

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Хіміко-біологічний факультет
Кафедра загальної біології та методики навчання природничих дисциплін

Кваліфікаційна робота

ФАКУЛЬТАТИВНИЙ КУРС «ОСНОВИ БІОТЕХНОЛОГІЙ» У
ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ ЯК ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ УЧНІВ ДО
ВИБОРУ СУЧАСНИХ ПРОФЕСІЙ

Спеціальність 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)
Освітня програма «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини,
хімія)»

Здобувачки другого (магістерського) рівня
вищої освіти

Собчак Дарії Ігорівни

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

доктор біологічних наук, професор

Дробик Надія Михайлівна

РЕЦЕНЗЕНТ:

методист відділу методики навчальних
предметів природничо-математичного циклу,
технологій та фізичної культури
Тернопільського обласного комунального
інституту післядипломної педагогічної освіти
Турчин Ольга Василівна

Тернопіль 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ФАКУЛЬТАТИВНИХ ЗАНЯТЬ У ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ	7
1.1. Теоретичні основи факультативного навчання учнів з біології	7
1.1.1. Форми і методи роботи на факультативних заняттях з біології	12
1.1.2. Методи закріплення і перевірки знань на факультативних заняттях	18
1.2. Факультативні курси з біології в системі предметного навчання ..	20
1.3. Відбір змісту для факультативного курсу «Основи біотехнології» ..	25
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСУ «ОСНОВИ БІОТЕХНОЛОГІЇ»	33
2.1. Загальні питання методики викладання факультативного курсу «Основи біотехнології»	33
2.2. Методика проведення експериментального дослідження та аналіз його результатів	45
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

Глобальні зміни в суспільстві відбуваються швидко, системно й мають незворотний характер. Їхнім підґрунтям є стрімкий розвиток науки й техніки, інтенсивна інформатизація та комп'ютеризація, а також зростання рівня демократизації суспільного життя. Відповідно до положень Концепції Нової української школи, запровадження факультативних курсів у межах шкільної біологічної освіти дає змогу забезпечити індивідуальний темп навчально–пізнавальної діяльності учнів, стимулювати їхню самостійну роботу, розширювати спектр навчальної активності й підтримувати сталий зворотний зв'язок, що позитивно впливатиме на сприйняття та засвоєння матеріалу [25, 26, 35]. Крім того, факультативи здатні частково вирішити низку актуальних проблем, зокрема дефіцит навчального часу, обмеженість і нерідко недостатню якість доступних дидактичних ресурсів та наочних матеріалів, а також низьку мотивацію старшокласників до вивчення біології. Значущість цієї проблематики посилюється й недостатньою готовністю педагогів, що актуалізує необхідність наукового обґрунтування педагогічних умов, змістового наповнення, форм і методів застосування біологічних факультативів для учнів 10–11 класів [3, 10, 13, 29, 42, 50, 51].

Стрімкий розвиток біотехнологій у XXI столітті суттєво змінює структуру сучасного ринку праці та висуває нові вимоги до професійної підготовки молодого покоління.

Біотехнологічні напрями — від медичної та фармацевтичної біотехнології до аграрної, харчової та екологічної — належать до пріоритетних галузей світової економіки, формуючи попит на фахівців із високим рівнем наукової грамотності, здатністю до дослідницької діяльності та критичного мислення. Згідно із сучасними педагогічними дослідженнями, саме шкільна освіта має створювати підґрунтя для свідомого професійного самовизначення учнівства, особливо в контексті STEM-орієнтованих професій, до яких належить і біотехнологічна сфера [47, 53].

Профільна школа, відповідно до концепції Нової української школи, орієнтована на формування компетентностей, необхідних для успішної реалізації особистості в умовах технологізованого суспільства. Однак аналіз освітньої практики свідчить, що зміст природничої освіти часто не забезпечує достатньої інтеграції сучасних біотехнологічних знань, а учні не отримують уявлення про реальний спектр професій, що ґрунтуються на біологічних технологіях. Це ускладнює їхню готовність до усвідомленого вибору подальшого освітнього та професійного шляху [35].

Упровадження факультативних курсів біотехнологічного спрямування розглядається вітчизняними та зарубіжними науковцями як ефективний спосіб розширення змісту природничої освіти, розвитку дослідницьких умінь і формування мотивації до вивчення природничих наук. Факультатив «Основи біотехнології» у старшій школі має значний потенціал для ознайомлення учнівства з сучасними методами й напрямками біотехнологічних досліджень, сприяє усвідомленню соціальної значущості біотехнологій та формує ключові soft skills і hard skills, необхідні майбутнім фахівцям у STEM-сфері [3, 13, 29, 42, 43, 51, 52].

Окрім цього, наукові джерела підкреслюють необхідність формування в учнів уміння працювати з інформацією, аналізувати біологічні процеси та оцінювати ризики застосування технологій, що є важливими компетентностями відповідального громадянина у біоорієнтованому суспільстві. Саме такі можливості забезпечує сучасний факультативний курс, побудований на практикоорієнтованому та компетентнісному підходах [7, 12, 13, 15, 17, 18].

Узгодження змісту факультативного курсу з актуальними запитами ринку праці, інноваційними тенденціями у світі науки та потребами профільної школи зумовлює необхідність науково обґрунтувати методичні засади його розроблення та впровадження. Це робить дослідження факультативного курсу «Основи біотехнології» надзвичайно перспективним для сучасної педагогічної науки й освітньої практики.

Окрім цього, встановлено, що не усі педагоги повністю усвідомлюють специфіку факультативного навчання, його призначення та особливі риси. Унаслідок цього факультативні заняття нерідко мало відрізняються від обов'язкових уроків — як за структурою, так і за методами чи формами роботи. Часто години, передбачені для факультативів, використовуються як додаткові заняття з окремими учнями або для їхньої підготовки до олімпіад, контрольних чи екзаменів [32]. Саме тому виникає потреба в оновленні та розширенні типології факультативних курсів, перегляді їхнього змісту та посиленні їх загально розвивальної функції. Факультативи й досі зберігають свій педагогічний потенціал та актуальність.

Отже, актуальність проблеми в педагогічній науці та шкільній практиці обумовили вибір теми магістерської роботи: **«Факультативний курс «Основи біотехнології» у профільній школі як засіб підготовки учнів до вибору сучасних професій».**

Метою магістерської роботи є розробка факультативного курсу «Основи біотехнології» як однієї з форм організації освітнього процесу з біології, **об'єктом** дослідження — освітній процес в 10-му класі середньої загальноосвітньої школи, а **предметом** — методика організації та проведення факультативного курсу «Основи біотехнології».

Для реалізації поставленої мети виділили такі **завдання дослідження**:

- 1) проаналізувати стан проблеми факультативного навчання в теорії та практиці середньої загальноосвітньої школи;
- 2) розробити програму факультативного курсу «Основи біотехнології»;
- 3) обґрунтувати обсяг, зміст і структуру курсу, його місце в навчальному процесі;
- 4) обґрунтувати вибір форм та методів навчання в процесі вивчення курсу;
- 5) експериментально перевірити ефективність курсу.

Для розв'язання поставлених завдань дослідження використовувалися такі **методи**: теоретичний аналіз психолого–педагогічної і методичної літератури;

порівняльно-співставний метод для аналізу програм факультативних курсів та підручників з біології загальноосвітньої школи; метод моделювання для розробки факультативного курсу; педагогічний експеримент.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці факультативного курсу «Основи біотехнології» для учнів 10-ого класу середніх загальноосвітніх навчальних закладів, методики його організації та проведення.

Апробація та впровадження роботи:

Собчак Д. І., Дробик Н. М. Факультативні курси з біології у профільній школі: підходи до закріплення та оцінювання навчальних результатів учнів. *Період трансформаційних процесів в світовій науці: задачі та виклики* : зб. наук. пр. з матеріалами VI Міжнар. наук. конф., м. Полтава, 28 листоп. 2025 р. Вінниця, 2025. С. 648–650.

Sobchak D., Drobyk N. Organization of Elective Biology Education: Problems and Theoretical Practical Approaches. *Scientific method: reality and future trends of researching* : Collection of Scientific Papers «SCIENTIA» with Proceedings of the VII International Scientific and Theoretical Conference, Montreal, 5 December 2025. Montreal, 2025. P. 519–521.

Обсяг і структура магістерської роботи

Магістерська робота викладена на 57 сторінках друкованого тексту та складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел із 57 джерел, містить 2 таблиці та 3 рисунки.

РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ФАКУЛЬТАТИВНИХ ЗАНЯТЬ У ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ

1.1. Теоретичні основи факультативного навчання учнів з біології

Однією з ключових передумов упровадження концепції «Нова українська школа» є створення дієвої системи факультативного навчання. Така система має охоплювати концептуальні засади, роботу з підготовки учнів і їхніх батьків, чітко визначені цілі та зміст, налагоджені механізми взаємодії учасників освітнього процесу, а також форми, методи й технології проведення занять. Не менш важливими складниками є нормативне, фінансове, кадрове, навчально-методичне й матеріально-технічне забезпечення. Факультативні курси в школі відображають сучасні тенденції розвитку науки, техніки та культури, а також враховують специфіку кожного навчального закладу. Завдяки цьому вони дають можливість доповнювати зміст освіти та професійної підготовки старшокласників без потреби змінювати навчальні плани, програми чи підручники основного курсу [35].

Науковиця А. Балацинова підкреслює, що факультативні заняття є ефективною формою диференційованого навчання, яка сприяє розвитку пізнавальних інтересів, здібностей і професійного самовизначення учнів [3]. У «Збірнику навчальних програм курсів за вибором та факультативів з біології для допрофільної підготовки та профільного навчання» О. Комарова зазначає, що факультативні курси не входять до обов'язкової навчальної сітки, обираються учнями добровільно та забезпечують поглиблене вивчення окремих навчальних предметів або опанування знань у суміжних галузях. Школа, відповідно, надає учневі право самостійно визначати факультатив, який найбільше відповідає його інтересам [34].

На думку В. Іщенко, факультативи — це навчальні курси, зміст яких не прив'язаний безпосередньо до обов'язкової навчальної програми та спрямований на розширення ерудиції учня, освоєння нових сфер знань і видів діяльності [31].

Дослідниця С. Кучук визначає факультативні заняття як такі, що організовуються з метою поглиблення й розширення знань з окремих тем або курсів відповідно до інтересів та запитів учнів [38, 39].

Т. Логвіна-Бик зазначає, що факультативні заняття мають організаційні відмінності порівняно з уроками та позакласною діяльністю, хоча між ними існують і спільні риси. Зокрема, факультативи проводяться за затвердженими програмами, а під час їх реалізації використовуються методи, характерні й для звичайних уроків. Водночас вони подібні до позакласних форм роботи тим, що ґрунтуються на добровільній участі учнів і спільності їхніх інтересів. Авторка наголошує, що факультативи не замінюють ні класну, ні позакласну діяльність із предмета, а виконують функцію доповнення й розширення набутих школярами знань і вмінь [42].

У контексті старшої школи, за О. Речицьким, факультативні курси для учнів 10–11 класів сприяють розвитку їхніх дослідницьких інтересів та, у перспективі, допомагають визначитися з майбутньою професійною траєкторією [51, 52]. Подібне трактування подане й у «Збірнику навчальних програм курсів за вибором та факультативів з біології для допрофільної підготовки та профільного навчання» (О. Комарова), де факультативи в основній і старшій школі визначаються як обов’язкові навчальні курси, що підтримують учня у виборі майбутнього профілю шляхом поглибленого вивчення певного предмета або сфери практичної діяльності [34]. Програми таких курсів можуть розроблятися як Міністерством освіти і науки України, так і окремими закладами освіти, за умови їхнього погодження предметними комісіями Науково-методичної ради з питань освіти МОН України [48].

Факультативні заняття в старшій школі організовуються на основі вільного вибору учнів і спрямовані на поглиблення їхніх знань з окремого навчального предмета, його розділу чи теми, паралельно з опануванням обов’язкових навчальних предметів. Учні обирають такі курси свідомо, оскільки вони дають можливість детальніше опанувати цікавий предмет, розширити власні знання та вдосконалити необхідні вміння.

У працях методистів підкреслюється, що вивчення біологічних факультативів позитивно впливає на опанування загальних теоретичних положень біології, які мають важливе світоглядне значення [24, 31, 34, 38, 39, 49, 51, 52]. Експериментальні дослідження підтвердили, що факультативні курси сприяють розвитку здібностей учнів і допомагають зорієнтувати їх на певний напрям майбутньої діяльності. Встановлено, що біологічні факультативи позитивно впливають на формування наукового світогляду, розвиток мислення, пізнавальних інтересів, а також на успішність з окремих загальноосвітніх предметів.

Дослідники також визначили низку характерних рис факультативного навчання як форми навчальної диференціації, зокрема:

- факультативні заняття не є обов'язковими;
- учні зараховуються до груп на добровільній основі, без вступних випробувань;
- до факультативної групи можуть входити школярі з різних паралельних класів;
- кожен факультатив має завершений, цілісний змістовий модуль;
- перелік факультативів формується з урахуванням інтересів учнів та можливостей закладу освіти.

У педагогічній теорії розрізняють зовнішню та внутрішню диференціацію навчання. Зовнішня диференціація передбачає існування паралельних навчальних процесів, що відповідає структурі змісту загальної освіти, де виділяють два основні компоненти: ядро — загальнообов'язковий мінімум, та периферію — додаткові заняття, які доповнюють і розширюють базові знання. Кожен із цих процесів має власні особливості й контингент учнів, проте обидва містять як спільні, так і відмінні цілі. Саме тому факультативи відносять до форм зовнішньої диференціації.

Факультативні заняття не тотожні спецкурсам, оскільки вони не є обов'язковими для всіх, не передбачають поточного оцінювання, можуть

проводитися протягом різних часових проміжків, а їхній зміст гнучко змінюється залежно від інтересів учнів та сучасних наукових даних [3, 6, 13, 27, 28, 43].

Аналізуючи загальні педагогічні цілі, що реалізуються факультативними курсами, науковці передусім виокремлюють розвиток індивідуальних здібностей і потенціалу кожного учня. Для цього факультативи мають:

1. сприяти самостійному засвоєнню знань;
2. формувати стійкий пізнавальний інтерес;
3. розвивати творчі можливості школярів.

Досягнення цих цілей забезпечується завдяки використанню змісту відповідної науки чи сфери діяльності, а також залученню елементів внутрішньої диференціації навчання, які розширюють можливості індивідуального розвитку учнів.

Диференціація навчання зазвичай здійснюється у двох основних напрямках:

а) **за змістом**, коли однакові особистісні якості можуть розвиватися на основі різного навчального матеріалу;

б) **за рівнем вимог**, коли кожен учень, виконуючи індивідуальні чи групові навчальні завдання, має можливість досягти максимально можливих для себе результатів.

У психолого–педагогічних дослідженнях підкреслюється, що факультативні заняття є більш високим рівнем диференціації порівняно з гуртками, адже учень обирає поглиблене вивчення саме того предмета, який викликає в нього інтерес [24, 29, 31, 34, 38, 39, 49, 51, 52].

Теоретичний аналіз питання дає змогу виокремити такі переваги диференціації навчання через факультативні курси:

- факультативи – гнучка форма навчання, що дозволяє оперативно враховувати в освітньому змісті новітні досягнення науки, техніки й культури;
- вони посилюють, поглиблюють та стабілізують інтерес учнів до певної галузі діяльності;

- під час факультативних занять створюються сприятливі умови для реалізації індивідуального підходу та відстеження динаміки розвитку інтересів – від їх зародження до сформованості;
- факультативи стимулюють засвоєння спеціалізованих знань, задовольняють навчальні, пізнавальні та професійні потреби учнів, розширюють їхній кругозір;
- динамічність факультативів забезпечується добровільністю вибору та можливістю змінювати курс за бажанням;
- диференціація на основі факультативів відкриває можливості для варіювання змісту, методів і форм організації навчання, використання різних педагогічних засобів впливу та адаптації матеріалу до індивідуальних особливостей школярів;
- такі курси сприяють формуванню професійно важливих якостей, умінню застосовувати знання на практиці та усвідомленому вибору майбутньої професії;
- вони легко адаптуються до регіональних, культурних особливостей та ресурсних можливостей закладу освіти.

Отже, факультативні курси можна вважати однією з найбільш гнучких і динамічних форм диференціації навчання (рис. 1).

Важливим напрямом удосконалення системи факультативів є, на нашу думку, встановлення тісного взаємозв'язку між факультативними та основними навчальними курсами. Це дозволить уникнути дублювання змісту, зробити навчання більш цілісним і привести рівень шкільної біологічної освіти у відповідність до сучасного стану науки. При цьому факультативні курси можуть мати «мозаїчну» структуру, тобто складатися з кількох завершених змістових модулів і не претендувати на повне паралельне викладання основного курсу. Такий підхід є доцільним, адже дозволяє гнучко реагувати на інтереси учнів, залучати нові групи школярів та узгоджується зі структурою навчального предмету «Біологія і екологія» (10–11 класи), який також побудований за мозаїчним принципом [1, 2, 4–6, 19, 40].



