

ЛЕКЦІЯ 1

Тема: Промислова мікробіологія: історія становлення, завдання та перспективи

План

1. Промислова мікробіологія як складова біотехнології.
2. Зв'язок біотехнології з іншими науками.
3. Історія становлення і етапи розвитку промислової мікробіології.
4. Основні галузі застосування промислової мікробіології.
5. Основні завдання та перспективи біотехнології.

Основні терміни і поняття: біотехнологія, промислова мікробіологія, мікробіологічні виробництва.

1.1. Промислова мікробіологія як складова біотехнології

Сучасний етап науково-технічного прогресу характеризується революційними змінами в біології, яка стає лідером природознавства. Біологія вийшла на молекулярний і субклітинний рівень, у ній інтенсивно застосовуються методи суміжних наук, системні підходи. Бурхливий розвиток наук біологічного профілю, розширення практичної сфери їх застосування обумовлено також соціально-економічними потребами суспільства. Такі актуальні проблеми, як дефіцит чистої води, сировинних та енергетичних ресурсів, потреба в нових методах діагностики і лікування, не можуть бути вирішені традиційними методами. Наразі існує гостра необхідність у розробці і впровадженні принципово нових методів і технологій.

Уперше термін «біотехнологія» було запропоновано в 1917 р. угорським інженером К. Еріке, який запропонував процес великомасштабного промислового вирощування свиней з використанням у якості кормів цукрового буряку. При цьому він розглядав перетворення сировини (буряку) у цільовий продукт (свинину) як ряд біотехнологічних етапів. Цей процес було названо *біотехнологією*, оскільки цільовий продукт отримано в результаті життєдіяльності біологічної системи.

Друге народження і популярність цей термін набув у 1961 році після того як шведський мікробіолог Карл Герен Хеген запропонував змінити назву наукового журналу «Журнал мікробіологічної і хімічної інженерії і технології» на «Біотехнологія і Біоінженерія». Оскільки цей журнал публікував роботи з прикладної мікробіології і промислової ферментації, то з цього моменту біотехнологія була пов'язана з дослідженнями в області промислового виробництва товарів та послуг за участі живих організмів, біологічних систем і процесів.

Таким чином, основою нового наукового напрямку була інтеграція мікробіологічних процесів і хімічної інженерії, що сприяло розвитку великомасштабного виробництва продуктів біологічного походження.

Ефективність виробництва залежить від керування продуктивністю мікробіологічних процесів, що можливо за умов пізнання молекулярно-біологічних процесів мікробної клітини.

Завдяки інтенсивному розвитку молекулярної біології і біохімії прокаріотичних клітин стали відомими основні етапи синтезу білка в клітині, механізми синтезу РНК на молекулах ДНК, механізми реплікації і кон'югації клітин бактерій. Було виділено і охарактеризовано плазмиди, здійснено хімічних синтез генів і сформульовано уявлення про механізм мутагенезу.

Новітні біологічні технології дозволяють здійснювати реконструкцію генетичного апарату мікроорганізмів, яка направлена на «надпродукцію» тих або інших цінних

біологічних речовин або синтез нових продуктів, що є нехарактерними для даного організму (наприклад, інсулін, що продукується клітинами *E. coli* тощо).

У 1983 р. на міжнародному біотехнологічному Конгресі в Братиславі було прийнято таке визначення біотехнології:

Біотехнологія – це наука, що розробляє наукові основи великомасштабної реалізації процесів отримання за допомогою каталізаторів різноманітних продуктів і захист навколишнього середовища. У цьому визначенні з'явився важливий аспект для біотехнології – захист оточуючого середовища.

У 1984 р. Європейською Федерацією Біотехнологів було запропоновано наступне визначення біотехнології:

Біотехнологія – це інтегральне використання біохімії, мікробіології та інженерних наук у цілях промислової реалізації здатностей мікроорганізмів, культур тканин клітин і їх частин.

Біотехнологія – це свідоме виробництво необхідних людині продуктів і матеріалів за допомогою біологічних об'єктів і процесів.

Часто до біотехнології відносять дослідження рекомбінантних ДНК і нові процеси, створені при використанні генної інженерії.

