає її згоду на умисне транскордонне переміщення.
6. Недостатність наукової достовірності у зв'язку з нестачею відповідних наукових інформаційних даних і знань стосовно масштабів потенційного несприятливого впливу живого зміненого організму на збереження і стале використання біологічного різноманіття в Стороні імпорту, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини, не перешкоджає Стороні імпорту у прийнятті у відповідних випадках рішення щодо імпорту такого живого зміненого організму, як це обумовлено в пункті 3 вище, з метою запобігання або мінімізації такого потенційного несприятливого впливу.
7. Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін, на своєму першому засіданні визначає відповідні процедури і механізми, які сприятимуть прийняттю рішень Сторонами імпорту.

## Стаття 11

### **Процедура щодо живих змінених організмів, призначених для безпосереднього використання в якості харчових продуктів або корму або для обробки**

1. Сторона, яка приймає остаточне рішення щодо внутрішнього використання, включаючи реалізацію на ринку, живого зміненого організму, який може стати об'єктом транскордонного переміщення для безпосереднього використання в якості харчового продукту або корму або для обробки, інформує про це Сторони через Механізм посередництва з біобезпеки протягом п'ятнадцяти днів після прийняття такого рішення. Така інформація, як мінімум, повинна містити дані,

зазначені в додатку II. Сторона надає письмову копію інформаційних матеріалів національному координаційному центру кожної Сторони, яка завчасно інформує Секретаріат про відсутність доступу до Механізму посередництва з біобезпеки. Це положення не поширюється на рішення, які стосуються експлуатаційних випробувань.

2. Сторона, що приймає рішення відповідно до пункту 1, забезпечує наявність юридичної вимоги щодо точності інформації, наданої заявником.

3. Будь-яка Сторона може запросити додаткову інформацію в органу, зазначеного в пункті "b" додатка II.

4. Сторона може прийняти рішення щодо імпорту живих змінених організмів, призначених для безпосереднього використання в якості продуктів харчування або корму або для обробки, в рамках своєї національної регламентаційної бази, яка відповідає меті цього Протоколу.

5. Кожна Сторона надає Механізму посередництва з біобезпеки копії будь-яких національних законів, нормативних положень і керівних принципів, які застосовуються щодо імпорту живих змінених організмів, призначених для безпосереднього використання в якості продуктів харчування або корму або для обробки, якщо такі є.

6. При здійсненні своєї внутрішньої юрисдикції і за відсутності національної регламентаційної бази, про яку йдеться у пункті 4 вище, Сторона, яка є країною, що розвивається, або Сторона, яка є країною з перехідною економікою, може заявити через Механізм посередництва з біобезпеки про те, що її рішення, прийняте до першої імпортової поставки живих змінених організмів, призначених для безпосереднього використання в якості продуктів харчування або корму або для обробки, щодо якого надана інформація відповідно до пункту 1 вище, буде прийняте згідно з такими критеріями:

a) проведення оцінки ризиків згідно з положеннями додатка III; і

b) прийняття рішення в прогнозовані терміни, які не перевищують двохсот сімдесяти днів.

7. Факт неповідомлення Стороною свого рішення відповідно до пункту 6 вище не означає її згоди або відмови у відношенні імпорту живого зміненого організму, призначеного для безпосереднього використання в якості продукту харчування або корму або для обробки, якщо Стороною не обумовлюється інше.

8. Недостатність наукової достовірності у зв'язку з нестачею відповідних наукових інформаційних даних та знань стосовно масштабів потенційного несприятливого впливу живого зміненого організму на збереження та стале використання біологічного різноманіття у Стороні імпорту, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини, не перешкоджає Стороні імпорту у прийнятті у відповідних випадках рішення щодо імпорту такого живого зміненого організму, призначеного для безпосереднього використання в якості продукту харчування або корму або для обробки, з метою запобігання або мінімізації такого потенційного несприятливого впливу.

9. Сторона може зазначити свої потреби у фінансовій і технічній допомозі та у створенні потенціалу щодо живих змінених організмів, призначених для безпосе-

реднього використання в якості продуктів харчування або корму або для обробки. Сторони співпрацюють для задоволення цих потреб відповідно до положень статей 22 та 28.

## **Стаття 12** **Перегляд рішень**

1. Сторона імпорту може в будь-який час у світлі нової наукової інформації про потенційний несприятливий вплив на збереження та стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини, переглянути і змінити своє рішення щодо умисного транскордонного переміщення. У цьому разі ця Сторона протягом тридцяти днів інформує про це будь-якого повідомника, який раніше повідомив її про переміщення живого зміненого організму, про який йдеться в цьому рішенні, а також Механізм посередництва з біобезпеки та викладає обґрунтування свого рішення.

2. Сторона експорту або повідомник може звернутися з проханням до Сторони імпорту переглянути рішення, прийняте нею з цього питання згідно зі статтею 10, якщо Сторона експорту або повідомник вважає, що:

а) виникли обставини, які можуть вплинути на результати оцінки ризиків, на підставі яких було прийняте рішення; або

б) з'явилася відповідна додаткова наукова або технічна інформація.

3. Сторона імпорту письмово відповідає на таке прохання протягом дев'яноста днів і викладає обґрунтування такого рішення.

4. Сторона імпорту, на свій розсуд, може вимагати проведення оцінки ризиків щодо наступних імпортних поставок.

## **Стаття 13** **Спрощена процедура**

1. Сторона імпорту може, за умови вжиття належних заходів для забезпечення безпечного умисного транскордонного переміщення живих змінених організмів згідно з метою цього Протоколу, завчасно повідомити Механізм посередництва з біобезпеки про:

а) випадки, коли умисне транскордонне переміщення до неї може відбутися одночасно з повідомленням Сторони імпорту про це переміщення; та

б) імпортні поставки до неї живих змінених організмів, які підлягають виключенню зі сфери дії процедури попередньої обґрунтованої згоди.

Повідомлення, передбачені в підпункті "а" вище, можуть застосовуватися щодо наступних аналогічних переміщень до тієї ж Сторони.

2. Інформація відносно умисного транскордонного переміщення, яку необхідно надавати у повідомленнях, згаданих у пункті 1 "а" вище, повинна відповідати інформації, зазначеній у додатку I.



#### Стаття 14

##### Двосторонні, регіональні та багатосторонні угоди і домовленості

1. Сторони можуть укласти двосторонні, регіональні та багатосторонні угоди та домовленості щодо умисних транскордонних переміщень живих змінених організмів за умови, що вони відповідають меті цього Протоколу та не призведуть до більш низького рівня захисту, ніж той, що передбачений Протоколом.
2. Сторони інформують одна одну через Механізм посередництва з біобезпеки про будь-які такі двосторонні, регіональні та багатосторонні угоди і домовленості, укладені ними до або після дати набуття чинності цим Протоколом.
3. Положення цього Протоколу не поширюються на умисні транскордонні переміщення, що здійснюються відповідно до таких угод і домовленостей між Сторонами цих угод або домовленостей.
4. Будь-яка Сторона може встановити, що її внутрішні нормативні положення застосовуються щодо конкретних імпорتنних поставок до неї, і повідомити Механізм посередництва з біобезпеки про своє рішення.

#### Стаття 15

##### Оцінка ризиків

1. Оцінки ризиків, які здійснюються відповідно до цього Протоколу, проводяться шляхом науково обгрунтованого методу згідно з додатком III та з урахуванням визнаних методів оцінки ризиків. Такі оцінки ризиків ґрунтуються, як мінімум, на інформації, наданій відповідно до статті 8, та інших наявних наукових даних з метою визначення і оцінки можливого несприятливого впливу живих змінених організмів на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини.
2. Сторона імпорту забезпечує, щоб для прийняття рішення згідно зі статтею 10 проводилися оцінки ризиків. Вона може вимагати від експортера проведення оцінки ризиків.
3. Витрати, пов'язані з проведенням оцінки ризиків, несе повідомник, якщо Сторона імпорту висуває таку вимогу.

#### Стаття 16

##### Управління ризиками

1. Беручи до уваги пункт "g" статті 8 Конвенції, Сторони розробляють та підтримують відповідні механізми, заходи і стратегії для регулювання, управління і контролю ризиків, визначених у положеннях цього Протоколу, які стосуються оцінки ризиків, у зв'язку з використанням, обробкою і транскордонним переміщенням живих змінених організмів.
2. Заходи, які ґрунтуються на результатах оцінки ризиків, вживаються в тій мірі, в якій це необхідно для попередження несприятливого впливу живих змінених організмів на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини, у межах території Сторони імпорту.

3. Кожна Сторона вживає відповідних заходів з тим, щоб не допустити неумисні транскордонні переміщення живих змінених організмів, включаючи такі заходи, як висування вимоги щодо проведення оцінки ризиків до першого вивільнення живого зміненого організму.

4. Без шкоди для положень пункту 2 вище кожна Сторона намагається забезпечити, щоб будь-який живий змінений організм, як імпортований, так і створений у ній, пройшов достатній період спостереження, який відповідає його життєвому циклу або періоду відтворення, до початку його запланованого використання.

5. Сторони співпрацюють з метою:

а) виявлення живих змінених організмів або конкретних ознак живих змінених організмів, які можуть несприятливо вплинути на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини; та

б) вжиття необхідних заходів щодо поводження з такими живими зміненими організмами або конкретними ознаками.

### Стаття 17

#### Неумисні транскордонні переміщення і надзвичайні заходи

1. Кожна Сторона вживає необхідних заходів для повідомлення зачеплених або тих, що можуть бути потенційно зачепленими, держав, Механізму посередництва з біобезпеки та, у належних випадках, відповідних міжнародних організацій, якщо їй стає відомо про те, що на території під її юрисдикцією мають місце випадки вивільнення, яке призводить або може призвести до неумисного транскордонного переміщення живого зміненого організму, здатного мати значний несприятливий вплив на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини у таких державах. Повідомлення направляється відразу ж, як тільки цій Стороні стає відомо про виникнення вищезгаданої ситуації.