Рис. 1. Групи факультативів біологічного циклу (2019 р.) [29]

Окрім того, факультативне навчання підпорядковується загальним завданням шкільної освіти, тому його мета та функції в цілому збігаються з основними функціями обов'язкового навчання.

1.1.1. Форми і методи роботи на факультативних заняттях з біології

Під час добору форм організації навчального процесу та методів роботи на факультативних заняттях важливо враховувати зміст обраного курсу, рівень підготовленості школярів, а також їхні пізнавальні інтереси щодо певних розділів предмета. Методи навчання мають бути спрямовані на активізацію інтелектуальної діяльності учнів, формування їхньої самостійності та розвиток творчих здібностей.

У межах факультативів можуть застосовуватися різні методи: лекційні заняття, бесіди, дискусії, індивідуальні та групові самостійні роботи, як практичного спрямування, так і пов'язані з опрацюванням додаткових джерел [8].

Однією з ефективних форм організації навчання на факультативах є лекція, оскільки програмний матеріал часто включає широкі закономірності природних явищ та узагальнювальні положення. Лекційний виклад має бути побудований так, щоб пробуджувати інтерес до теми та стимулювати творче мислення учнів. Недоцільно зводити лекцію до простого викладу готових наукових фактів без окреслення перспектив розвитку науки, адже такий матеріал не мотивує учнів до самостійного пошуку й творчої діяльності.

Важливою умовою успішної роботи учнів на лекції є активізація їхньої пізнавальної діяльності. Завдання слід формулювати доступно й водночас проблемно, щоб вони викликали інтерес і вимагали розумових зусиль. Це стосується і бесіди: вона має спиратися на вже відомий матеріал, але водночас містити нову інформацію [14].

Організація самостійної роботи учнів може реалізовуватися у різних формах — індивідуальній, груповій або фронтальній. Після колективного розгляду теоретичних питань учитель розподіляє учнів на робочі групи. Кількість груп і характер завдань визначаються наявним обладнанням, тематикою, рівнем підготовленості та інтересами школярів. У рамках факультативу важливо залучити до роботи всіх учнів, забезпечивши виконання практичної та експериментальної частини кожним учасником групи.

Самостійна робота на факультативних заняттях має займати значно більшу частку, ніж у межах обов'язкових уроків, і водночас повинна відрізнятися за характером. Вона має бути зорієнтована на розв'язання проблемних, науково спрямованих завдань, що узгоджується з головною метою факультативів — розвитком інтересів і пізнавальних здібностей учнів [21, 22, 24, 30].

Опанування основ науки передбачає не лише засвоєння змісту, а й оволодіння методами наукового пізнання, у чому провідну роль відіграють практичні роботи. Їх можна проводити до вивчення теоретичного матеріалу, паралельно з ним або після його опрацювання.

Серед методів самостійної практичної діяльності важливе місце займають спостереження та експеримент. Вони виконують дві функції: з одного боку, є

складовими змісту навчання як методи наукового дослідження; з іншого — після їх опанування учні можуть використовувати ці методи для здобуття нових знань. Засвоюючи логіку експериментального доведення й перевірки, школярі розвивають свої інтелектуальні здібності [31].

Науковий експеримент традиційно включає кілька етапів: формулювання гіпотези та визначення способів її перевірки; розроблення досліду; проведення практичного експерименту; опрацювання отриманих даних; формулювання висновків щодо правильності або хибності початкового припущення.

У навчальному процесі не завжди є можливість послідовно відтворити всі ці етапи. У таких випадках можна використовувати спеціальні навчальні завдання, що компенсують пропущені ланки. Іноді педагог може запропонувати учням уже готові результати експерименту і поставити завдання — самостійно віднайти спосіб доведення висунутих тверджень, роблячи акцент на етапі конструювання досліду. Або ж учні можуть самостійно сформулювати попередні припущення на основі спостережень чи теоретичних відомостей, тоді як практичну частину експерименту вчитель продемонструє [56].

У всіх перелічених ситуаціях дослідницький підхід реалізується через систему навчальних завдань різної складності та спрямованості, що забезпечує розвиток наукового мислення учнів.

У рамках факультативного курсу можна включати завдання, що передбачають відтворення учнями всіх етапів експерименту. Водночас слід розуміти, що розв'язання експериментального завдання не є повноцінним науковим дослідженням, а має служити навчально-виховним цілям. Кожен із етапів наукового експерименту може стати предметом самостійної діяльності учнів і реалізовуватися у формі відповідного навчального завдання.

Завдання на формування гіпотези доцільно пропонувати, коли школярі володіють необхідними знаннями та мають матеріали для спостережень, з яких можна зробити передбачення. Такі завдання максимально наближені до наукового експерименту, адже включають висунення гіпотези, обговорення способів її перевірки, конструювання досліду та практичну експериментальну

перевірку. Технічна частина експерименту може виконуватися або демонстраційно вчителем, або лабораторно учнями. У завданнях на доказ кінцевий результат експерименту подається учням, і їм необхідно самостійно спроектувати дослід та довести правильність висновку. Основна мета таких завдань — ознайомити учнів із принципами конструювання дослідів та розвитку логіки експериментального доказу.

При розв'язанні експериментальних завдань учні іноді стикаються з труднощами у відтворенні умов і послідовності експерименту, що пов'язано з недостатньою уявою про порядок необхідних дій. Це ускладнює не лише практичне виконання, а й осмислення умов завдання. Тому навчання використанню експериментальних доказів не обмежується лише проведенням дослідів під час вивчення нового матеріалу. Учні можуть повторювати експерименти, проведені раніше, відтворювати логіку отриманих результатів та за потреби коригувати власні дії, модифікуючи експериментальні підходи. Вибір типу експериментального завдання має визначатися змістом матеріалу та педагогічними цілями викладача.

Окрім практичних завдань, на факультативних заняттях велика увага приділяється самостійній роботі з додатковою літературою — науково-популярною та науковою. Це сприяє розвитку навичок раціональної роботи з книгою, формує вміння самостійно добирати матеріал і виховує культуру розумової праці. Доцільно використовувати конспектування, складання рефератів, тез або доповідей.

Як зауважує С. Коваленко, інформація, отримана шляхом прослуховування або завчена з підручника, не перетворюється на глибокі знання; найбільш цінним у навчанні старшокласників є знання, здобуте власними зусиллями. Слід враховувати, що самостійна робота спочатку змушує учня шукати відповіді на поставлені питання та завдання, а згодом формує вміння користуватися додатковою літературою, виділяти головне, пояснювати явища та осмислювати отриману інформацію, висувати власні гіпотези і, в кінцевому підсумку, здобувати якісні знання [15, 33].

Т. Коршевніюк підкреслює, що самостійна робота є важливою складовою уроків біології, адже сприяє більш глибокому засвоєнню матеріалу. Характер і тривалість такої роботи повинні відповідати класу та віковим особливостям учнів. Наприклад, для 6–7 класів доцільними будуть завдання на вимірювання, зважування, замальовування природних об'єктів (підземних пагонів, квіток, листя, суцвіть), тоді як детальне вивчення рослин і тварин менш доречне [36]. Для учнів 8–11 класів ефективними є завдання теоретичного характеру, що потребують власного судження, виявлення причинно–наслідкових зв'язків і формулювання висновків на основі отриманих фактів.

Важливим фактором є посилення складності завдань, що враховує наявні у учня знання та уміння, та передбачає подолання труднощів через застосування знань для пояснення нових явищ, самостійне спостереження, добір додаткових фактів і вибір методів розв'язання завдань [38].

Застосування самостійної роботи на уроках повинно мати чітко визначену мету та завдання, а учень повинен розуміти шляхи досягнення результату. Учитель має надати план дій, який передбачає поступовий перехід від простого до складного, поєднання різних видів самостійної роботи та управління процесом навчання, враховуючи при цьому ініціативу учня та можливість творчого вирішення завдань.

Курс біології для 10–11 класів передбачає різні види самостійної роботи, серед яких особливе місце займають біологічні експерименти, досліди та лабораторні роботи. Т. Коршевніюк зазначає, що цей вид діяльності слід впроваджувати з початкових курсів і поступово підвищувати інформаційне навантаження, формуючи у школярів уміння визначати мету дослідження, аналізувати результати та робити теоретичні й практичні висновки [36].