Біотехнологія (за Ю.А. Овчинниковим) – це комплексна багатопрофільна галузь науково-технічного прогресу, що включає мікробіологічний синтез у його широкому розумінні, генетичну, білкову і клітинну інженерію, ензимологію.

1.2. Зв'язок біотехнології з іншими науками

За своїм генезисом науково-технічні галузі можна поділити *на три групи*:

1. Галузі, що виникли на базі вдосконалення традиційних емпіричних виробництв (ливарне виробництво, обробка металу різанням). Розвиток цих галузей завжди відбувається еволюційно.

2. Нові галузі які виникли в результаті впровадження у виробництво фундаментальних наукових знань. Розвиток їх, як правило, революційний і відбувається в результаті розширення протиріччя між науковим потенціалом і станом техніки. Вони не можуть виникати на базі попереднього виробничого досвіду або емпіричним шляхом. *Наприклад*: атомна енергетика, квантова електроніка, радіоелектроніка і обчислювальна техніка. Природні науки входять до цих галузей в значенні суттєвого елемента.

3. Галузі, що виникли на основі традиційних виробництв у результаті корінного перевороту технології, викликаного взаємодією фундаментальних природних наук і технічних наук.

Біотехнологія відноситься до третього типу. Вона виникла в надрах мікробіології на базі традиційних бродильних виробництв.

Складові біотехнології:

1. Генна інженерія (технологія рекомбінації ДНК).
2. Біокаталіз (створення ферментів за допомогою нових принципів виділення, іммобілізації та стабілізації ферментів).
3. Імунологія (одержання моноклональних антитіл).
4. Технологія ферментації (технологія переробки відходів і технологія виробництва харчових продуктів).
5. Біоелектрохімія (технології з очистки виробничих стічних вод).

Науково-технічні напрямки, інтегровані з біотехнологією:

1. *Фундаментальні біологічні дослідження*: генетика; біохімія; фізіологія, імунологія, біологія клітини, молекулярна біологія, мікробіологія, біофізика, альгологія, екологія.

2. *Галузеві дослідження:* медичні науки, сільськогосподарські науки; екологічні науки, суспільні науки, фармацевтичні науки.
3. *Технічні науки і технології:* харчові технології, хімічні технології, технічні науки, кібернетика.
4. *Агропромислові та енергетичні проблеми.*
5. *Охорона навколишнього середовища.*

1.3 . Історія становлення та етапи розвитку промислової мікробіології

Питання щодо формування біотехнології трактують неоднозначно: на думку одних вчених (Овчинніков, Басв, Скрябін), вважається правомірним віднести до сфери біотехнології давні процеси бродіння, включно отримання спирту, силосування; на думку інших (Аїба, Хемфі, Мілліс), умовно датою появи біотехнології можна вважати присудження в 1947 р. компанії «Марк Кемікал Компані» премії Мак-Гро – Хілла за досягнення в області біохімічної технології. Нарешті, існує думка, що початок розвитку біотехнології слід віднести до 70-х років XX ст. Вочевидь, правомірно віднести виникнення сучасної біотехнології, яка почала своє формування на базі існуючих галузей мікробіологічної промисловості, до початку 50-х років XX ст., а весь попередній етап вважати передісторією формування біотехнології.

Передісторію формування біотехнології можна розділити на ряд етапів:

1. Поява емпіричних технологій у VI-му тисячолітті до н.е.
2. Зародження природничих наук у XV – XVII ст.
3. Формування мікробіологічних виробництв і початок взаємодії науки і мікробіологічних виробництв наприкінці XIX – 10-х роках XX ст.
4. Створення науково-технічних передумов для виникнення сучасної біотехнології (10-і – кінець 40-х років XX ст.).

Першими мікробіологічними процесами, що були використані на практиці, були бродильні виробництва: бродіння використовували при отриманні вина, пива, квасу, хліба, кисломолочних продуктів. З III- IV тисячоліття відомі процеси пектинового бродіння, що лежать в основі вимочування прядильних рослин (льону, конопель). З давнини людство зустрічалося із негативними наслідками діяльності мікроорганізмів (псування продуктів харчування, інфекційні захворювання тварин і людини). Наслідком цього були емпіричні спроби розробки методів і заходів боротьби з цими явищами – методи консервування продуктів.