2. Кожна Сторона не пізніше дати набуття чинності цим Протоколом для неї надає Механізму посередництва з біобезпеки відповідну детальну інформацію про призначений нею контактний пункт для цілей одержання повідомлень відповідно до цієї статті.

3. Будь-яке повідомлення, яке направляється відповідно до пункту 1 вище, повинно містити:

а) наявну відповідну інформацію про передбачувану кількість та відповідні характеристики та/або ознаки живих змінених організмів;

б) інформацію про обставини та приблизну дату вивільнення, а також про використання живого зміненого організму в Стороні походження;

с) будь-яку наявну інформацію про можливий несприятливий вплив на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини, а також наявну інформацію про можливі заходи з управління ризиками;

д) будь-яку іншу відповідну інформацію; та

е) дані про контактний пункт для отримання додаткової інформації.

4. З метою зведення до мінімуму будь-якого значного несприятливого впливу на збереження та стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини, кожна Сторона, на території під юрисдикцією якої має місце вивільнення живого зміненого організму, про яке йдеться у пункті 1 вище, негайно проводить консультації із зачепленими або тими, що можуть бути потенційно зачепленими, державами для того, щоб вони могли визначити належні дії у відповідь та вжити необхідних заходів, включаючи надзвичайні заходи.

## Стаття 18

### Обробка, транспортування, пакування та ідентифікація

1. З метою попередження несприятливого впливу на збереження та стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини, кожна Сторона вживає необхідних заходів, згідно з якими вимагається, щоб живі змінені організми, які є об'єктом умисного транскордонного переміщення в рамках сфери дії цього Протоколу, оброблялися, упаковувалися та транспортувалися з дотриманням умов безпеки, з урахуванням відповідних міжнародних правил і норм.

2. Кожна Сторона вживає заходів, відповідно до яких вимагається, щоб у документації, що супроводжує:

а) живі змінені організми, призначені для безпосереднього використання в якості продуктів харчування або корму або для обробки, чітко визначалося, що вони "можливо містять" живі змінені організми і не призначені для умисного введення в навколишнє середовище, із зазначенням контактного пункту для одержання додаткової інформації. Конференція Сторін, що виступає як нарада Сторін цього Протоколу, приймає з цією метою рішення про детальні вимоги, у тому числі, що стосуються ідентифікаційних даних та будь-яких виняткових ознак, не пізніше ніж через два роки після дати набуття чинності цим Протоколом;

б) живі змінені організми, призначені для безпосереднього використання в замкнених системах, вони чітко визначалися як живі змінені організми із зазначенням будь-яких вимог, що стосуються безпечної обробки, зберігання, транспортування і використання, контактного пункту для одержання додаткової інформації, включаючи ім'я та адресу особи і назву установи, яким направляються живі змінені організми; і

с) живі змінені організми, призначені для умисного введення у навколишнє середовище Сторони імпорту, і будь-які інші живі змінені організми, що підпадають під дію Протоколу, вони чітко визначалися як живі змінені організми із зазначенням ідентифікаційних даних і відповідних ознак та/або характеристик, будь-яких вимог, що стосуються безпечної обробки, зберігання, транспортування та використання, контактного пункту для одержання додаткової інформації і, у відповідних випадках, імені/назви та адреси імпортера та експортера, а також містилася заява про те, що переміщення здійснюється відповідно до вимог цього Протоколу, які застосовуються до експортера.

3. Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, розглядає необхідність та умови розробки норм, які стосуються методів ідентифікації, обробки, пакування і транспортування, в консультації з іншими відповідними міжнародними органами.

### Стаття 19

#### Компетентні національні органи та національні координаційні центри

1. Кожна Сторона призначає один національний координаційний центр, який від її імені відповідає за зв'язок із Секретаріатом. Кожна Сторона також призначає один або декілька компетентних національних органів, які відповідають за виконання адміністративних функцій, які вимагаються цим Протоколом, і уповноважені виступати від її імені щодо здійснення цих функцій. Сторона може призначити єдиний орган для виконання функцій як координаційного центру, так і компетентного національного органу.

2. Кожна Сторона не пізніше дати набуття чинності цим Протоколом для неї повідомляє Секретаріату назву та адресу свого координаційного центру і компетентного національного органу або органів. Якщо Сторона призначає більше одного компетентного національного органу, вона направляє до Секретаріату разом із своїм повідомленням про них відповідну інформацію щодо обов'язків таких органів. Там де це можливо, така інформація, як мінімум, містить дані про те, який компетентний орган займається тим або іншим видом живого зміненого організму. Кожна Сторона негайно повідомляє Секретаріат про будь-які зміни щодо призначення свого національного координаційного центру або назви, адреси та обов'язків свого компетентного національного органу або органів.

3. Секретаріат негайно інформує Сторони про повідомлення, отримані ним відповідно до пункту 2 вище, а також поширює таку інформацію через Механізм посередництва з біобезпеки.

### Стаття 20

#### Обмін інформацією та Механізм посередництва з біобезпеки

1. Цим засновується Механізм посередництва з біобезпеки як частина механізму посередництва, створеного відповідно до пункту 3 статті 18 Конвенції, з метою:

а) сприяння обміну науковою, технічною, природоохоронною і юридичною інформацією та досвідом про живі змінені організми; та

б) надання допомоги Сторонам у виконанні Протоколу, враховуючи при цьому особливі потреби країн, що розвиваються і є Сторонами, серед них, зокрема, найменш розвинутих країн і малих острівних держав, що розвиваються, та країн з перехідною економікою, а також країн, які є центрами походження та центрами генетичного різноманіття.

2. Механізм посередництва з біобезпеки служить каналом, через який поширюється інформація для цілей пункту 1 вище. Він забезпечує доступ до інформації про виконання Протоколу, що надається Сторонами. Він також забезпечує

доступ, там де це можливо, до інших міжнародних механізмів обміну інформацією з питань біобезпеки.

3. Без шкоди для захисту конфіденційної інформації кожна Сторона надає Механізму посередництва з біобезпеки будь-яку інформацію, яка має надаватися Механізму посередництва з біобезпеки відповідно до цього Протоколу, а також:

а) будь-які існуючі закони, нормативні положення і керівні принципи для виконання Протоколу, а також інформацію, необхідну Сторонам для застосування процедури попередньої обгрунтованої згоди;

б) будь-які двосторонні, регіональні та багатосторонні угоди і домовленості;

в) резюме підсумків її оцінок ризиків або екологічних оглядів щодо живих змінених організмів, які проводяться в рамках її регламентаційного процесу та здійснюються відповідно до статті 15, включаючи, де це необхідно, відповідну інформацію про продукти, які входять до їх складу, зокрема, про оброблені матеріали, що походять від живого зміненого організму, та містять нові комбінації відтвореного генетичного матеріалу, що піддаються виявленню та отримані в результаті використання сучасної біотехнології;

г) її остаточні рішення щодо імпорту або вивільнення живих змінених організмів; та

е) доповіді, надані нею відповідно до статті 33, включаючи доповіді про здійснення процедури попередньої обгрунтованої згоди.

4. Умови функціонування Механізму посередництва з біобезпеки, включаючи надання доповідей про його діяльність, розглядаються і приймаються Конференцією Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, на її першому засіданні та періодично переглядаються у подальшому.

## **Стаття 21**

### **Конфіденційна інформація**

1. Сторона імпорту дозволяє повідомнику зазначити, яку інформацію з наданої відповідно до процедур цього Протоколу або на вимогу Сторони імпорту в рамках процедури попередньої обгрунтованої згоди відповідно до цього Протоколу слід розглядати як конфіденційну. У таких випадках на запит надається обгрунтування.

2. Сторона імпорту проводить консультації з повідомником у тому разі, якщо вона вважає, що інформація, зазначена повідомником як конфіденційна, не може вважатися такою, і до будь-якого розголошення повідомляє повідомнику про своє рішення, викладаючи, на запит, відповідні причини та забезпечуючи можливість для проведення консультацій і внутрішнього перегляду рішення до моменту розголошення.

3. Кожна Сторона забезпечує захист конфіденційної інформації, отриманої в рамках цього Протоколу, включаючи будь-яку конфіденційну інформацію, одержану в контексті процедури попередньої обгрунтованої згоди, передбаченої Протоколом. Кожна Сторона забезпечує наявність у ній процедур для захисту такої інформації і захищає конфіденційність такої інформації у не менш надійний спосіб, ніж той,

що передбачений для конфіденційної інформації, яка стосується живих змінених організмів, створених у ній.

4. Сторона імпорту не використовує таку інформацію в комерційних цілях, крім як за письмової згоди повідомника.

5. Якщо повідомник відкликає або відкликав повідомлення, Сторона імпорту дотримується конфіденційності комерційної і промислової інформації, включаючи науково-дослідницьку інформацію, а також інформацію, щодо якої у цієї Сторони і повідомника є розбіжності відносно її конфіденційності.

6. Без шкоди для пункту 5 вище така інформація не вважається конфіденційною:

a) ім'я/назва та адреса повідомника;

b) загальний опис живого зміненого організму або організмів;

c) резюме оцінки ризиків впливу на збереження і стале використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини; та

d) будь-які методи і плани проведення заходів у надзвичайних ситуаціях.

## Стаття 22

### Створення потенціалу

1. Сторони співпрацюють у розвитку та/або зміцненні людських ресурсів і організаційного потенціалу в галузі біобезпеки, включаючи біотехнологію в тій мірі, в якій це необхідно для забезпечення біобезпеки, в цілях ефективного виконання цього Протоколу Сторонами, які є країнами, що розвиваються, серед них, зокрема, найменш розвинутими країнами і малими острівними державами, що розвиваються, та Сторонами, які є країнами з перехідною економікою, у тому числі через існуючі глобальні, регіональні, субрегіональні та національні установи й організації та, за необхідності, сприяючи залученню приватного сектору.