Учень засвоює логічну послідовність проведення експерименту, що дозволяє спочатку сильнішим учням обґрунтовувати суть дослідів, а за умови систематичного використання цього алгоритму подібні завдання стають зрозумілими для всього класу. Початковий етап роботи проводиться під керівництвом учителя, оскільки учні можуть ще не мати достатнього рівня знань

і практичних навичок для самостійного проведення дослідів. Діяльність учнів носить пізнавальний характер і реалізується через репродуктивно–пошукову активність, спрямовану на виявлення сутності досвіду та формування висновків через відповіді на поставлені запитання.

З розвитком навичок і рівня оволодіння технікою виконання досліду підвищується рівень пошукової діяльності, а разом із цим і ступінь самостійності учнів. О. Речицький вважає доцільним проводити досліді поза уроками, зокрема на факультативних заняттях, що сприяє формуванню самостійного дослідницького досвіду [51, 52].

Біологічний експеримент пов'язаний із практичними та лабораторними роботами. Під час виконання лабораторної роботи для вивчення нового матеріалу пізнавальна активність учнів стимулюється завданнями з робочого зошита, які включають: хід роботи, послідовність дій, формулювання висновків, відповіді на питання, заповнення таблиць і схем тощо. Учні можуть давати короткі відповіді в зошиті, закріплюючи вивчений матеріал.

І. Трускавецька наголошує, що для формування самостійності старших школярів роботу із завданнями зошита слід організовувати поступово, прищеплюючи елементарні навички самостійної діяльності. На початкових темах навчального предмета «Біологія і екологія» учні зачитують завдання вголос, а вчитель перевіряє розуміння вимог. Ступінь самостійності поступово зростає, а перевірка результатів здійснюється через бесіду, під час якої учні озвучують відповіді та описують процес виконання роботи [57].

При постановці пізнавальних завдань вчитель може надавати картки–інструкції або роздатковий матеріал, що дозволяє виконати роботу різними способами – повністю або по частинах. Такий диференційований підхід дає змогу слабшим учням виконувати обов'язкові завдання, а сильніші можуть працювати над більш складними завданнями, поглиблюючи знання з теми [53].

Важливою формою навчання на факультативі є екскурсії на підприємства, до науково–дослідних закладів, музеїв тощо. Вони розширюють кругозір учнів, закріплюють і конкретизують знання, показують їх практичне застосування.

Перед екскурсією вчитель повинен ознайомитися з об'єктом, скласти план, визначити об'єкти для огляду та обсяг пояснень.

Зазвичай екскурсії проводять наукові співробітники або фахівці підприємств, які можуть не враховувати рівень підготовки школярів і вимоги факультативного курсу. Тому вчитель повинен попередньо надати необхідну інформацію, повідомити учням тему, час, маршрут і план екскурсії, дати завдання та поради додаткову літературу. При складанні завдань важливо враховувати різний рівень пізнавальної активності та самостійності учнів. Матеріали екскурсії слід використовувати для узагальнюючого заняття з відповідної теми.

1.1.2. Методи закріплення і перевірки знань на факультативних заняттях

Для закріплення та перевірки теоретичних і практичних знань учнів можуть застосовуватися як фронтальні, так і індивідуальні методи контролю. Одним із найбільш поширених методів на факультативних заняттях є підсумкова узагальнююча бесіда, що проводиться у форматі семінарського заняття. Для ефективного проведення семінару важливо на початку опрацювання теми визначити ключові питання, на які слід звернути увагу учнів, повідомити про методи вивчення кожного розділу, розподілити теми доповідей і завдання для обговорення на семінарі.

Крім стандартних методів опитування, які застосовуються на основних предметах, на факультативних заняттях можна використовувати заліки для фронтальної перевірки знань усіх учнів групи. Такі заняття проводяться після вивчення певної теми і включають як теоретичні, так і практичні завдання. Фронтальна перевірка може передбачати індивідуальні бесіди з кожним учнем, виконання контрольного завдання робочою групою з подальшим обговоренням або оцінку колективної роботи за заліковим листом. У заліковому листі містяться експериментальні та теоретичні завдання, учні самостійно підбирають

обладнання, проводять експерименти, узагальнюють результати і надають їх на перевірку вчителю. Під час оцінювання проводиться бесіда за теоретичними питаннями завдання, а за успішне виконання та правильні відповіді виставляється залік.

Оскільки групи учнів працюють із різною швидкістю, щоб уникнути простою тих, хто закінчив завдання раніше, до залікового листа додають додаткові завдання. Вони можуть містити матеріал, відсутній у навчальному посібнику, але відомий учням із лекцій або рекомендованих джерел. Такий підхід дозволяє охопити всіх учнів групи, отримати додаткову інформацію та перевірити завдання на практичну придатність. Після перевірки результатів усіх груп доцільно обговорити помилки та повторно зупинитися на складних моментах.

Серед індивідуальних форм перевірки знань найбільш поширені реферати та курсові роботи, які можуть виконуватися окремими учнями або групою. Обговорення курсових робіт корисно проводити не лише після завершення проекту, а й на проміжних етапах для виявлення проблем і корекції роботи. Під час бесіди перевіряються не лише теоретичні знання, а й конструктивні здібності учнів. Замість курсових робіт можуть використовуватися спеціальні завдання для оцінки знань групи.

Варто зазначити, що ці методи не замінюють традиційні форми перевірки, які застосовуються під час основного курсу, а лише доповнюють їх. Система оцінювання на факультативних заняттях має бути гнучкою і не створювати зайвого стресу для учнів. Оцінюватися можуть найкращі результати учнів за окремий розділ або тему, виконання індивідуальних завдань (доповідей, рефератів), практичних робіт із елементами дослідження та самостійних домашніх завдань.

Щодо домашніх завдань, вони повинні залишатися обов'язковими, оскільки факультативні заняття мають заохочувати творче ставлення учнів до навчання. Завдання вчителя полягає у максимально індивідуалізованому підході

до кожного учня, включаючи домашні завдання, щоб підтримувати їхню активність і зацікавленість [24, 45, 46, 49].

1.2. Факультативні курси з біології в системі предметного навчання

Як уже було згадано, факультативні курси є однією з форм розширеної та поглибленої освіти в загальноосвітній школі, що дозволяють формувати додаткові компетентності учнів, розвивати їхні дослідницькі здібності та стимулювати інтерес до науки. У системі природничих дисциплін факультативи виконують важливу роль, оскільки забезпечують можливість поглибленого вивчення біології та суміжних наук поза межами обов'язкових програм.

Вітчизняні та зарубіжні дослідження свідчать, що факультативні курси дозволяють учням опановувати практичні навички, які важко реалізувати в рамках стандартного навчального плану, а також формують науковий світогляд і критичне мислення. Крім того, такі курси сприяють професійному самовизначенню старшокласників, надаючи можливість ознайомитися з сучасними напрямками біологічних наук та перспективами кар'єри в науково-технологічній сфері.

Факультативні курси з біології спрямовані на поглиблення знань учнів у різних галузях біологічної науки, розвиток інтересу до предмета, формування природничо-наукового світогляду, підтримку екологічного виховання та усвідомлення біосферної етики. Вони також розширюють уявлення школярів про власний організм та фактори, що впливають на збереження здоров'я, сприяють розвитку елементів наукового мислення та допомагають учням у професійному самовизначенні [9, 24, 31, 34, 38, 39, 49, 51, 52].

Впровадження факультативних курсів у шкільну освіту регламентується структурою навчальних планів, що розробляються на місцевому рівні та відзначаються такими ознаками:

- **гнучкість** — можливість включення кількох самостійних курсів до навчального плану;

- **інтеграція** — передбачає об'єднання суміжних дисциплін;
- **диференціація** — варіювання складу предметів і часу на їх вивчення, а також включення факультативів;
- **уніфікація** — зміст і обсяг навчальних предметів визначаються з урахуванням їх функціонального призначення для певних профілів;
- **гуманізація** — орієнтація на те, що знання є засобом розвитку дитини, а не самоціллю.

Дослідник О. Речицький визначає типи факультативних курсів [51, 52]:

I. Предметні курси, головна мета яких — поглиблення та розширення знань із предметів типової навчальної програми. До них належать:

1. Факультативи підвищеного рівня, що поглиблюють основний навчальний предмет і мають тематичне планування відповідно до нього.
2. Курси, які ґрунтуються на детальному вивченні окремих розділів основного курсу, передбачених програмою предмета.
3. Курси, що зосереджуються на вивченні окремих розділів, не включених до обов'язкової програми предмета.
4. Прикладні факультативи, де учні знайомляться з практичним застосуванням знань.
5. Курси з методів пізнання природи.
6. Факультативи з історії шкільного предмета (наприклад, фізики, біології, хімії) або суміжних галузей (історія астрономії, релігії тощо).
7. Курси, присвячені методам дослідження (математичним, фізичним, хімічним, біологічним) та вирішенню завдань на основі експериментів у відповідних науках.