У другій половині XV ст. починається розвиток сучасного природознавства. На становлення і розвиток біології суттєвий вплив здійснили досягнення хімії, яка в цей період з описувальної перетворилась у аналітичну. Відбулися зміни уявлень щодо суті процесів бродіння; з'явився термін «ферментація», а процес бродіння почали пов'язувати з присутністю дріжджів і ферментів. У XVI – XVII ст. спочатку у Франції, а потім і в інших країнах для розпушування тіста почали застосовувати дріжджі спиртових виробництв. У Європі почали видобувати мідь у процесах бактеріального вилуговування.

У другій половині XVIII ст. була доведена здатність одних речовин розкладати інші. Це обумовило розвиток експериментального вивчення унікальної здатності ферментів до каталізу специфічних хімічних реакцій. Таким чином, розвиток описувальної мікробіології і вивчення хімічних перетворень стали підґрунтям для становлення мікробіології і біохімії.

У XIX ст. з розвитком хімічних наук були закладені основи органічної хімії. У цей період були відкриті більшість органічних кислот, гліцерин, холестерин, глюкоза, перші амінокислоти, синтез сечовини. Для зародження ензимології велике значення мало вивчення процесів гідролізу полісахаридів.

Значний внесок у вивчення процесів бродіння внесли французькі вчені А. Лавуазьє і Луї Пастер.

А. Лавуазьє (хімік) близько підійшов до розуміння ролі дріжджів у процесах спиртового бродіння (з цукру).

Великий вплив на формування наукових основ мікробіологічних виробництв мали праці **Луї Пастера** (1822 – 1895), який на прохання уряду Франції вивчав причини порушення технологічних процесів у ряді виробництв. Л. Пастер зробив ряд фундаментальних відкриттів, які заклали фундамент сучасної технічної мікробіології. Саме його вважають засновником промислової мікробіології. Він довів, що хвороби, псування продуктів, бродіння і гниття викликають мікроорганізми і створив теорію про екзогенність потрапляння цих організмів у середовище. Цим було доведена неспроможність теорії самозародження мікроорганізмів, яка панувала на той період. Праці Луї Пастера заклали наукові основи виноробства, пивоваріння, виробництва спирту й оцту, боротьби з інфекційними хворобами.

У 1857 р. Л. Пастер відкрив дріжджі, що викликають спиртове бродіння. Він довів, що утворення молочної кислоти із цукру може протікати тільки за наявності живих дріжджів і є результатом особливої форми їхньої життєдіяльності без доступу повітря. Пізніше він відкрив маслянокисле бродіння і довів, що збудниками маслянокислого бродіння є анаеробні бактерії (рухливі циліндричні прямі палички із закругленими кінцями). Саме Луї Пастер увів у біологію терміни «**аеробний**» і «**анаеробний**» для позначення життя за наявності кисню та без нього.

Досліджуючи бродіння, він довів, що різні його види – спиртове, молочнокисле, маслянокисле – є результатом діяльності певних груп мікроорганізмів, і описав окремих збудників цих процесів, тобто ним було встановлено специфічність мікроорганізмів.

Праці Луї Пастера дали поштовх для **розвитку мікробіологічних виробництв**, у основі яких лежать процеси бродіння. Луї Пастера на прохання французьких виноробів вивчав процеси скисання вина та пива. У 1866 р. він опублікував працю «Дослідження вина», де довів, що псування вина спричинене діяльністю оцтовокислих бактерій. Для боротьби із «хворобами» вина він запропонував прогрівати вино до 60–70⁰С після того як воно розлите у пляшки. Продукт не втрачав якості, а бактерії гинули. Цей метод дістав назву «**пастеризація**», і його широко застосовують для стерилізації харчових продуктів.

Значним досягненням цього періоду була розробка метода чистих культур, а також удосконалення середовищ для виділення і культивування мікроорганізмів. Чисті культури стали використовувати в мікробіологічних виробництвах.

Роберт Кох (1843 – 1910) – німецьких мікробіолог, розробив технології мікробіологічних виробництв. Він розробив методи посіву на щільні середовища та виділення культур мікроорганізмів у чисту культуру; увів у практику забарвлення мікробів аніліновими фарбниками, імерсійну систему мікроскопування і мікрофотографію.