2. З метою виконання пункту 1 вище у тому, що стосується співробітництва, повною мірою при створенні потенціалу в галузі біобезпеки враховуються потреби Сторін, які є країнами, що розвиваються, серед них, зокрема, найменш розвинутих країн і малих острівних держав, що розвиваються, у фінансових ресурсах, доступі та передачі технології і ноу-хау згідно з відповідними положеннями Конвенції. Залежно від різних умов, можливостей і потреб кожної із Сторін співробітництво в створенні потенціалу включає підготовку наукових і технічних кадрів з питань належного та безпечного використання біотехнології, використання оцінки ризиків і управління ризиками в інтересах біобезпеки, а також розширення технологічних і організаційних можливостей в галузі біобезпеки. Потреби Сторін, які є країнами з перехідною економікою, також повною мірою враховуються при створенні такого потенціалу в галузі біобезпеки.

### **Стаття 23**

#### **Інформування громадськості та її участь**

1. Сторони:

а) підтримують і сприяють інформуванню і просвіті громадськості та її участі щодо забезпечення безпеки при передачі, обробці та використанні живих змінених організмів для збереження і сталого використання біологічного різноманіття, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини. При цьому Сторони, за необхідності, співпрацюють з іншими державами і міжнародними органами;

б) докладають зусилля, щоб діяльність з інформування і просвіті громадськості охоплювала питання доступу до інформації про живі змінені організми, які визначені відповідно до цього Протоколу та можуть бути імпортовані.

2. Відповідно до своїх національних законів і нормативних положень Сторони консультуються з громадськістю у процесі прийняття рішень щодо живих змінених організмів і надають громадськості результати таких рішень, забезпечуючи при цьому захист конфіденційності інформації відповідно до статті 21.

3. Кожна Сторона докладає зусиль для інформування своєї громадськості про засоби доступу громадськості до Механізму посередництва з біобезпеки.

### **Стаття 24**

#### **Держави, які не є Сторонами**

1. Транскордонні переміщення живих змінених організмів між Сторонами і державами, які не є Сторонами, повинні відповідати меті цього Протоколу. Сторони можуть укласти двосторонні, регіональні та багатосторонні угоди та домовленості з державами, які не є Сторонами, щодо таких транскордонних переміщень.

2. Сторони заохочують держави, які не є Сторонами, приєднатися до цього Протоколу і надавати Механізму посередництва з біобезпеки відповідну інформацію про живі змінені організми, які вивільняються в районах під їхньою національною юрисдикцією, завезені в ці райони або вивезені з них.

### **Стаття 25**

#### **Незаконні транскордонні переміщення**

1. Кожна Сторона вживає необхідних внутрішніх заходів, які спрямовані на попередження і, у відповідних випадках, передбачають покарання за транскордонне переміщення живих змінених організмів, які здійснюються з порушенням її внутрішніх заходів з виконання цього Протоколу. Подібні переміщення вважаються незаконними транскордонними переміщеннями.

2. У разі незаконного транскордонного переміщення зачеплена Сторона може вимагати від Сторони походження, щоб вона вилучила за свій власний рахунок відповідний живий змінений організм шляхом репатріації або знищення, залежно від обставин.

3. Кожна Сторона надає Механізму посередництва з біобезпеки інформацію про випадки незаконних транскордонних переміщень, які її стосуються.

## Стаття 26

### Соціально-економічні міркування

1. При виробленні рішення про імпорт в рамках цього Протоколу або внутрішніх заходів, спрямованих на виконання Протоколу, Сторони згідно зі своїми міжнародними зобов'язаннями можуть враховувати соціально-економічні міркування, обумовлені впливом живих змінених організмів на збереження і стале використання біологічного різноманіття, перш за все щодо цінності біологічного різноманіття для корінних і місцевих громад.
2. Сторони заохочуються до співробітництва при проведенні наукових досліджень і обміні інформацією про будь-які соціально-економічні наслідки, пов'язані з живими зміненими організмами, перш за все для місцевих і корінних громад.

## Стаття 27

### Відповідальність і відшкодування

Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, на своєму першому засіданні ініціює процес щодо розробки відповідних міжнародних правил та процедур в галузі відповідальності та відшкодування шкоди, заподіяної в результаті транскордонних переміщень живих змінених організмів, на підставі аналізу і належного врахування триваючих процесів у міжнародному праві з цих питань і докладає зусиль для завершення цього процесу протягом чотирьох років.

## Стаття 28

### Механізм фінансування та фінансові ресурси

1. Розглядаючи питання про фінансові ресурси для виконання цього Протоколу, Сторони враховують положення статті 20 Конвенції.
2. Механізм фінансування, створений відповідно до статті 21 Конвенції, шляхом організаційної структури, якій доручено управління ним, є механізмом фінансування цього Протоколу.
3. Щодо створення потенціалу, якому присвячена стаття 22 цього Протоколу, Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, розробляючи керівні принципи щодо механізму фінансування, згаданого в пункті 2 вище, для розгляду Конференцією Сторін, враховує потреби у фінансових ресурсах Сторін, які є країнами, що розвиваються, серед них, зокрема, найменш розвинутих країн і малих острівних держав, що розвиваються.
4. У контексті пункту 1 вище Сторони також враховують потреби Сторін, які є країнами, що розвиваються, серед них, зокрема, найменш розвинутих країн і малих острівних держав, що розвиваються, та Сторін, які є країнами з перехідною економікою, у межах їхніх зусиль з визначення і реалізації своїх потреб у створенні потенціалу для цілей виконання цього Протоколу.
5. Керівні принципи, що надаються механізму фінансування Конвенції у відповідних рішеннях Конференції Сторін, включаючи ті, які були узгоджені до прийняття цього Протоколу, застосовуються *mutatis mutandis* до положень цієї статті.



6. Сторони, які є розвинутими країнами, можуть також надавати, а Сторони, які є країнами, що розвиваються, і Сторони, які є країнами з перехідною економікою, можуть одержувати по двосторонніх, регіональних і багатосторонніх каналах фінансові та технологічні ресурси для виконання положень цього Протоколу.

## Стаття 29

### Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу

1. Конференція Сторін виступає як нарада Сторін цього Протоколу.
2. Сторони Конвенції, які не є Сторонами цього Протоколу, можуть як спостерігачі брати участь у роботі будь-якого засідання Конференції Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу. У разі, коли Конференція Сторін виступає як нарада Сторін цього Протоколу, рішення в рамках цього Протоколу приймаються лише учасниками, які є його Сторонами.
3. Коли Конференція Сторін виступає як нарада Сторін цього Протоколу, будь-який член бюро Конференції Сторін, який представляє будь-яку Сторону Конвенції, яка, проте, у цей час не є Стороною цього Протоколу, замінюється членом, який обирається Сторонами цього Протоколу з їхнього числа.
4. Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, регулярно стежить за виконанням положень цього Протоколу та приймає в межах свого мандату рішення, необхідні для сприяння його ефективному виконанню. Вона виконує функції, покладені на неї відповідно до цього Протоколу, та:
  - a) виносить рекомендації з будь-яких питань, необхідних для виконання цього Протоколу;
  - b) створює такі допоміжні органи, які вважаються необхідними для виконання положень цього Протоколу;
  - c) запитує та використовує, у разі необхідності, послуги, сприяння та інформацію, що надають компетентні міжнародні організації, а також міжурядові та неурядові органи;
  - d) визначає форму і періодичність направлення інформації, яка має представлятися відповідно до статті 33 цього Протоколу, і розглядає таку інформацію, а також доповіді, що надаються будь-яким допоміжним органом;
  - e) розглядає і приймає, у разі необхідності, зміни та доповнення до цього Протоколу і додатків до нього, а також будь-які додатки до цього Протоколу, які вважаються необхідними для виконання цього Протоколу;
  - f) виконує такі інші функції, які можуть бути необхідними для виконання цього Протоколу.
5. У рамках цього Протоколу застосовуються *mutatis mutandis* правила процедури Конференції Сторін, а також фінансові правила Конвенції, за винятком випадків, коли Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, може прийняти інше рішення шляхом консенсусу.

6. Перше засідання Конференції Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, скликається Секретаріатом разом із першим засіданням Конференції Сторін, проведення якого заплановано після набуття чинності цим Протоколом. Наступні чергові засідання Конференції Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, проводяться разом з черговими засіданнями Конференції Сторін, якщо Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, не прийме інше рішення.

7. Позачергові засідання Конференції Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, скликаються тоді, коли Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, може вважати це за необхідне, або на письмове прохання будь-якої Сторони за умови, що протягом шести місяців після направлення Секретаріатом прохання на адресу Сторін це прохання буде підтримане принаймні однією третиною Сторін.

8. Організація Об'єднаних Націй, її спеціалізовані установи і Міжнародне агентство з атомної енергії, а також будь-яка держава, яка є їхнім членом або спостерігачем при них і не є Стороною Конвенції, можуть бути представлені на засіданнях Конференції Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, як спостерігачі. Будь-які органи або установи, національні або міжнародні, урядові або неурядові, компетентні з питань, що регулюються цим Протоколом, які повідомили Секретаріат про своє бажання бути представленими як спостерігачі на Конференції Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, можуть бути допущені до участі в ній, якщо тільки проти цього не заперечує щонайменше одна третина присутніх Сторін. За винятком інших випадків, передбачених у цій статті, допуск та участь спостерігачів регулюються правилами процедури, згаданими в пункті 5 вище.

### **Стаття 30** **Допоміжні органи**

1. Будь-який допоміжний орган, заснований Конвенцією або в її рамках, відповідно до рішення Конференції Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, може служити меті Протоколу. У цьому разі нарада Сторін визначає ті функції, які повинен виконувати цей орган.

2. Сторони Конвенції, які не є Сторонами цього Протоколу, можуть брати участь як спостерігачі у роботі будь-якого засідання таких допоміжних органів. У тих випадках, коли допоміжний орган Конвенції виступає як допоміжний орган цього Протоколу, рішення в рамках Протоколу приймаються лише Сторонами Протоколу.

3. У тих випадках, коли допоміжний орган Конвенції виконує свої функції у зв'язку з питаннями, що стосуються цього Протоколу, будь-який член бюро такого допоміжного органу, що представляє Сторону Конвенції, яка в цей час, однак, не є Стороною Протоколу, замінюється членом, що обирається Сторонами Протоколу з їхнього числа.