II. Міжпредметні факультативні курси спрямовані на інтеграцію знань учнів про природу та суспільство, а також на допомогу у виборі профілю навчання в старших класах. У профільній школі такі курси можуть виконувати кілька функцій:

1. Виконувати роль компенсуючого курсу для гуманітарних класів.

2. Бути узагальнюючим курсом для класів хіміко–біологічного профілю.

III. Факультативні курси з предметів, що не входять до навчального плану, охоплюють теми інженерної творчості, психології, соціальні проблеми та інші.

Структура змісту факультативного курсу формується на основі таких педагогічних умов:

- забезпечення особистісного цілепокладання для кожного учня, коли зміст курсу стимулює школяра до формування власних цілей;
- надання можливості усвідомленого індивідуального вибору, тобто учень сам обирає способи та методи аналізу завдань;
- активне залучення учнів до самостійного творчого пошуку;
- посилення впливу аудиторного навчання на профорієнтацію та розвиток інтересу до майбутньої професійної діяльності.

Відповідно до обраної програми факультативного курсу складається календарне планування. Частина занять доцільно відводити на проведення лабораторних або практичних робіт, оскільки застосування на практиці здобутих теоретичних знань дозволяє учням розвивати практичні навички, вміння та компетентності.

Формування груп для факультативного курсу здійснюють за підсумками навчального року, щоб з початку наступного року можна було розпочати заняття. У складі факультативної групи повинно бути не менше десяти учнів одного класу або паралельних класів. Заняття факультативу включаються в розклад і проводяться до або після основних уроків [8, 24, 31, 34, 38, 39, 49, 51, 52].

Особливістю організації факультативних курсів є відсутність оцінювання в балах. Заохочення учнів може здійснюватися через відгуки вчителя, публікацію успіхів у стінгазеті, залучення учнів до допомоги вчителю під час занять з іншими учнями. Контроль роботи групи може проводитися у формі регулярних звітів, вечорів, олімпіад, конкурсів або інших позакласних заходів.

Різноманітність об'єктів і процесів, що вивчаються на факультативах, відкриває широкі можливості для науково–дослідницької діяльності старшокласників. У процесі такої діяльності учні навчаються формулювати власні думки, працювати індивідуально, в групі та колективі, а також організовувати прямий і зворотний зв'язок.

Організація науково–дослідницької діяльності на факультативних заняттях надає вчителю можливість опрацьовувати пропущений матеріал шкільної програми через самостійні дослідження та спостереження. Учні можуть оформлювати отримані результати у вигляді наукових висновків та здійснювати захист власного наукового проєкту.

Згідно з листом Міністерства освіти і науки 2019 р., факультативні курси проводяться за програмами, вміщеними у «Збірнику навчальних програм курсів за вибором та факультативів з біології для допрофільної підготовки та профільного навчання (Кам'янець–Подільський: Аксіома, 2019 р.) [28]. Даний збірник уміщує необхідні дані про факультативи та курси за вибором для допрофільного та профільного навчання учнів 7–11 класів (табл. 1).

Таблиця 1

**Програми факультативних курсів з біології та екології,
рекомендовані Міністерством для використання у загальноосвітніх
навчальних закладах (2019 р.)**

№ з/п	Навчальна програма	Автор	К–сть годин	Клас
1.	Основи психофізіологічних знань і вибір профілю навчання	Сябро С. А.	35	9
2.	Психологія особистості	Баранова Н. П.	35	9
3.	Світ кімнатних рослин	Вигівська Г. П. Матущенко Т. А.	17	7–9

Продовження таблиці 1

4.	Аптека природи (І частина)	Шендрик О. В.	35	7
5.	Аптека природи (ІІ частина)	Шендрик О. В.	35	8
6.	Охорона тварин	Буца О. Й.	35	8–9
7.	Біологія і комп'ютер	Міронєць Л. П.	35	7
8.	Основи науково – дослідної роботи учнів	Крупич О. М. Мельник А. Р.	70	8–9
9.	Основи біологічної статистики в науково – дослідницькій роботі учнів	Ягенська Г. В.	17	10–11
10.	Узагальнення шкільного курсу біології	Бармак І. М.	140	10–11
11.	Еволюція систем органів	Петренко Л. Т. Петренко Л. П.	105	9
12.	Нанотехнології в біології	Кучук С.Ю.	17	10–11

Наприклад, у збірнику для 10–11 класі є наступні факультативи: «Основи біологічної статистики в науково–дослідницькій роботі учнів» (Г. Ягенська); «Узагальнення шкільного курсу біології» (І. Бармак); «Нанотехнології в біології» (С. Кучук) [28].

Метою факультативного курсу «Основи біологічної статистики в науково–дослідницькій роботі учнів» (Г. Ягенська) є поглиблення сучасних знань з біології, розширення часу на лабораторні практикуми та екскурсії, організація семінарських занять і конференцій із використанням комп'ютерних презентацій, а також стимулювання самоосвіти та самостійної роботи учнів, зокрема при підготовці та захисті курсових робіт [28].

Факультативний курс «Узагальнення шкільного курсу біології» (І. Бармак) має на меті практичне застосування знань, здобутих на уроках біології, розвиток пізнавальних інтересів і дослідницьких навичок учнів, а також збільшення часу, відведеного на лабораторний практикум [28].

Факультативний курс «Нанотехнології в біології» (С. Кучук) спрямований на посилення профорієнтаційного аспекту навчання. Заняття курсу

передбачають встановлення зв'язків між загальною освітою та майбутньою професією учня, що сприяє усвідомленому професійному самовизначенню випускників, які планують продовжити навчання у вищих навчальних закладах біологічного профілю [28, 38, 39].

Міністерством освіти і науки України представлено орієнтовні навчальні програми курсів за вибором, факультативів, однак, не висвітлено тематики стосовно природничих дисциплін, зокрема біології. У цьому також вбачаємо актуальність розробки факультативного курсу «Основи біотехнології» для 10–11 класу [48].

Зазвичай факультативне заняття має комбіновану структуру, що включає актуалізацію раніше засвоєних знань, опанування нової інформації та її закріплення, а також практичне застосування умінь і навичок у знайомих і незнайомих для учня ситуаціях. Під час таких занять педагог може зосередитися на поглибленні та систематизації знань, а також запропонувати учням ознайомитися з новими способами використання набутих знань у нестандартних умовах. Таким чином, організація факультативного курсу з біології сприяє формуванню науково-дослідницької компетенції старшокласників через застосування дослідницького підходу: розв'язання творчих біологічних задач, проведення експрес-досліджень, міні-проектів, навчальних експериментів, досліджень-змагань та нетрадиційних форм занять.

1.3. Відбір змісту для факультативного курсу «Основи біотехнології»

Біотехнологія (від лат. *bios* — життя, *technos* — мистецтво, архітектура, *logos* — наука) є сучасною науково-виробничою дисципліною, яка використовує біологічні процеси та об'єкти з метою створення економічно важливих продуктів, високопродуктивних сортів рослин, порід тварин та штамів мікроорганізмів. У буквальному розумінні термін «біотехнологія» означає «біологія + технологія» і передбачає застосування фундаментальних біологічних знань у практичній діяльності. Це включає виробництво лікарських препаратів,

ферментів, білків, барвників, вітамінів та інших біологічно активних сполук, а також генетичне конструювання організмів [37, 41, 47, 53, 55].

Сучасна біотехнологія спирається на досягнення біохімії, мікробіології, генетики, молекулярної та клітинної біології, екології й інших суміжних наук. Основні напрямки галузі включають промислову мікробіологію, біотехнологію виробництва ферментів та фармацевтичних препаратів, біотехнологію переробки відходів і вторинних продуктів, біотехнологію збагачення руд, виробництво біопалива (етанолу, метанолу, біогазу), технології рекомбінантної ДНК, одержання гібридів та клонів. Біотехнологію можна умовно розділити на три великі підгалузі: біотехнологія рослин, біотехнологія тварин і біотехнологія мікроорганізмів.

Історично біотехнологія сформувалася на основі традиційних мікробіологічних виробництв, таких як виготовлення вина, пива та хліба. Її розвиток тісно пов'язаний із досягненнями біохімії, молекулярної генетики, вірусології та ензимології. Наприклад, вивчення бактеріофагів і бактерій, відкриття ферментів рестрикції та встановлення генетичного коду дозволили сформувати основу генної інженерії [37, 41, 47, 53, 55].