Велике значення мали роботи з вивчення мікробного антагонізму й використання його в медицині. **І.І. Мечниковим** було створено вчення про антагонізм мікробів і науково обґрунтовано рекомендації для його практичного застосування.

У цей період активно вивчалися процеси азотфіксації. Німецькі вчені Гельригель і Вильфарт установили біологічну природу процесу фіксації азоту бобовими рослинами, а М. Бейерінк виділив чисту культуру бульбочкових бактерій і довів їх присутність у ризосфері рослин. Виробництво бактерійних препаратів бере початок з досліджень учених С. М. Виноградського, М. Бейерінка, В. Л. Омелянського, які вивчали мікроорганізми ґрунту і їхнє практичне застосування.

М. Бейерінк – голандець – вивчав ґрунтові мікроорганізми, відкрив аеробний азотфіксатор *Az. chroococcum*.

С. М. Виноградський (1856 – 1953) запропонував створювати специфічні (селективні) умови, які дають можливість переважно розвиватися певній групі мікроорганізмів. Він виділив з ґрунту бактерій хемолітотрофної групи (бактерії, які в якості єдиного джерела вуглецю використовують CO₂, а енергію дістають у результаті

окислення неорганічних сполук: відновлених сполук азоту, заліза, сірки, молекулярного водню). С.М. Виноградський відкрив здатність деяких бактерій засвоювати (фіксувати) атмосферний азот, виділив з ґрунту анаеробного азотфіксатора *Clostridium pasteurianum*.

В. Л. Омелянський (1867 – 1928) – учень і співробітник С.М. Виноградського. Вивчав процеси нітрифікації, розкладу целюлози. Написав перший підручник «Основи мікробіології» та практикум з мікробіології. В.Л. Омелянський разом із В.А. Ніколаєвим і Г.Л. Селібер розробили наукові основи бродіння тіста.

Роботами С.М. Виноградського, В.Л. Омелянського, Б.Л. Ісаченка були закладені основи геологічної мікробіології, почалося вивчення ролі мікроорганізмів у перетворенні сірки, заліза, кальцію тощо.

Б. Л. Ісаченко (1871 – 1948) – автор численних праць про роль мікроорганізмів у кругообігу речовин у водоймах, що мало значення для створення мікробоценозів очисних споруд.

Л. Й. Рубенчик (1896 – 1988) – український вчений, досліджував участь мікроорганізмів у кругообігу сірки, зокрема сульфатредуючих бактерій, як основних продуцентів сірководню у водоймах і ґрунті. Його праці заклали фундамент для розробки процесів біосорбції та осадження металів із розчинних концентратів.

У 70 – 80 рр. ХІХ ст. були закладені основи культивування рослинних клітин і тваринних тканин. Після робіт Шванна і Вірхова, які назвали клітину елементарним організмом, розпочалися експерименти зі збереження життєздатності клітин і тканин у специфічних умовах і середовищах.

У 1865 р. **Г. Мендель** зробив доповідь Товариству дослідників природи про закономірності передачі спадкових ознак. На початку ХХ ст. були введені терміни «мутації», «ген» виникла гіпотеза Сеттона-Бовері про те, що хромосоми є матеріальними носіями ознак спадковості. Російським вченим цитологом Навашиним було розкрито особливості структури хромосом і закладено основи хромосомної теорії спадковості.

Останній період ери передісторії сучасної біотехнології (10-і – 40-і роки ХХ ст.) умовно можна розділити на два етапи. На *першому етапі*, на його початку, відбувалось удосконалення технології існуючих виробництв, а потім на базі успіхів мікробіології, біохімії та інших наук, у результаті принципового вдосконалення апаратури, технологій виникла основа для організації новітніх виробництв. У цей період почали виготовляти екологічно чисті біодобрива, біологічні препарати для боротьби зі шкідниками сільського господарства, виникли виробництва деяких цільових продуктів (органічних розчинників, спиртів), почалися промислові випробування біотехнологічних процесів переробки і використання рослинних відходів.

Саме ХХ століття характеризується великими відкриттями в галузі мікробіологічних виробництв.

Впровадження безперервного способу культивування мікроорганізмів пов'язане з російським вченим, спеціалістом з виноробства і бродильних виробництв, **С. В. Лебедєвим**, який розробив його в 1915 р. для культивування дріжджів.