### **Стаття 31** **Секретаріат**

1. Секретаріат, заснований відповідно до статті 24 Конвенції, виступає як Секретаріат цього Протоколу.
2. Пункт 1 статті 24 Конвенції про функції Секретаріату застосовується *mutatis mutandis* до цього Протоколу.
3. У тій мірі, в якій витрати на послуги, що надаються Секретаріатом цьому Протоколу, відокремлені від інших витрат, вони покриваються Сторонами цього Протоколу. Конференція Сторін, що виступає як нарада Сторін цього Протоколу, на своєму першому засіданні приймає рішення щодо відповідних бюджетних заходів, необхідних для цього.

### **Стаття 32** **Зв'язок з Конвенцією**

Якщо в цьому Протоколі не передбачене інше, положення Конвенції, які стосуються протоколів до неї, застосовуються до цього Протоколу.

### **Стаття 33** **Моніторинг і звітність**

Кожна Сторона здійснює моніторинг виконання своїх зобов'язань за цим Протоколом з періодичністю, яка визначається Конференцією Сторін, що виступає як нарада Сторін цього Протоколу, і звітує перед Конференцією Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, про заходи, вжиті для виконання цього Протоколу.

### **Стаття 34** **Дотримання**

Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, на своєму першому засіданні розглядає і затверджує процедури співробітництва та організаційні механізми з метою сприяння дотриманню положень цього Протоколу та розгляду випадків їх недотримання. Такі процедури і механізми передбачають положення щодо надання, у відповідних випадках, консультативних послуг або допомоги. Вони використовуються незалежно від процедур і механізмів врегулювання спорів, встановлених згідно зі статтею 27 Конвенції, і застосовуються без шкоди для них.

### **Стаття 35** **Оцінка та огляд**

Конференція Сторін, яка виступає як нарада Сторін цього Протоколу, через п'ять років після набуття чинності цим Протоколом і згодом щонайменше через кожні п'ять років проводить оцінку ефективності Протоколу, включаючи оцінку процедур і додатків.

### **Стаття 36** **Підписання**

Цей Протокол відкритий для підписання державами і регіональними організаціями економічної інтеграції у Відділенні Організації Об'єднаних Націй у Найробі з 15 по 26 травня 2000 року та в Центральних установах Організації Об'єднаних Націй у Нью-Йорку з 5 червня 2000 року по 4 червня 2001 року.

### **Стаття 37** **Набуття чинності**

1. Цей Протокол набуває чинності на дев'яностий день з дня здачі на зберігання п'ятдесятої ратифікаційної грамоти або документа про прийняття, схвалення або приєднання державами або регіональними організаціями економічної інтеграції, які є Сторонами Конвенції.

2. Для держави або регіональної організації економічної інтеграції, яка ратифікує, приймає або схвалює цей Протокол або приєднується до нього після набуття ним чинності відповідно до пункту 1 вище, Протокол набуває чинності на дев'яностий день після здачі на зберігання такою державою або регіональною організацією економічної інтеграції своєї ратифікаційної грамоти або документа про прийняття, схвалення або приєднання або в той день, коли Конвенція набуває чинності для такої держави або регіональної організації економічної інтеграції, залежно від того, що відбудеться пізніше.

3. Для цілей пунктів 1 та 2 вище жодний з документів, зданих на зберігання регіональною організацією економічної інтеграції, не вважається додатковим до документів, зданих на зберігання державами – членами такої організації.

### **Стаття 38** **Застереження**

Жодні застереження до цього Протоколу не допускаються.

### **Стаття 39** **Вихід**

1. У будь-який час після закінчення двох років з дня набуття чинності цим Протоколом для будь-якої Сторони ця Сторона може вийти з Протоколу, надіславши письмове повідомлення Депозитарію.

2. Будь-який такий вихід набуває чинності після закінчення одного року з дати одержання повідомлення Депозитарієм або у такий пізніший термін, який може бути зазначений у повідомленні про вихід.

### **Стаття 40** **Автентичні тексти**

Дійсний примірник цього Протоколу, тексти якого англійською, арабською, іспанською, китайською, російською і французькою мовами є рівно автентичними, здається на зберігання Генеральному секретарю Організації Об'єднаних Націй.

НА ЗАСВІДЧЕННЯ ЧОГО нижчепідписані, належним чином на те уповноважені, підписали цей Протокол.

ВЧИНЕНО у Монреалі двадцять дев'ятого січня двохтисячного року.

### **Інформація,**

**яка повинна міститися у повідомленнях згідно зі статтями 8, 10 та 13**

- a) Назва, адреса і контактні дані експортера.
  - b) Назва, адреса і контактні дані імпортера.
  - c) Назва, ідентифікаційні дані та національна класифікація рівня біобезпеки живого зміненого організму, якщо така є, в державі експорту.
  - d) Передбачувана дата або дати здійснення транскордонного переміщення, якщо відомо.
  - e) Таксономічний статус, загальноприйнята назва, пункт збору або придбання, а також характеристики організму-реципієнта або батьківських організмів, що стосуються біобезпеки.
  - f) Центри походження і центри генетичного різноманіття, якщо такі є, організму-реципієнта та/або батьківських організмів та опис місць існування, в яких організми можуть вижити або швидко розмножитися.
  - g) Таксономічний статус, загальноприйнята назва, пункт збору або придбання, а також характеристики організму-донора або організмів-донорів, що стосуються біобезпеки.
  - h) Опис нуклеїнової кислоти або інтродукованої модифікації, використаного методу, а також отриманих характеристик живого зміненого організму.
  - i) Передбачуване використання живого зміненого організму або продуктів, що входять до його складу, зокрема, оброблених матеріалів, що походять від живого зміненого організму, і містять здатні до виявлення нові комбінації відтворюючого генетичного матеріалу, одержані в результаті застосування сучасної біотехнології.
  - j) Кількість або об'єм живого зміненого організму, що підлягає передачі.
- чи
- k) Попередня та існуюча доповідь про оцінку ризиків, проведена відповідно до додатка III.
  - l) Методи, що пропонуються для забезпечення безпечної обробки, зберігання, транспортування і використання, включаючи у відповідних випадках процедури щодо пакування, маркірування, документації, видалення та вжиття заходів у разі виникнення надзвичайних ситуацій.
  - m) Регламентаційний статус живого зміненого організму в межах території держави експорту (наприклад, чи заборонений він у державі експорту; є інші обмеження; або чи наданий дозвіл на його загальне вивільнення) та, у разі заборони живого зміненого організму в державі експорту, виклад причини або причин такої заборони.

- n) Результат та мета будь-якого повідомлення, направлено експортером іншим державам щодо живого зміненого організму, який підлягає передачі.
- o) Заява про підтвердження фактичної достовірності вищезгаданої інформації.

**Необхідна інформація щодо живих змінених організмів,  
призначених для безпосереднього використання в якості  
харчових продуктів або корму або для обробки відповідно до статті 11**

- a) Назва і контактні дані суб'єкта, який подає заявку щодо внутрішнього використання.
- b) Назва і контактні дані органу, відповідального за прийняття рішення.
- c) Назва та ідентифікаційні дані живого зміненого організму.
- d) Опис генної модифікації, застосованого методу й отриманих у результаті цього характеристик живого зміненого організму.
- e) Будь-які виняткові ідентифікаційні дані живого зміненого організму.
- f) Таксономічний статус, загальноприйнята назва, пункт збору або придбання, а також характеристики організму-реципієнта або батьківських організмів, що стосуються біобезпеки.
- g) Центри походження і центри генетичного різноманіття, якщо відомо, організму-реципієнта та/або батьківських організмів та опис місць існування, в яких організми можуть вижити або швидко розмножитися.
- h) Таксономічний статус, загальноприйнята назва, пункт збору або придбання, а також характеристики організму-донора або організмів-донорів, що стосуються біобезпеки.
- i) Затверджені види застосування живого зміненого організму.
- j) Доповідь про оцінку ризиків відповідно до додатка III.
- k) Методи, що пропонуються для забезпечення безпечної обробки, зберігання, транспортування і використання, включаючи у відповідних випадках процедури щодо пакування, маркірування, документації, видалення та вжиття заходів у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

**Оцінка ризиків**

**Мета**

1. Мета проведення оцінки ризиків згідно з цим Протоколом полягає у виявленні й оцінці потенційного несприятливого впливу живих змінених організмів на збереження і стале використання біологічного різноманіття в потенційному приймаючому середовищі, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини.

**Використання оцінки ризиків**

2. Результати оцінки ризиків використовуються, зокрема, компетентними органами для прийняття обґрунтованих рішень щодо живих змінених організмів.

### Загальні принципи

3. Оцінка ризиків повинна проводитися у науково обґрунтований та прозорий спосіб. При її проведенні можуть враховуватися експертні рекомендації та керівні принципи, розроблені відповідними міжнародними організаціями.
4. Недостатність наукових знань або наукового консенсусу не повинна неодмінно тлумачитися як вказівка на наявність певного рівня ризику, відсутність ризику або прийнятність ризику.
5. Ризики, пов'язані з живими зміненими організмами або продуктами, які входять до їх складу, зокрема, з обробленими матеріалами, які походять від живого зміненого організму, і містять здатні до виявлення нові комбінації відтворюваного генетичного матеріалу, одержані в результаті використання сучасної біотехнології, повинні розглядатися в контексті ризиків, викликаних немодифікованими рецепієнтами або батьківськими організмами у імовірному потенційному приймаючому середовищі.
6. Оцінка ризиків повинна здійснюватися для кожного окремого випадку. Необхідна інформація може відрізнятись за характером і рівнем деталізації у кожному конкретному випадку залежно від відповідного живого зміненого організму, його передбачуваного використання та імовірного потенційного приймаючого середовища.