Важливими віхами стали відкриття структури білка інсуліну (1953 р., Сенгер), подвійної спіралі ДНК (1953 р., Уотсон і Крік), розшифрування генетичного коду (1963 р., Ніренберг). У 60-х роках вдосконалили методи автоматичного визначення структури білків, а у 1978 році було відомо більше 500 білків, складено електронний атлас білків. У 1963 році були створені перші прилади для автоматизованого синтезу поліпептидів, а у 1980 році — перший синтезатор генів (Ітакура).

Розвиток біотехнології демонструє тісний взаємозв'язок технічного прогресу та досягнень біології. Використання метаболічних механізмів природних систем у практичній діяльності дозволяє ефективно спрямовувати біологічні процеси на користь людини. Сучасна біотехнологія, зокрема методи клітинної інженерії, виділилася як самостійна галузь біологічних та медичних наук.

Клітинна інженерія займається створенням нових, раніше не існуючих у природі клітин із заданими властивостями. Її історичний розвиток проходив у кілька етапів:

1. Розробка методів штучного злиття клітин у культурі.
2. Створення реконструйованих клітин шляхом об'єднання ядра та цитоплазми різних клітин.
3. Трансфекція соматичних та статевих клітин.

В рамках клітинної інженерії формуються різні типи гібридних клітин:

- **Типові гібриди:**

- *Гетерокаріон* — клітина з двома або більше ядрами; не ділиться.
- *Синкаріон* — клітина з об'єднаними хромосомами різних клітин в одне ядро; здатна до проліферації.

- **Особливі гібриди:**

- Гібридна клітина з каріопластом + цитопластом.
- Цибрид — ціла клітина + цитопласт іншої клітини.
- Каріобрид — ціла клітина + каріопласт іншої клітини.

Основні методи злиття клітин включають використання поліетиленгліколю (ПЕГ), електрозлиття, лазерного та нейтронного опромінення. Нові методи — авдин–біоновий метод та проточна цитометрія — дозволяють підвищити ефективність отримання гібридних клітин.

Досягнення клітинної інженерії включають:

- створення довгоживучих гібридних клітин та клонів;
- встановлення правил комплементарності генів у гібридах;
- отримання міжвидових гібридів (рослини + тварини, тварини + дріжджі);
- створення клітин–продуцентів білкових речовин.

Одним із перших практичних застосувань стала **гібридна технологія**, що дозволяє отримувати моноклональні антитіла. Гібридома — результат злиття мієломних клітин із лімфоцитами, здатна до тривалого розмноження та синтезу антитіл певної специфічності. Ці антитіла використовують для:

1. Ідентифікації гормонів, антигенів та груп крові;
2. Визначення доз ліків;
3. Діагностики раку та інших захворювань;
4. Виділення біологічно активних сполук;
5. Нейтралізації імунних реакцій при аутоімунних хворобах;
6. Посилення дії лікарських препаратів на цільові клітини;
7. Діагностики та лікування інфекцій;
8. Виявлення генетичної схильності та діагностики вагітності.

Генетична інженерія сформувалася на межі 1970-х років, що було зумовлено досягненнями в галузі генетики та хімії нуклеїнових кислот: розвитком методів синтезу генів, відкриттям явища рестрикції–модифікації ДНК [37, 41, 47, 53, 55]. Сьогодні під цим поняттям розуміють комплекс експериментальних методів, які дозволяють створювати штучні генетичні конструкції — рекомбінантні молекули ДНК. Основний принцип генетичної інженерії полягає в перенесенні генів між різними організмами, що спричиняє зміни їхніх фенотипів.

У лабораторних умовах *in vitro* можливе точне розрізання молекул ДНК, ізоляція та очищення фрагментів, їх синтез і подальше зшивання [37, 41, 47, 53, 55]. Технологія рекомбінантних ДНК є не лише практично важливою, а й дозволяє глибше розуміти організацію та функціонування геномів. Водночас вона викликає потенційні ризики, що вперше зазначив Пол Берг у 1972 р., створивши першу рекомбінантну молекулу ДНК *in vitro*, і закликав до впровадження правил безпеки. У 1975 р. на міжнародній конференції було вирішено, що генетична інженерія допустима лише під контролем [37, 41, 47, 53, 55].

Зазвичай генетична інженерія включає такі етапи: локалізація цікавого гена, підбір рестриктаз для його вирізання, вибір вектора, інтеграція гена, клонування в плазмідному векторі, перенесення в геном організму–реципієнта та вивчення експресії гена. Синтез генів можливий різними способами, зокрема хімічним синтезом, започаткованим Г. Кораною в 1960-х роках.

Найперспективнішим напрямом залишається генна терапія, яка передбачає введення нормальної генетичної інформації для лікування або профілактики захворювань. Дозволена лише соматична терапія, що не змінює спадковість. Вона потребує доступної тканини з достатньою кількістю клітин, дефекту одного гена та безпечного способу доставки ДНК. Інтервенції в геном статевих клітин заборонені (Конвенція Ради Європи, 1996 р.) [37, 41, 47, 53, 55].

Метод соматичної генної терапії вже успішно застосовується для лікування важких хвороб. В Україні дослідження почалися з певним запізненням, проте вже одержано клони гібридних клітин, що продукують моноклональні антитіла для діагностики різних захворювань. Розширюються роботи з клітинної та рослинної інженерії, зокрема методи соматичної гібридизації та генетичної трансформації.

Мікробіологічна промисловість стала основою біотехнології. Мікроорганізми вирізняються високою швидкістю росту, здатністю використовувати дешеві субстрати та стійкістю до чужої мікрофлори, що дозволяє використовувати їх як міні-фабрики для синтезу цінних речовин. Ключовим етапом стало виробництво антибіотиків [37, 41, 47, 53, 55].

Сучасна біотехнологія мікроорганізмів забезпечує виробництво алкалоїдів, амінокислот, антибіотиків, білків, ферментів, пігментів, полісахаридів та інших біологічно активних речовин. Для підвищення продуктивності застосовують селекцію високопродуктивних штамів, рекомбінацію генів (кон'югація, трансдукція, ампліфікація) та злиття протопластів для отримання гібридних штамів.

Мікроорганізми також застосовують для виробництва біопалива, кормових білків та продуктів ферментації. Продукти їх життєдіяльності включають ферменти, полісахариди, первинні та вторинні метаболіти, які використовують у харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості.

Методи культивування включають періодичне та неперервне, з контролем температури, аерації та перемішування. Мікроорганізми також використовують

у біоремедіації та ґрунтовій біотехнології для інокуляції насіння, підвищення родючості та боротьби з патогенами [37, 41, 47, 53, 55].

Біотехнологія рослин ґрунтується на використанні ізольованих клітин, тканин та органів. Ключовим є принцип тотипотентності рослинних клітин, що дозволяє отримати повноцінний організм з однієї клітини. Основні методи включають культуру тканин, мікроклональне розмноження та соматичну гібридизацію.

Мікроклональне розмноження дозволяє отримувати генетично однорідний посадковий матеріал, прискорюючи розмноження багаторічних, рідкісних та елітних рослин. Калюсні культури та суспензії клітин використовуються для отримання біологічно активних речовин та нових рослинних форм. Соматична гібридизація та генна інженерія дозволяють створювати рослини з новими властивостями, включно з трансгенними культурами [37, 41, 47, 53, 55].

Сучасні технології *in vitro* дозволяють прискорити селекційний процес, отримати мутантні форми, подолати бар'єри несумісності та забезпечити ефективне використання диких родичів культурних рослин. Банки генів та кріоконсервація дозволяють зберігати рідкісні види та штами–продуценти.

Біотехнологія тварин базується на використанні біологічних процесів для створення високопродуктивних порід та підвищення економічної ефективності. Технології включають клітинну та генетичну інженерію, трансплантацію ембріонів та стимуляцію репродуктивного потенціалу.

Трансплантація ембріонів дозволяє пересаджувати зародки від високоцінних донорів реципієнтам з метою швидкого відтворення племінних тварин. Метод ефективно використовується для збільшення чисельності рідкісних порід і створення ідентичних близнюків [11, 37, 41, 47, 53, 55].

Таким чином, сучасна біотехнологія на всіх рівнях — від генетичної інженерії до мікробіології, рослинництва та тваринництва — забезпечує потужний інструментарій для підвищення продуктивності, якості та безпеки продукції, розвитку нових технологій та збереження біорізноманіття.