Автор теорії фізіологічної двофазності бродіння і дослідник динаміки процесів **В. М. Шапошніков** (1884 – 1968) описав фізіологію молочнокислих, оцтовокислих, маслянокислих ацетобутилових бактерій, що дало можливість суттєво поліпшити технології одержання продуктів їхньої життєдіяльності. На основі його робіт було налагоджено виробництво молочної і масляної кислот, ацетону і бутилового спирту. У 1923 р. було налагоджено виробництво лимонної, а далі глюконової та інших органічних кислот.

В. С. Буткевич (1872 – 1942) – розробив мікробіологічний спосіб отримання лимонної кислоти за допомогою грибів. Роботи про роль мікроорганізмів в утворенні залізо-марганцевих руд.

П. Лінднер (у Німеччині) під час Першої світової війни розробив схему виробництва гліцерину за допомогою гриба *Endomyces vernalis*.

Х. Вайсман (Англія) – розробив технологію отримання ацетону за допомогою бактерій.

Другий етап цього періоду пов'язаний із біотехнологічними методами отримання складних речовин – антибіотиків, ферментів, вітамінів.

Досягненням ХХ ст., яке мало першорядне значення для медицини, було відкриття антибіотиків.

А. Флемінг (1888 – 1955) – англійський мікробіолог – у 1929 р. відкрив пеніцилін і застосував його в якості антисептика при лікуванні гнійних ран. У 1940 р. **А. Флорі і Е. Чейн** (Оксфорд, Англія) одержали перші чисті препарати пеніциліну і довели їх терапевтичну активність, налагоджено виробництво (спільна Нобелівська премія, 1945 р.). У Радянському Союзі пеніцилін вперше відкрили академік **З. В. Єрмольєва** і **Т. І. Бalezіна** в 1942 р. з плісеневого гриба *Penicillium crustosum*. У 1940 – 1944 роках **З. Ваксман** виділив культуру стрептоміцетів – продуцентів стрептоміцину, який виявився дуже цінним для лікування туберкульозу. Російськими вченими Г.Ф. Гаузе, З. В. Єрмольєвою, М.О. Красильниковим були відкриті антибіотики граміцидин С, альбоміцин, бацитрацин, екмолін та ін. Пізніше були розроблені технології виробництва цих та інших антибіотиків у промислових масштабах.

Ера новітніх біотехнологічних процесів, яка виникла впродовж останніх 25–35 років, пов'язана з використанням іммобілізованих ферментів і клітинних органел, а також заснована на методах рекомбінантних ДНК. Розвиток генетичної і клітинної інженерії сприяє тому, що біотехнологія невідпинно впроваджується у нові галузі виробництва та різні сфери діяльності людини (виробництво антитіл, інтерферону, протипухлинних хіміопрепаратів).

Виникнення генетичної інженерії умовно відносять до 1972 р., коли в США Бергом була отримана перша рекомбінантна молекула ДНК. Розвиток генетичної інженерії створює можливість конструювання рекомбінантних ДНК і цілеспрямовано створювати штучні генетичні програми. Це дає змогу організувати отримання багатьох важливих препаратів, а також отримання суперштамів-деградаторів промислових токсикантів.

1.4. Розвиток промислової мікробіології в Україні в ХХ столітті

Розвиток промислової мікробіології в Україні у ХХ ст. пов'язаний із вченими Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного, що був створений 31 травня 1928 року.

Д. К. Заболотний (1866 – 1929) – академік, Президент Всеукраїнської академії наук України, засновник Інституту мікробіології і вірусології. У різні роки вченими цього інституту створено антибіотики із рослинної сировини, які знайшли застосування в медицині та рослинництві (В.Г. Дроботько, К.Г. Бельтюкова, Б.Ю. Айзенман та ін.).

В. В. Смірнов – вивчав механізми антибіотикоутворення у багатьох мікроорганізмів різних систематичних груп. За його участю було одержано антистафілококовий антибіотик батумін і розроблено препарат «Діастаф» для діагностики стафілококових інфекцій.

Є. І. Квасников – створення і впровадження біотехнологію безперервного розмноження дріжджів в умовах резервуарного способу виготовлення шампанських вин.