### Методологія

7. З одного боку, для оцінки ризиків можливо буде потрібна додаткова інформація з конкретних питань, яка може бути виявлена і запитана в ході проведення оцінки, а з другого – у деяких випадках інформація про інші аспекти може бути неактуальною.
8. Для досягнення поставленої мети оцінка ризиків повинна включати, де це необхідно, такі етапи:
  - a) виявлення будь-яких нових генотипних та фенотипних характеристик, пов'язаних із живим зміненим організмом, який може несприятливо вплинути на біологічне різноманіття в імовірному потенційному приймаючому середовищі, з урахуванням також ризиків для здоров'я людини;
  - b) оцінку рівня можливості фактичного виникнення таких несприятливих наслідків, з урахуванням інтенсивності та характеру впливу живого зміненого організму на імовірне потенційне приймаюче середовище;
  - c) оцінку наслідків у тому разі, якщо такий несприятливий вплив дійсно матиме місце;
  - d) оцінку сукупного ризику, який викликається живим зміненим організмом, на підставі оцінки імовірності виникнення та наслідків виявленого несприятливого впливу;
  - e) винесення рекомендації щодо того, чи є ризики прийнятними або регульованими, включаючи, якщо це необхідно, визначення стратегій для управління такими ризиками; та

f) у тих випадках, коли немає ясності відносно рівня ризику, ситуація може бути вирішена шляхом запиту додаткової інформації з конкретних питань, які викликають занепокоєння, або за рахунок реалізації відповідних стратегій управління ризиками та/або моніторингу живого зміненого організму в приймаючому середовищі.

#### Питання, що враховуються

9. Залежно від випадку, при проведенні оцінки ризиків враховуються детальні відповідні науково-технічні дані, що стосуються характеристик з таких елементів:

a) організм-реципієнт або батьківські організми. Біологічні характеристики організму-реципієнта або батьківських організмів, включаючи інформацію про таксономічний статус, загальноприйняту назву, походження, центри походження та генетичного різноманіття, якщо відомо, та опис місць існування, в яких організми можуть вижити та швидко розмножитися;

b) організм-донор або організми-донори. Таксономічний статус і загальноприйнята назва, джерело і відповідні біологічні характеристики організмів-донорів;

c) вектор. Характеристики вектора, включаючи його ідентифікаційні дані, якщо такі є, його джерело або походження та коло його хазяїв;

d) вставка або вставки та/або характеристики модифікації. Генетичні характеристики інтродукованої нуклеїнової кислоти і функція, що визначається нею, та/або характеристики інтродукованої модифікації;

e) живий змінений організм. Ідентифікаційні дані живого зміненого організму і відмінності між біологічними характеристиками живого зміненого організму та характеристиками організму-реципієнта або батьківських організмів;

f) виявлення та ідентифікація живого зміненого організму. Методи, що пропонуються для виявлення та ідентифікації, їх точність, чутливість і надійність;

g) інформація щодо запланованого використання. Інформація щодо запланованого використання живого зміненого організму, включаючи новий або змінений вид використання у порівнянні з організмом-реципієнтом або батьківськими організмами; та

h) приймаюче середовище. Інформація про місцезнаходження, географічні, кліматичні та екологічні характеристики, включаючи відповідну інформацію про біологічне різноманіття та центри походження в імовірному потенційному приймаючому середовищі.



Додаток 2

КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ

**ПОСТАНОВА**  
від 13 травня 2009 р. N 468  
Київ

**Про затвердження Порядку  
етикетування харчових продуктів,  
які містять генетично модифіковані організми  
або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг**

*{Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ  
N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009  
N 1408 (1408-2011-п) від 26.12.2011}*

Відповідно до статті 20 Закону України "Про Кабінет Міністрів України" (279-17), статті 15 Закону України "Про захист прав споживачів" (1023-12) та статті 7 Закону України "Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів" (1103-16) і статті 38 Закону України "Про безпечність та якість харчових продуктів" (771/97-ВР) Кабінет Міністрів України

**п о с т а н о в л я є:**

*{Вступна частина постанови із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009}*

1. Затвердити Порядок етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг, що додається.

2. Ця постанова набирає чинності з 1 липня 2009 року.

Прем'єр-міністр України Ю. ТИМОШЕНКО

Інд. 33

ЗАТВЕРДЖЕНО  
постановою Кабінету Міністрів України  
від 13 травня 2009 р. N 468

**ПОРЯДОК  
етикетування харчових продуктів,  
які містять генетично модифіковані організми  
або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг**

1. Цей Порядок визначає вимоги щодо етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми або вироблені з їх використанням та вводяться в обіг в Україні.

2. У цьому Порядку терміни вживаються у такому значенні:

харчовий продукт, який містить генетично модифіковані організми, – це такий харчовий продукт, який повністю або окремі його складники містять генетично модифіковані організми, вміст яких становить понад 0,9 відсотка; {Абзац другий пункту 2 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009}

харчовий продукт, вироблений з використанням генетично модифікованих організмів, – це такий харчовий продукт, який не містить генетично модифікованих організмів, але повністю або частково вироблений з використанням сільськогосподарської продукції, вміст генетично модифікованих організмів в якій становив понад 0,9 відсотка. {Абзац третій пункту 2 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009}

Інші терміни вживаються у значенні, наведеному в Законах України "Про захист прав споживачів" (1023-12), "Про безпечність та якість харчових продуктів" (771/97-ВР), "Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів" (1103-16).

3. Етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми обсягом понад 0,9 відсотка або вироблені із сільськогосподарської продукції, вміст генетично модифікованих організмів у якій становить понад 0,9 відсотка, повинне проводитися їх виробником (постачальником) із зазначенням відповідної інформації.

У переліку складників харчового продукту після найменування кожного з тих, що містять генетично модифіковані організми чи вироблені з їх використанням, у дужках виконується напис "(генетично модифікований)", "(містить генетично модифікований організм)" або "(вироблений з генетично модифікованого організму)" із зазначенням найменування організму або до кожного такого складника робиться відповідна виноска. Напис виконується таким самим шрифтом, що і перелік складників.

Для харчових продуктів, що містять один складник, напис "(генетично модифікований)", "(містить генетично модифікований організм)" або "(вироблений з гене-

тично модифікованого організму)" із зазначенням найменування організму виконується на етикетці шрифтом розміру не менш як 2 міліметри.

*{Пункт 3 Порядку в редакції Постанови КМ N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009}*

4. Етикетування харчових продуктів, які містять генетично модифіковані організми або вироблені з їх використанням і реалізуються без упаковки або з упаковкою, найбільша площа поверхні якої становить менш як 10 кв. сантиметрів, здійснюється продавцем шляхом проставлення відповідної позначки згідно з пунктом 3 цього Порядку на ярликах поряд з назвою харчового продукту або на пакувальному матеріалі шрифтом розміру не менш як 2 міліметри.

*{Пункт 4 Порядку із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009}*

5. Етикетування харчових продуктів, які не містять генетично модифіковані організми або вміст яких становить менш як 0,1 відсотка, може бути здійснено добровільно з виконанням напису "Без ГМО".

*{Пункт 5 Порядку із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009, N 1408 (1408-2011-п) від 26.12.2011}*

6. Харчові продукти, які містять генетично модифіковані організми обсягом понад 0,9 відсотка або вироблені із сільськогосподарської продукції, вміст генетично модифікованих організмів у якій становить понад 0,9 відсотка, на яких не виконано відповідний напис згідно з цим Порядком, підлягають вилученню з обігу.

*{Пункт 6 Порядку в редакції Постанови КМ N 661 (661-2009-п) від 01.07.2009}*



## ЗАКОН УКРАЇНИ

**Про державну систему біобезпеки при створенні,  
випробуванні, транспортуванні та використанні  
генетично модифікованих організмів**

*(Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2007, N 35, ст.484)*

*{з змінами, внесеними згідно із Законами*

*N 1804-VI (1804-17) від 19.01.2010, ВВР, 2010, N 9, ст.90*

*N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012, ВВР, 2012, N 42, ст.529*

*N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012, ВВР, 2013, N 46, ст.640 –*

*зміни набирають чинності з 18.11.2012, крім положень, які стосуються передачі повноважень від територіальних органів центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, обласним, Київській, Севастопольській міським державним адміністраціям, органам виконавчої влади Автономної Республіки Крим, які набирають чинності з 18.05.2013 – див. пункт 1 розділу II Закону N 5456-VI від 16.10.2012*

*N 1170-VII (1170-18) від 27.03.2014, ВВР, 2014, N 22, ст. 816*

*N 1193-VII (1193-18) від 09.04.2014, ВВР, 2014, N 23, ст. 873*

*N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014, ВВР, 2014, N 41-42, ст. 2024*

*N 222-VIII (222-19) від 02.03.2015, ВВР, 2015, N 23, ст. 158*

*N 2059-VIII (2059-19) від 23.05.2017, ВВР, 2017, N 29, ст. 315}*

Цей Закон регулює відносини між органами виконавчої влади, виробниками, продавцями (постачальниками), розробниками, дослідниками, науковцями та споживачами генетично модифікованих організмів та продукції, виробленої за технологіями, що передбачають їх розробку, створення, випробування, дослідження, транспортування, імпорт, експорт, розміщення на ринку, вивільнення у навколишнє середовище та використання в Україні (далі – поводження з ГМО) із забезпеченням біологічної і генетичної безпеки.

Цей Закон не застосовується до людини, тканин та окремих клітин у складі людського організму.