Перспективи та проблеми біотехнології

Біотехнологія, як важлива галузь біологічної науки, відкриває значні можливості як у теоретичній, так і в практичній площині. Сучасні дослідження сприяють виникненню нових напрямів у біології, які досліджують технологічні властивості живих організмів та потенціал їхньої трансформації у біотехнічні системи.

Особливу актуальність і перспективність має застосування біотехнології для вирішення екологічних проблем, зокрема:

- освоєння мінеральних ресурсів за допомогою біотехнологій;
- заміна неконтрольованих хімічних процесів на біотехнологічні;
- підвищення ефективності використання біодобрив;
- переробка біомаси та різних органічних відходів, видалення забруднюючих речовин;
- очищення стічних вод;
- отримання рослин, стійких до стресових факторів, для відновлення земель та лісів;
- збереження біорізноманіття.

Водночас поряд із перспективами існують і проблеми, пов'язані з практичним застосуванням біотехнологічних досягнень. Серед них — експерименти з заплідненням *in vitro* та народження дітей «з пробірки». До соціально-етичних проблем належить визначення соціально-генетичного статусу людей, зокрема генетичне дослідження, створення нуклеотидних карт та використання молекулярно-генетичних даних для професійної орієнтації. Це може призвести до порушення прав людей із «небажаними» генотипами щодо працевлаштування, навчання та соціальної реалізації [37, 41, 47, 53, 55].

Особливу етичну складність становлять експерименти, спрямовані на створення нових видів біологічної зброї за допомогою генетичної інженерії. До таких можуть належати культури збудників особливо небезпечних хвороб (чуми, холери, туляремії, бруцельозу). Сучасні методи генетичної модифікації дозволяють створювати стійкі до ліків штами бактерій і віруси, що важко діагностуються, мають підвищену вірулентність, довго зберігаються у

зовнішньому середовищі та адаптуються до організму людини чи тварин. Біотехнології також дозволяють створювати супертоксини, здатні завдавати масової шкоди живим організмам.

Саме тому всі нові штами мікроорганізмів, створені за допомогою біотехнологій, перед впровадженням у практику повинні проходити ретельну перевірку з оцінкою їхнього впливу на здоров'я людей, генетичну різноманітність та екологічний баланс [37, 41, 47, 53, 55].

Велике значення має розвиток міжнародного співробітництва щодо оцінки та регулювання ризиків використання біологічних об'єктів, які за відсутності контролю можуть загрожувати живим системам і людині як потенційна біологічна зброя. Відтак важливими є наукові експертизи та прогнозування ефектів застосування біотехнічних систем.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСУ «ОСНОВИ БІОТЕХНОЛОГІЙ»

2.1. Загальні питання методики викладання факультативного курсу «Основи біотехнології»

На нашу думку, одним із шляхів реалізації принципу науковості, тобто відображення сучасних наукових досягнень у змісті освіти, є впровадження у загальноосвітніх школах факультативних курсів, що висвітлюють найновіші досягнення біології.

Аналізуючи методичну літературу, ми дійшли висновку, що при формуванні структури та змісту факультативного курсу слід дотримуватися наступних послідовних кроків [3, 6, 13, 16, 20, 23, 31, 39, 44, 54, 57]:

1. Проведення діагностики пізнавальних інтересів учнів шляхом анкетування або бесіди. Діагностика здійснюється після вступного заняття, на якому вчитель окреслює мету, завдання та основний зміст теми курсу.

2. Порівняння виявлених інтересів учнів із змістом питань, передбачених навчальною програмою.

3. Визначення тем, що виходять за межі стандартної навчальної програми.

4. Характеризація цих питань як теоретичних або практичних.

5. Формування структури та змісту факультативного курсу, аналіз наукової й навчальної літератури за темами, що цікавлять учнів, та складання списку рекомендованої літератури для підготовки до занять.

6. Підготовка переліку необхідного обладнання та матеріалів і зіставлення його з можливостями матеріальної бази навчального закладу.

7. Встановлення зв'язків і визначення напрямів співпраці з науково-дослідними інститутами та вищими навчальними закладами, зокрема щодо методичного забезпечення курсу, надання необхідних матеріалів і обладнання, а

також допомоги в організації екскурсій, семінарів, лабораторних та практичних робіт.

8. Розробка програми факультативного курсу із зазначенням тем окремих занять, термінів і місця виконання лабораторних та практичних робіт, а також визначення форми звітності учнів (заліки, підготовка доповідей, оформлення протоколів спостережень і дослідів, звітні конференції тощо).

9. Затвердження програми факультативного курсу шкільною кафедрою природничих дисциплін (цикловою комісією) та адміністрацією навчального закладу.

На основі цього підходу нами була розроблена програма факультативного курсу «Основи біотехнології» для учнів 10-го класу загальноосвітньої школи тривалістю 34 години (1 година на тиждень) (табл. 2).

Таблиця 2

Тематичний план факультативного курсу

Тема	Норми навчальної роботи, год		
	Теоретичні	Практичні (практично- дослідницька робота та, екскурсії)	Всього
Вступ	1	2	3
1. Основи генетичної інженерії	2	3	5
2. Основні принципи клітинної біології та інженерії	2	4	6
3. Біотехнологія мікроорганізмів	2	3	5
4. Клітинна біологія та генетична інженерія	2	3	5
5. Біотехнологія та підвищення продуктивності рослин	2	4	6
6. Розвиток біотехнологічної промисловості	1	1	2
7. Підсумкова наукова конференція	2	—	2
Разом:	14	20	34

Список використаної літератури:

1. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого–біохімічні основи. К.: Логос, 2005. 730 с.
2. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. К.: Наукова думка, 2005. 272 с.
3. Лабораторний практикум з біотехнології. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з циклу «Розмноження рослин *in vitro*» для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання / упоряд. Колесник А. В., Сікура А. О., Гедзур Т. І. Ужгород, 2023. 30 с.
4. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин: підручник. К. : Поліграф Консалтинг, 2003. С. 481–487.
5. Сатарова Т. М., Абраїмова О. Є., Вінніков А. І., Черенков А. В. Біотехнологія рослин : навчальний посібник. Дніпропетровськ : Адверта, 2016. 136 с.
6. Страшнюк Н. М. Короткий словник основних біотехнологічних термінів та понять. Тернопіль: Підручники і посібники, 1995. 32 с.

Тема заняття: Основи генетичної інженерії

Метою цього заняття є показати прикладне значення знань про ген, ознайомити учнів із формуванням нової наукової галузі — генетичної інженерії, її завданнями, можливостями та перспективами розвитку.

Заняття розпочинається з актуалізації наявних знань учнів про ген, його будову, принцип самоподвоєння, універсальний код спадковості та механізм дії. Учні пригадують, що існування гена вперше було передбачене Грегором Менделем. Подальший розвиток цієї концепції здійснила школа Т. Моргана, яка виявила локалізацію генів у хромосомах, сформулювала хромосомну теорію спадковості, розробила методику складання генетичних карт, дослідила властивості гена, його здатність до мутацій та кросинговеру, а також визначила послідовність амінокислот у поліпептидних ланцюгах.

Наступним етапом заняття є ознайомлення учнів із генетичною інженерією як галуззю генетики. Учням пропонується висловити свої уявлення про цю науку та її застосування. Вчитель пояснює, що генетична інженерія відкрила нову еру в біології, дозволяючи більш детально вивчати структуру та функції генів на молекулярному рівні та розуміти тонкі механізми роботи генетичного апарату. Учні самостійно визначають значення генетичної інженерії та обговорюють її застосування у медицині, селекції та інших галузях.

Важливим аспектом заняття є розмежування напрямів генетичної інженерії. Генна інженерія включає маніпуляції з метою створення рекомбінантних молекул ДНК, тоді як клітинна інженерія передбачає генетичні маніпуляції з окремими клітинами або групами клітин рослин і тварин для отримання організмів із заданими властивостями. Учні знайомляться з методами клонування генів та технологіями створення нових генотипів, що дозволяють підвищувати продуктивність біотехнологічних процесів.

Далі обговорюються приклади застосування генетичної інженерії у різних галузях. У рослинництві це включає виробництво незамінних амінокислот, створення трансгенних рослин, стійких до хвороб, шкідників та несприятливих умов, підвищення вмісту корисних речовин у продуктах, удосконалення сортів та подовження терміну зберігання плодів. Учні дізнаються про проєкти створення «солодких» рослин, що містять ген тауматину — низькокалорійного пептиду, в десятки тисяч разів солодшого за цукор, що має особливе значення для хворих на цукровий діабет.