М. М. Підоплічко – проводив дослідження процесів біосинтезу біологічно активних речовин мікроміцетами. Знайдено новий вид грибів (*Penicillium vitale*), на основі якого вченими **В. Й. Білай** і **О. О. Нікольською** розроблено технологію одержання ферментів глюкозооксидази й каталази.

Т. С. Кириленко та ін. знайдено мікроміцети-продуценти альфа-галактооксидази, пероксидази, поліфенолоксидази. Вивчено гідролітичні ферменти, зокрема целюлази, протеолітичні, пектолітичні та ліполітичні ферменти.

К. Г. Бельтюковою проводились дослідження бактерійних хвороб рослин і їх збудників та були винайдені нові методи боротьби зі шкідниками.

Співробітниками інституту інтенсивно вивчались аеробні спороутворювальні бактерії для створення протипухлинних засобів і пробіотиків (Д. Г. Затула). Було створено препарати: біоспорин, бактерин, фітоспорин, гінеспорин, субалін (В.В. Смірнов). Також створено пробіотики й кисломолочні продукти на основі молочнокислих бактерій (Є.І. Квасніков, В. С. Підгорський, Н. К. Коваленко).

Досліджено азотфіксувальні бактерії з метою їх використання для підвищення врожайності бобових, овочевих і технічних культур (К. І. Андреюк, А. Ф. Антипчук) і створено ефективні гранульовані препарати цих мікроорганізмів (І. К. Курдиш).

Дослідження біології мікроорганізмів, що дезактивують високотоксичні катіони важких металів стічних вод (Є.І. Квасніков, В.С. Підгорський), ґрунтів (К.І. Андріюк, Г.О. Іутинська), очищують ґрунти і води від нафтозабруднень.

Г. М. Шавловський (1925 – 1996) – професор кафедри мікробіології Львівського університету зі співробітниками і учнями вивчав біосинтез рибофлавіну дріжджами р. *Pichia*.

1.5. Основні галузі застосування промислової мікробіології

Сучасна промислова мікробіологія знаходить застосування в різних галузях господарства, наукових дослідженнях, медицині, побуті, тощо, а також у вирішенні екологічних проблем і оптимізації довкілля.

1. **Медицина, охорона здоров'я, фармакологія** – використання в медичній практиці біологічно активних речовин і препаратів, таких як антибіотики, ферменти, амінокислоти, кровозамінники, алкалоїди, нуклеотиди, імунорегуляторні препарати, протиракові та противірусні препарати, нові вакцини, гормональні препарати (інсулін, гормон росту), моноклональні антитіла для діагностики, дослідження природи раку і процесів старіння людського організму, продукти для дієтичного харчування.
2. **Отримання хімічних речовин** – етилен, пропілен, бутилен, окислені вуглеводи, органічні кислоти, терпени, феноли, акрилати, полімери, ферменти, продукти тонкого органічного синтезу, полісахариди.
3. **Тваринництво** – удосконалення кормових раціонів (виробництво білка, амінокислот, вітамінів, кормових антибіотиків, ферментів, заквасок (для силосування); виробництво ветеринарних препаратів (антибіотики, вакцини тощо), гормонів росту; створення високопродуктивних порід, пересадка запліднених яйцеклітин та ембріонів, маніпуляції з ембріонами.
4. **Рослинництво** – біораціональні пестициди, бактеріальні добрива, гібереліни; виробництво безвірусного посадкового матеріалу; створення високопродуктивних сортів і гібридів стійких до посухи, заморозків, засоленості ґрунту.
5. **Рибне господарство** – кормовий білок, ферменти, антибіотики.
6. **Харчова промисловість** – білок, амінокислоти, замінювачі цукру (аспартат, глюкозо-фруктозний сироп), полісахариди, органічні кислоти, нуклеотиди, ліпіди, переробка харчових продуктів.
7. **Енергетика і видобуток корисних копалин** – виробництво спиртів, біогазу, жирних кислот, аліфатичних вуглеводнів, водню, урану, а також інтенсифікація видобування нафти, газу, вугілля, штучний фотосинтез, біометалургія, добування сірки.
8. **Важка промисловість** – покращення технічних характеристик каучуку, бетонних, цементних, гіпсових розчинів, отримання моторного палива,

антикорозійних присадок, змазки для прокатки чорних і кольорових металів, технічного білка і ліпідів.