## Розділ I

### ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

#### Стаття 1. Терміни та їх визначення

У цьому Законі наведені нижче терміни вживаються у такому значенні: біологічна безпека – стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній негативний вплив його чинників (біологічних, хімічних, фізичних) на біологічну структуру і функцію людської особи в теперішньому і майбутніх поколіннях, а також відсутній незворотній негативний вплив на біологічні об'єкти природного середовища (біосферу) та сільськогосподарські рослини і тварини;

генетична безпека – стан середовища життєдіяльності людини, при якому відсутній будь-який неприродний вплив на людський геном, відсутній будь-який неприродний вплив на геном об'єктів біосфери, а також відсутній неконтрольований вплив на геном сільськогосподарських рослин і тварин, промислових мікроорганізмів, який призводить до появи у них негативних та/або небажаних властивостей;

організм, живий організм – будь-яка форма біологічного існування (включаючи стерильні організми, віруси та віроїди), здатна до самовідтворення або передачі спадкових факторів;

генетично модифікований організм, живий змінений організм (ГМО) – будь-який організм, у якому генетичний матеріал був змінений за допомогою штучних прийомів переносу генів, які не відбуваються у природних умовах, а саме:

рекомбінантними методами, які передбачають формування нових комбінацій генетичного матеріалу шляхом внесення молекул нуклеїнової кислоти (вироблених у будь-який спосіб зовні організму) у будь-який вірус, бактеріальний плазмід або іншу векторну систему та їх включення до організму-господаря, в якому вони зазвичай не зустрічаються, однак здатні на тривале розмноження;

методами, які передбачають безпосереднє введення в організм спадкового матеріалу, підготовленого зовні організму, включаючи мікроін'єкції, макроін'єкції та мікроінкапсуляції;

злиття клітин (у тому числі злиття протоплазми) або методами гібридизації, коли живі клітини з новими комбінаціями генетичного матеріалу формуються шляхом злиття двох або більше клітин у спосіб, який не реалізується за природних обставин;

продукція, отримана з використанням ГМО – продукція, в тому числі харчові продукти та корми, технологія виробництва якої передбачає використання ГМО на будь-якому етапі;

генетично-інженерна діяльність – практична сфера діяльності, пов'язана зі створенням, випробуванням та впровадженням ГМО в обіг;

вивільнення ГМО у навколишнє середовище – діяння (дія або бездіяння), в результаті якого відбулося внесення ГМО у навколишнє середовище;

система замкнена – система здійснення генетично-інженерної діяльності, при якій генетичні модифікації вносяться в організм або ГМО, культивуються, обробляються, зберігаються, використовуються, підлягають транспортуванню,

знищенню або похованню в умовах існування систем захисту, що запобігають контакту з населенням та навколишнім середовищем;

система відкрита – система здійснення генетично-інженерної діяльності, що передбачає контакт ГМО з населенням та навколишнім середовищем при запланованому вивільненні їх у навколишнє середовище, застосуванні у сільськогосподарській практиці, промисловості, медицині та в природоохоронних цілях, передачі технологій та інших сферах обігу ГМО;

ризик – можливість виникнення та вірогідні масштаби наслідків від негативного впливу на здоров'я людини та довкілля при здійсненні генетично-інженерної діяльності та поводженні з ГМО протягом певного періоду часу;

аналіз ризику – процес, що складається з трьох взаємопов'язаних компонентів: оцінка ризику ГМО, управління (керування) ризиком та повідомлення про ризик;

оцінка ризику – науково обґрунтований процес, який складається з ідентифікації небезпеки ГМО, характеристики небезпеки, оцінки впливу, характеристики ризику;

управління ризиком – процес вибору альтернативних рішень на підставі результатів оцінки ризику ГМО та в разі необхідності вибору і впровадження відповідних засобів управління (контролю), включаючи регуляторні заходи;

повідомлення про ризик – взаємний обмін інформацією про ризик ГМО між спеціалістами з оцінки ризику, особами, що здійснюють управління ризиком, заінтересованими торговими партнерами та іншими заінтересованими сторонами;

державна реєстрація ГМО – занесення ГМО до реєстру з урахуванням оцінки їх ризику щодо впливу на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища з метою подальшого отримання дозволу на практичне використання ГМО в Україні відповідно до їх господарського призначення;

Державний реєстр ГМО – спеціалізований перелік ГМО, які пройшли реєстрацію, з визначенням їх подальшого господарського призначення;

Державний реєстр ГМО джерел харчових продуктів та кормів – спеціалізований перелік ГМО, відносно яких на підставі міжнародних правил і критеріїв оцінки безпечності для здоров'я людини і тварин зроблено висновок про можливість їх використання в якості харчових продуктів та/або кормів, та/або їх джерел;

обіг – переміщення (транспортування) або зберігання та будь-які дії, пов'язані з переходом права власності чи володіння, включаючи продаж, обмін або дарування;

арбітражні випробування ГМО – лабораторні дослідження, що проводяться на вимогу особи, яка оскаржує результати попереднього лабораторного дослідження; {Статтю 1 доповнено абзацом згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

референтні зразки ГМО – еталонний (референтний) матеріал ГМО, значення властивостей якого є достатньо однорідним та придатним, щоб оцінювати метод вимірювання чи встановлювати певні властивості матеріалу; {Статтю 1 доповнено абзацом згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

цільовий таксон – відособлена група організмів, до якої належать ГМО, які споріднені між собою спільністю ознак і властивостей, у результаті чого таким організмам може бути присвоєна таксономічна категорія; {Статтю 1 доповнено абзацом згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

трансформаційна подія – зміна генетичного матеріалу організму за допомогою штучних прийомів переносу генів, які не відбуваються у природних умовах. {Статтю 1 доповнено абзацом згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

**Стаття 2.** Законодавство України в галузі генетично-інженерної діяльності та поводження з ГМО

Законодавство України у сфері генетично-інженерної діяльності та поводження з ГМО складається з цього Закону, інших законодавчих актів України, що видаються відповідно до нього, а також відповідних міжнародних договорів, згоду на обов'язковість яких надано Верховною Радою України.

**Стаття 3.** Основні принципи державної політики в галузі поводження з ГМО та завдання цього Закону

Основними принципами державної політики в галузі генетично-інженерної діяльності та поводження з ГМО є:

пріоритетність збереження здоров'я людини і охорони навколишнього природного середовища у порівнянні з отриманням економічних переваг від застосування ГМО;

забезпечення заходів щодо дотримання біологічної і генетичної безпеки при створенні, дослідженні та практичному використанні ГМО в господарських цілях;

контроль за ввезенням на митну територію України ГМО та продукції, отриманої з їх використанням, їх реєстрацією та обігом;

загальнодоступність інформації про потенційні ризики від застосування ГМО, які передбачається використовувати у відкритій системі, та заходи щодо дотримання біологічної і генетичної безпеки;

державна підтримка генетично-інженерних досліджень та наукових і практичних розробок у галузі біологічної і генетичної безпеки при створенні, дослідженні та практичному використанні ГМО в господарських цілях.

Завданнями цього Закону є:

охорона здоров'я людини і навколишнього природного середовища при здійсненні генетично-інженерної діяльності та поводженні з ГМО;

забезпечення права громадян на безпечне використання ГМО;

створення умов для безпечного практичного використання ГМО в господарських цілях;

визначення прав і обов'язків суб'єктів регулювання при поводженні з ГМО та встановлення їх відповідальності за порушення законодавства;

захист громадян у разі заподіяння шкоди їх здоров'ю внаслідок споживання ГМО;

встановлення правових основ міжнародного співробітництва в галузі генетично-інженерної діяльності та поводження з ГМО.

**Стаття 4.** Суб'єкти регулювання

Положення цього Закону застосовуються на території України до юридичних та фізичних осіб, які здійснюють діяльність, пов'язану з поводженням з ГМО. Юридичні та фізичні особи України та інших держав, а також особи без громадянства рівні у своїх правах та обов'язках, визначених цим Законом.

Якщо міжнародним договором України, зазначеним у статті 2 цього Закону, встановлено інші правила, ніж передбачені цим Законом, то застосовуються правила міжнародного договору.

**Стаття 5.** Сфери діяльності, що підлягають регулюванню під час поводження з ГМО

Регулюванню цим Законом підлягають:

генетично-інженерна діяльність, що здійснюється у замкненій системі;

генетично-інженерна діяльність, що здійснюється у відкритій системі;

державна реєстрація ГМО; {Абзац четвертий статті 5 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}

введення в обіг і подальший обіг ГМО та продукції, виробленої з їх використанням; {Абзац п'ятий статті 5 із змінами, внесеними згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

експорт, імпорт та транзит ГМО.

**Розділ II**

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИКОНАННЯ ЗАКОНУ**

**Стаття 6.** Суб'єкти, що забезпечують виконання цього Закону

Виконання цього Закону забезпечують центральні органи виконавчої влади та науково-методологічний центр з питань випробувань ГМО у межах своїх повноважень і в порядку, передбаченому законодавством України. {Стаття 6 із змінами, внесеними згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

**Стаття 7.** Повноваження Кабінету Міністрів України

Кабінет Міністрів України:

забезпечує державне регулювання і контроль у сфері поводження з ГМО та генетично-інженерної діяльності;

забезпечує здійснення заходів щодо державної підтримки генетично-інженерної діяльності;

спрямовує і координує роботу центральних органів виконавчої влади та інших органів виконавчої влади в галузі поводження з ГМО та генетично-інженерної діяльності;

організовує міжнародне співробітництво з метою забезпечення безпечного поводження з ГМО та розвитку наукових знань у цій галузі;

затверджує порядок державної реєстрації ГМО (808-2009-п);

{Абзац шостий статті 7 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}



затверджує порядок ввезення ГМО джерел харчових продуктів;

{Абзац сьомий статті 7 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}

затверджує порядок надання дозволу на транзитне переміщення ГМО через територію України;

{Абзац дев'ятої частини першої статті 7 виключено на підставі Закону N 222-VIII (222-19) від 02.03.2015}

затверджує порядок проведення державної апробації (випробувань) ГМО у відкритій системі (808-2009-п) та отримання дозволу на їх проведення;

затверджує критерії безпеки поводження з ГМО у замкненій системі;

визначає за поданням Національної академії наук України наукову установу, уповноважену на виконання функцій науково-методологічного центру з питань випробувань ГМО; {Статтю 7 доповнено абзацом згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

визначає функції науково-методологічного центру з питань випробувань ГМО. {Статтю 7 доповнено абзацом згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

**Стаття 8.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері освіти і науки

{Назва статті 8 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}

Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері освіти і науки: {Абзац перший статті 8 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}

забезпечує розвиток наукового і науково-технічного потенціалу в галузі генетично-інженерної діяльності;

{Абзац третій статті 8 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}

розробляє критерії безпеки поводження з ГМО та генетично-інженерної діяльності у замкнених системах;

розробляє та вдосконалює систему контролю за дотриманням правил безпеки генетично-інженерної діяльності.

{Абзац шостий статті 8 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}

{Абзац сьомий статті 8 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}

{Статтю 8-1 виключено на підставі Закону N 222-VIII (222-19) від 02.03.2015}

**Стаття 8-2.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері інтелектуальної власності

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері інтелектуальної власності, забезпечує захист міжнародних і національних патентів та інших видів інтелектуальної власності в галузі поводження з ГМО, генетичної інженерії та генетично-інженерної діяльності.

*{Закон доповнено статтею 8-2 згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

**Стаття 9.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища

*{Назва статті 9 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища: *{Абзац перший статті 9 в редакції Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

забезпечує оцінку впливу на довкілля ГМО, призначених для використання у відкритій системі; *{Абзац другий частини першої статті 9 із змінами, внесеними згідно із Законом N 2059-VIII (2059-19) від 23.05.2017}*

*{Абзац третій статті 9 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

здійснює державну реєстрацію засобів захисту рослин, отриманих з використанням ГМО;

*{Абзац п'ятий статті 9 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

надає дозволи на вивільнення ГМО у відкритій системі.

**Стаття 9-1.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища

Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, на основі наукових принципів та міжнародного досвіду розробляє критерії оцінки ризику потенційного впливу ГМО на навколишнє природне середовище.

*{Закон доповнено статтею 9-1 згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

**Стаття 9-2.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що забезпечує реалізацію державної політики із здійснення державного нагляду

(контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів

Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує реалізацію державної політики із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, здійснює державний нагляд і контроль за дотриманням заходів біологічної і генетичної безпеки щодо біологічних об'єктів природного середовища під час створення, дослідження та практичного використання ГМО у відкритій системі.

*{Закон доповнено статтею 9-2 згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

**Стаття 10.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я *{Назва статті 10 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я: *{Абзац перший статті 10 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

на основі наукових принципів та міжнародного досвіду розробляє критерії оцінки ризику потенційного впливу на здоров'я людини ГМО та продукції, отриманої з використанням ГМО, у тому числі харчових продуктів;

*{Абзац третій статті 10 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

*{Абзац четвертий статті 10 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

*{Абзац п'ятий статті 10 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

*{Абзац шостий статті 10 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

затверджує перелік харчових продуктів, щодо яких здійснюється контроль вмісту ГМО та перелік відповідних методик детекції та ідентифікації ГМО.

*{Абзац восьмий статті 10 виключено на підставі Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

*{Статтю 10-1 виключено на підставі Закону N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

**Стаття 10-2.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення:

здійснює державний нагляд і контроль за дотриманням заходів біологічної і генетичної безпеки стосовно людини під час створення, дослідження та практичного використання ГМО у відкритій системі;

здійснює державну санітарно-епідеміологічну експертизу ГМО, які використовуються у відкритих системах, для обґрунтування висновку щодо їх біологічної і генетичної безпеки стосовно людини з метою їх державної реєстрації.

*{Абзац четвертий статті 10-2 виключено на підставі Закону N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

*{Закон доповнено статтею 10-2 згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

**Стаття 11.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері ветеринарної медицини, безпечності харчових продуктів

Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері ветеринарної медицини, безпечності харчових продуктів:

здійснює нормативно-правове забезпечення у сфері нагляду (контролю) за:

*{Абзац третій статті 11 виключено на підставі Закону N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

дотриманням заходів біологічної і генетичної безпеки щодо сільськогосподарських рослин під час створення, дослідження та практичного використання ГМО у відкритих системах на підприємствах, в установах та організаціях агропромислового комплексу незалежно від їх підпорядкування і форми власності;

*{Абзац п'ятий статті 11 виключено на підставі Закону N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

забезпечує державну апробацію (випробування) та державну реєстрацію створених на основі ГМО сортів сільськогосподарських рослин, порід тварин, мікробіологічних сільськогосподарських препаратів.

*{Стаття 11 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1804-VI (1804-17) від 19.01.2010; в редакції Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

**Стаття 11-1.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері безпечності харчових продуктів

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері безпечності харчових продуктів:

здійснює державну реєстрацію ГМО джерел харчових продуктів, кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів; *{Абзац другий статті 11-1 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

затверджує перелік відповідних методик детекції та ідентифікації ГМО;

*{Абзац четвертий статті 11-1 виключено на підставі Закону N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

проводить моніторинг кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, отриманих з використанням ГМО, за критерієм наявності в них зареєстрованих ГМО джерел;

уповноважує акредитовані лабораторії на проведення моніторингу кормів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, отриманих із використанням ГМО, за критерієм наявності в них зареєстрованих ГМО джерел.

*{Розділ II доповнено статтею 11-1 згідно із Законом N 1804-VI (1804-17) від 19.01.2010; в редакції Закону N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

**Стаття 11-2.** Повноваження центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері нагляду (контролю) в агропромисловому комплексі

Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері нагляду (контролю) в агропромисловому комплексі, організовує та здійснює державний нагляд (контроль) за додержанням заходів біологічної і генетичної безпеки щодо сільськогосподарських рослин під час створення, дослідження та практичного використання ГМО у відкритих системах на підприємствах, в установах та організаціях агропромислового комплексу незалежно від їх підпорядкування і форми власності.

*{Розділ II доповнено статтею 11-2 згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

### Розділ III

#### РЕГУЛЮВАННЯ ПОВОДЖЕННЯ З ГМО ТА ГЕНЕТИЧНО-ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ЗАМКНЕНІЙ СИСТЕМІ

**Стаття 12.** Регулювання генетично-інженерної діяльності в установах, організаціях та на підприємствах

*{Частина першу статті 12 виключено на підставі Закону N 222-VIII (222-19) від 02.03.2015}*

*{Частина другу статті 12 виключено на підставі Закону N 222-VIII (222-19) від 02.03.2015}*

*{Частина третю статті 12 виключено на підставі Закону N 222-VIII (222-19) від 02.03.2015}*

Підприємства, установи та організації, які здійснюють генетично-інженерну діяльність (далі – установи), створюють при установі Комісію з біологічної та генетичної безпеки проведення генетично-інженерних робіт (далі – Комісія). Завданням Комісії є проведення попередньої оцінки ризику при плануванні та підготовці генетично-інженерних робіт.

Типове Положення про Комісію з біологічної та генетичної безпеки проведення генетично-інженерних робіт затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері освіти і науки.

*{Частина п'ята статті 12 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

У випадках, коли генетично-інженерна діяльність здійснюється фізичними особами або чисельний склад установи не дозволяє сформувати Комісію при установі, то такі особи або установи прикріплюються до однієї з існуючих комісій за погодженням з центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері освіти і науки.

*{Частина шоста статті 12 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

### Розділ IV

#### РЕГУЛЮВАННЯ ГЕНЕТИЧНО-ІНЖЕНЕРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ВІДКРИТІЙ СИСТЕМІ ТА ДЕРЖАВНА РЕЄСТРАЦІЯ ГМО

**Стаття 13.** Вимоги до ГМО та порядок їх вивільнення у навколишнє природне середовище з метою апробації (випробовувань)

Генетично модифіковані організми, що використовуються у відкритій системі, повинні відповідати вимогам біологічної та генетичної безпеки за умови дотримання передбаченої технології використання.

Обов'язковою умовою використання ГМО у відкритій системі є наявність методів і методик їх ідентифікації, розроблених за міжнародними стандартами та затверджених в установленому порядку в Україні.

Забороняється вивільнення в навколишнє природне середовище ГМО без оцінки впливу на довкілля та до їх державної реєстрації.

*{Частина третя статті 13 із змінами, внесеними згідно із Законом N 2059-VIII (2059-19) від 23.05.2017}*

До державної реєстрації вивільнення в навколишнє природне середовище ГМО можливе тільки з метою державної апробації (випробовувань). Проведення державної апробації (випробовувань) ГМО у відкритій системі здійснюється виключно на підставі дозволу, який видається центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища. Дозвіл видається одноразово на проведення державної апробації (випробовувань) конкретно визначеного ГМО.

*{Частина четверта статті 13 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

Порядок (308-2009-п) отримання такого дозволу та його форма затверджуються Кабінетом Міністрів України за поданням центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища. У дозволі зазначаються конкретні умови та терміни проведення державної апробації (випробовувань) ГМО.

*{Частина п'ята статті 13 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

Дозвіл на проведення державних апробацій (випробовувань) ГМО у відкритій системі може бути скасованим у випадках отримання науково обґрунтованої інформації, яка може призвести до переоцінки ризику щодо впливу ГМО на здоров'я людини та навколишнє природне середовище в сторону його підвищення, а також порушення умов дозволу.

**Стаття 14.** Державна реєстрація ГМО та встановлення обмеження щодо їх застосування

Державну реєстрацію ГМО та продукції, виробленої з їх застосуванням, здійснюють центральні органи виконавчої влади відповідно до повноважень, викладених у статтях 8 – 11-2 цього Закону.

*{Частина перша статті 14 із змінами, внесеними згідно із Законами N 1804-VI (1804-17) від 19.01.2010, N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

Центральні органи виконавчої влади ведуть Державні реєстри ГМО розміщують їх на власних офіційних веб-сайтах та регулярно публікують у засобах масової інформації.

*{Частина друга статті 14 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

Продукція, яка реєструється у Державних реєстрах ГМО:

сорти сільськогосподарських рослин та породи тварин, створені на основі ГМО;

*{Абзац третій частини третьої статті 14 виключено на підставі Закону N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

ГМО джерела харчових продуктів; {Абзац четвертий частини третьої статті 14 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}

ГМО джерела кормів. {Абзац п'ятий частини третьої статті 14 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}

Державна реєстрація здійснюється строком на п'ять років на безоплатній основі. Перереєстрація здійснюється у тому ж порядку, що і реєстрація.

Термін розгляду реєстраційних документів не може перевищувати 120 днів з дня їх подачі, включаючи строки проведення відповідних експертиз.

Розмір тарифів на проведення експертиз, які є підставою для державної реєстрації ГМО (1223-2009-п), затверджуються Кабінетом Міністрів України за поданням відповідного центрального органу виконавчої влади.