9. **Легка промисловість** – покращення технології переробки шкіри, виробництво технічної сировини, шерсті, паперу, парфумерно-косметичних виробів, отримання біополімерів, штучної шкіри і шерсті тощо.
10. **Біoeлектроніка, космонавтика, екологія** – створення замкнених систем життєзабезпечення в космосі, біосенсорів; утилізація сільськогосподарських і побутових відходів; виробництво нешкідливих пестицидів, полімерів, які легко руйнуються; біодеградація токсичних речовин (пестицидів, героїцидів, нафти), що важко розкладаються; створення замкнених технологічних циклів.
11. **Наукові дослідження** – генно-інженерні і молекулярно-біологічні дослідження (ферменти рестрикції ДНК, ДНК і РНК-полімерази, ДНК і РНК-лігази, нуклеїнові кислоти, нуклеотиди тощо), медичні дослідження (засоби діагностики, реактиви), хімія (сенсори, реактиви).

1.6. Основні завдання і перспективи біотехнології

За прогнозами фахівців до 2025 р. населення нашої планети становитиме біля 9 млрд. осіб. Ріст населення призведе до значного зростання потреб у продуктах харчування і енергетичних ресурсів, підвищення попиту і вимог до медичного обслуговування. Це потребує зростання промислового і аграрного виробництва. Так, для забезпечення потреб людства в продуктах харчування, воді, та енергії до 2025 р. на рівні сучасних європейських стандартів необхідно збільшити масштаби виробництва в 10 разів порівняно з теперішнім рівнем.

Однак, зростання виробництва за існуючих технологій неминує призведе до біосферної катастрофи. Екологічна криза матиме планетарні наслідки, які призведуть до радикальних змін у прояві життя на планеті. Про це уперше було вказано на конференції в Стокгольмі в 1972 р. за участі 106 країн.

Рішення цієї проблеми може бути досягнуто тільки за умов впровадження новітніх технологій, які дозволять мати високий виробничий потенціал і не чинити загрози довкіллю. На думку багатьох фахівців найбільш перспективними є технології, що базуються на властивостях біологічних систем. Це обумовлено тим, що біологічні системи здатні функціонувати з високою ефективністю при низьких тиску і температурах, піддаються контролю, їх активність можна регулювати. Вони компактні, не забруднюють довкілля, бо можуть бути безвідходними.

Новітні технології, засновані на використанні різноманітних, високо специфічних властивостей біологічних систем, дозволять комплексно вирішити глобальні завдання, що стають перед людством:

1. *Забезпечення харчовими ресурсами* – шляхом використання високоефективних технологій отримання біомаси визначеного складу.

2. *Охорона здоров'я* – шляхом розробки нових високоефективних діагностичних тестів, нових лікарських препаратів біологічного походження, способів лікування і профілактики.

3. *Забезпечення енергетичними ресурсами* – шляхом отримання енергії з джерел, що швидко відновлюються.

4. *Відновлення і збереження стану довкілля* – шляхом біологічної утилізації відходів традиційних технологій і розробки безвідходних технологій.

Крім того, біологічні технології знаходять застосування при вирішенні інших завдань, зокрема, у промисловості при вилученні з бідних руд рідкісних хімічних елементів, таких як золото, платина, срібло тощо.

Нова концепція природокористування повинна базуватися на використанні новітніх сучасних технологій, які дозволять зменшити антропогенний тиск на біоценози і

розробити коеволюційну систему виживання, тобто сумісної односпрямованої еволюції людини і довкілля.

Питання для самоконтролю:

1. Сформулюйте основні завдання та перспективи промислової мікробіології.
2. Розкрийте зв'язок промислової мікробіології з іншими науками.
3. Охарактеризуйте основні етапи становлення біотехнології.
4. Наведіть класифікацію біотехнологічних процесів.
5. Назвіть основні галузі застосування промислової мікробіології.
6. Який внесок наукової діяльності Л. Пастера в галузі промислової мікробіології?
7. Охарактеризуйте основні наукові досягнення С.М. Виноградського, В.Л. Омелянського, Б.Л. Ісаченка.
8. Який внесок вітчизняних вчених у розвиток промислової мікробіології?