*{Частина шоста статті 14 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

У державній реєстрації ГМО може бути відмовлено в разі отримання науково обґрунтованої інформації щодо їх небезпеки для здоров'я людини або навколишнього природного середовища при використанні за цільовим призначенням.

*{Частина сьома статті 14 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1602-VII (1602-18) від 22.07.2014}*

До генетично модифікованих сортів рослин можуть бути застосовані обмеження щодо їх вирощування на землях, перелік яких визначається центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища.

*{Частина восьма статті 14 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

## Розділ V

### ВИКОРИСТАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ТА УТИЛІЗАЦІЯ ГМО

**Стаття 15.** Використання ГМО та вимоги щодо їх відстежуваності {Назва статті 15 із змінами, внесеними згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}

Забороняється промислове виробництво та введення в обіг ГМО, а також продукції, виробленої із застосуванням ГМО, до їх державної реєстрації.

Суб'єкти господарювання, які вперше вводять в обіг продукцію, що містить ГМО або отримана з їх використанням, складають у довільній формі письмову декларацію, в якій в обов'язковому порядку зазначаються відомості про суб'єкта господарювання, зазначається інформація, що така продукція містить ГМО або отримана з їх використанням, а також наводиться номер такої продукції у Державному реєстрі ГМО.

*{Статтю 15 доповнено частиною другою згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}*

Суб'єкти господарювання під час проведення всіх операцій з передачі продукції, що містить ГМО або отримана з їх використанням, забезпечують надання суб'єктам господарювання, яким вони передають таку продукцію, копії декларації, зазначеної в частині другій цієї статті.

*{Статтю 15 доповнено частиною третьою згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}*

Суб'єкти господарювання зобов'язані зберігати протягом п'яти років з дня передачі продукції, що містить ГМО або отримана з їх використанням, декларацію, зазначену в частині другій цієї статті, або її копію, а також документацію, яка дає змогу ідентифікувати:

суб'єкта господарювання, який передав їм відповідну продукцію;

суб'єкта господарювання, якому вони передали відповідну продукцію.

*{Статтю 15 доповнено частиною четвертою згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}*

**Стаття 15-1.** Державний контроль за обігом ГМО та продукції, що отримана з використанням ГМО

З метою здійснення державного контролю за обігом ГМО та продукції, що отримана з використанням ГМО, центральні органи виконавчої влади, відповідальні за виконання цього Закону, створюють за відповідними напрямками мережу випробувальних лабораторій з визначення вмісту ГМО у продукції.

Положення про мережу випробувальних лабораторій з визначення вмісту ГМО у продукції (700-2013-п) затверджується Кабінетом Міністрів України.

Науково-методична координація діяльності випробувальних лабораторій з визначення вмісту ГМО у продукції здійснюється науково-методологічним центром з питань випробувань ГМО.

Науково-методологічний центр з питань випробувань ГМО є державною науковою установою, яка:

забезпечує одержання та підготовку референтних зразків ГМО і зразків контрольних цільових таксонів з метою створення їх колекції, а також їх зберігання, утримання та надання випробувальним лабораторіям для використання в їхній діяльності;

забезпечує проведення міжлабораторного порівняння результатів дослідження продукції для визначення в ній вмісту ГМО;

здійснює тестування та атестацію в установленому порядку методик ідентифікації ГМО, дає оцінку ефективності таких методик, включаючи відбір зразків (проб) та ідентифікацію трансформаційних подій;

проводить арбітражні випробування ГМО на вимогу особи, яка оскаржує результати попередніх випробувань ГМО.

Положення про науково-методологічний центр з питань випробувань ГМО (701-2013-п) затверджується Кабінетом Міністрів України.

*{Закон доповнено статтею 15-1 згідно із Законом N 4441-VI (4441-17) від 23.02.2012}*



**Стаття 16.** Ввезення та транзит ГМО

Забороняється ввезення на митну територію України ГМО, а також продукції, виробленої із застосуванням ГМО, до їх державної реєстрації, за винятком таких, що призначені для науково-дослідних цілей або державних апробацій (випробовувань).

*{Частина другу статті 16 виключено на підставі Закону N 1193-VII (1193-18) від 09.04.2014}*

Дозвіл на ввезення продукції, отриманої з використанням ГМО, призначеної для науково-дослідних цілей, надається центральними органами виконавчої влади відповідно до їх повноважень, передбачених статтями 8 – 11-2 цього Закону, в порядку (734-2008-п), встановленому Кабінетом Міністрів України.

*{Частина третя статті 16 із змінами, внесеними згідно із Законами N 1804-VI (1804-17) від 19.01.2010, N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

Ввезення харчових продуктів, косметичних засобів, лікарських засобів, кормових добавок та ветеринарних препаратів, які містять ГМО або отримані з їх використанням, для безпосереднього вживання за призначенням можливе тільки за умови державної реєстрації відповідних ГМО джерел та переліченої у цій частині продукції.

Порядок (734-2008-п) такого ввезення встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Дозвіл на транзитне переміщення незареєстрованих в Україні ГМО надається центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів у порядку (423-2009-п), встановленому Кабінетом Міністрів України.

**Стаття 17.** Транспортування, зберігання та утилізація ГМО

Транспортування та зберігання ГМО повинно передбачати здійснення комплексу заходів, що попереджують неконтрольоване вивільнення ГМО у навколишнє природне середовище.

Обліковий матеріал ГМО, одержаний при випробуваннях, непридатні або заборонені до використання ГМО, а також тара від них, підлягають утилізації, знищенню та знешкодженню в порядку, що встановлюється центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері освіти і науки, та центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища.

*{Частина друга статті 17 із змінами, внесеними згідно із Законом N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012}*

Положення цієї статті не стосуються ГМО харчових продуктів та кормів, зареєстрованих відповідно до вимог статті 14 цього Закону.

**Розділ VI****ЗАКЛЮЧНІ ПОЛОЖЕННЯ**

**Стаття 18.** Відповідальність за порушення законодавства в галузі поводження з ГМО

Порушення вимог цього Закону і прийнятих на його основі нормативно-правових актів тягне за собою цивільну, адміністративну, дисциплінарну або кримінальну відповідальність згідно із законом.

Відповідальність несуть особи, які винні у:

приховуванні або перекрученні інформації, що могло спричинити або спричинило загрозу життю та здоров'ю людини чи навколишньому природному середовищу;

недотриманні або порушенні вимог стандартів, регламентів, санітарних норм і правил використання, транспортування, зберігання, реалізації ГМО;

використанні незареєстрованих ГМО або продукції, отриманої з їх використанням (за винятком науково-дослідних цілей);

порушенні правил утилізації та знищення ГМО;

невиконанні законних вимог посадових осіб, які здійснюють державний нагляд і контроль.

Законом може бути встановлена відповідальність і за інші види порушень законодавства України в галузі генетично-інженерної діяльності.

**Стаття 19.** Основні вимоги до дозвільної системи у сфері здійснення господарської діяльності при поводженні з ГМО

Дозволи на ввезення продукції, отриманої з використанням ГМО, призначеної для науково-дослідних цілей (734-2008-п); на транзитне переміщення не зареєстрованих в Україні ГМО (423-2009-п); на вивільнення ГМО у відкритій системі (308-2009-п) надаються на безоплатній основі центральними органами виконавчої влади відповідно до їх повноважень, передбачених статтями 8 – 11-2 цього Закону, в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

*{Частина перша статті 19 із змінами, внесеними згідно із Законами N 1804-VI (1804-17) від 19.01.2010, N 5456-VI (5456-17) від 16.10.2012, N 1193-VII (1193-18) від 09.04.2014}*

У видачі дозволу може бути відмовлено в разі отримання науково обґрунтованої інформації щодо їх небезпеки для здоров'я людини або навколишнього природного середовища при використанні за цільовим призначенням.

Термін розгляду документів для видачі дозволу не може перевищувати 45 днів з дня їх подачі, включаючи строки проведення відповідних експертиз.

Розмір тарифів на проведення експертиз, які є підставою для видачі зазначених документів, затверджується Кабінетом Міністрів України за поданням відповідного центрального органу виконавчої влади.

**Стаття 20.** Доступ до інформації щодо поводження з ГМО

Інформація про поводження з ГМО є відкритою і загальнодоступною, крім інформації, віднесеної відповідно до закону до інформації з обмеженим доступом.

*{Частина перша статті 20 в редакції Закону N 1170-VII (1170-18) від 27.03.2014}*

Інформація щодо потенційного впливу ГМО на здоров'я людини та навколишнє природне середовище не може бути віднесена до інформації з обмеженим доступом.

*{Частина друга статті 20 із змінами, внесеними згідно із Законом N 1170-VII (1170-18) від 27.03.2014}*

**Стаття 21.** Міжнародне співробітництво

Україна укладає міжнародні договори, бере участь у міжнародному обміні інформацією з метою подальшого розвитку і зміцнення міжнародного співробітництва в галузі біологічної та генетичної безпеки при здійсненні генетично-інженерної діяльності та поводженні з ГМО відповідно до чинного законодавства.

**Стаття 22.** Прикінцеві положення

Цей Закон набирає чинності з дня його опублікування.

Кабінету Міністрів України:

підготувати та подати на розгляд Верховної Ради України пропозиції щодо внесення змін до законів України у зв'язку з прийняттям цього Закону;

привести свої нормативно-правові акти у відповідність із цим Законом;

забезпечити перегляд і скасування міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади їх нормативно-правових актів, що суперечать цьому Закону.

Президент України

В. ЮЩЕНКО

м. Київ, 31 травня 2007 року

N 1103-V

*Навчальне видання*

# **ОСНОВИ БІОБЕЗПЕКИ**

(ЕКОЛОГІЧНИЙ СКЛАДНИК)

Навчальний посібник

*Українською мовою*

Верстка – Н. М. Ковальчук

Підписано до друку 15.12.2017. Формат 60x84/8.  
Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Arimo.  
Умовно-друк. арк. 20,93. Тираж 500. Замовлення № 0118-06.  
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
73034, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а, офіс 105  
Телефон +38 (0552) 39 95 80  
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 4392 від 20.08.2012 р.