У тваринництві генетична інженерія дозволяє створювати трансгенні організми, у яких чужорідна генетична інформація інтегрується у геном господаря та контролює всі процеси розвитку. Основні напрямки застосування включають народження двійнят для підвищення продуктивності, боротьбу з хворобами, пересадку ембріонів для збереження генофонду, збереження репродуктивної функції та створення ембріобанків для довготривалого зберігання цінних порід.

Учні також знайомляться із використанням мікроорганізмів у біотехнології для отримання первинних і вторинних метаболітів, ферментів, білків та полісахаридів, а також із перспективами застосування генетичної інженерії у медицині, зокрема для виробництва білкових лікарських препаратів (інсулін, інтерферон, соматотропін) та імунопрепаратів.

Особлива увага приділяється глобальним проблемам і завданням галузі: використанню рослинної сировини та мікроорганізмів для виробництва біопалива, створенню бактерій-індикаторів забруднення навколишнього середовища та біодеструктивних бактерій для руйнування хімічних забруднювачів.

Заключна частина заняття присвячена обговоренню етичних аспектів та безпеки застосування генетичної інженерії. Учні розглядають можливі ризики для людини та природи, а також принципи соціальної відповідальності вчених: наукове обґрунтування ризиків, сумісна оцінка заходів безпеки владою, наукою та промисловістю, а також участь громадськості у прийнятті рішень.

Для систематизації знань пропонується обговорити такі питання:

- Які наукові та соціальні передумови формування різних напрямів генетичної інженерії?
- Які результати її застосування у рослинництві?
- Як методи генетичної інженерії можуть підвищити продуктивність тваринництва?
- Чи реально створення нових джерел енергії та матеріалів за допомогою генетичної інженерії?
- Яку роль вона відіграє у створенні лікарських препаратів та імунопрепаратів? Навести приклади успіхів.

Для закріплення вивчених понять учням пропонується розв'язати такі практичні завдання:

1. У молекулі ДНК вміст аденіну становить 32% від загальної кількості азотистих основ. Визначте відносний вміст тиміну, цитозину та гуаніну в цій ДНК.

2. Відомо, що кожна тисяча нуклеотидних пар подвійної спіралі ДНК важить 108 г. Обчисліть довжину геному людини та кількість нуклеотидних пар у ньому, якщо загальна маса ДНК в організмі людини приблизно 0,5 г, а довжина однієї нуклеотидної пари становить 0,34 нм.

3. Хімічний аналіз показав, що і-РНК містить 30% аденіну, 18% гуаніну та 20% урацилу. Визначте нуклеотидний склад відповідної ділянки дволанцюгової ДНК.

4. Фрагмент молекули ДНК складається з 440 цитозилових нуклеотидів, що становить 22% від їхньої загальної кількості. Визначте, скільки в цьому фрагменті міститься гуанілових, аденілових та тимідилових нуклеотидів. Також обчисліть розмір та масу даного фрагменту.

5. Визначте кількість:

- а) аденілових;
- б) тимідилових;
- в) гуанілових нуклеотидів у фрагменті ДНК, якщо відомо, що він містить 950 цитозилових нуклеотидів, що становить 20% від загальної кількості нуклеотидів у фрагменті.

Тема заняття: Основні принципи створення поживних середовищ для вирощування культур рослинних тканин

Мета заняття: поглиблення знань учнів про мінеральне живлення рослин та його особливості у культурі рослинних тканин, ознайомлення з основними компонентами поживних середовищ, такими як регулятори росту, вітаміни та інші речовини, а також формування практичних навичок роботи в асептичних умовах. Учні повинні навчитися готувати стокові розчини і поживні середовища, правильно їх стерилізувати, дотримуватися правил безпеки та економного використання матеріалів у лабораторії. Крім того, заняття спрямоване на розвиток логічного мислення та наукового підходу до досліджень.

Форма організації навчання: навчально–практичне заняття.

Методи: практичний з елементами словесного.

Матеріали та обладнання: ламінарний бокс для стерильних робіт з вертикальним та горизонтальним потоком повітря; автоклав; рН-метр, інструменти; лабораторний посуд (хімічні склянки, чашки Петрі, колби); хімічні реактиви (NH_4NO_3 ; KNO_3 ; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; KH_2PO_4 ; H_3BO_3 ; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; KJ ; $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; сахароза, вітаміни B_1 , B_6 , РР, мезо-інозит, Кін, НОК, агар—агар).

Література:

1. Лабораторний практикум з біотехнології. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з циклу «Розмноження рослин *in vitro*» для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання / упоряд. Колесник А. В., Сікура А. О., Гедзур Т. І. Ужгород, 2023. 30 с.
2. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин: підручник. К. : Поліграф Консалтинг, 2003. С. 481—487.

Хід заняття:

I. Теоретичні основи створення поживних середовищ

1. Склад поживних середовищ

Поживні середовища для вирощування культур рослинних тканин формуються на основі сумішей мінеральних солей макро— та мікроелементів. Культивовані тканини у таких середовищах живляться гетеротрофно, тому обов'язково включають джерела вуглецю, як—от сахарозу або глюкозу.

Для нормального росту тканин необхідні такі елементи:

- **Азот** — як нітратна або амонійна сіль. В більшості середовищ азот представлений нітратами, у деяких (Мурасіге і Скуга, Гамбург) додають також амонійні солі. Концентрація нітратів коливається від 2 до 25 мМ, при інтенсивному рості калусних та суспензійних культур сумарна концентрація нітрату і амонію може сягати 60 мМ. Це важливо, оскільки існує прямий зв'язок між використанням нітратів середовищем і збільшенням сухої маси клітин рослин.

- **Фосфор** — необхідний для росту калусних тканин і ізолюваних органів, використовується як ортофосфат або фосфати цукрів.
- **Сірка** — у вигляді сульфату, сульфіту, цистеїну, глутатіону або метіоніну.
- **Калій, кальцій, магній** — важливі для регулювання рН та нормального розвитку тканин.
- **Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻** — присутні в невеликих кількостях і виконують допоміжні функції для росту клітин.
- **Залізо** — вводиться у вигляді неорганічних солей (FeCl₂, Fe₂(SO₄)₃) або органічних комплексів (лимоннокисле залізо) та часто у поєднанні з хелатуючими агентами (ЕДТА) для поліпшення його доступності в широкому діапазоні рН.

Мікроелементи завжди присутні в середовищі через домішки у солях макроелементів та необхідні для нормального розвитку клітин.

2. Вуглеводневе живлення

Джерелом енергії та вуглецю у більшості середовищ є сахароза або глюкоза. Як правило, їх концентрація становить 20–40 г/л.

Регулятори росту

Для росту і диференціації клітин потрібні ауксини та цитокініни. Різні тканини мають різну здатність до синтезу фітогормонів, тому їх розвиток значною мірою залежить від зовнішніх джерел регуляторів росту.

- **Ауксини**, які застосовують для індукції та підтримки росту культур: індолілоцтова кислота (ІОК, 1–30 мг/л), α -нафтилоцтова кислота (НОК, 0,1–0,2 мг/л), 2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота (2,4-Д, <1 мг/л). Для індукції калусу використовують вищі концентрації ауксинів, а при наступних пересадках концентрацію знижують у 10 разів.
- **Цитокініни**, що стимулюють ріст клітин і органів: кінетин, 6-бензиламінопурин (БАП) та інші.

Тканини поділяють за потребами у регуляторах росту:

- Тканини, що ростуть лише на ауксинах (наприклад, експланти топінамбура).
- Тканини, що потребують тільки цитокінінів (наприклад, кінчик корінця білого турнепсу).
- Тканини, що потребують комбінації ауксинів і цитокінінів (наприклад, первинні експланти тютюну, тканини кореня моркви).
- Тканини, які здатні рости на середовищах без регуляторів росту (пухлинні культури).

3. Вітаміни

Вітаміни в середовищах виконують роль коферментів, які каталізують ключові біохімічні реакції. Наприклад:

- Тіамін (В1) — для перетворення вуглеводів і окислювального декарбоксилювання кетокислот (0,1–10 мг/л);
- Піридоксин (В6) — для процесів декарбоксилювання та переамінування амінокислот;
- Нікотинова кислота (у формі амідів) — компонент окислювально-відновних ферментів (0,5–1 мг/л).

4. Агар–агар

Використовується як ущільнювач середовища. Це полісахарид, отриманий з морських водоростей, який формує гель при 45°C і плавиться при 100°C.

5. РН середовища

Стабільність рН є критичною для росту тканин. У більшості стаціонарних культур ізольованих тканин оптимальний діапазон рН — 5,6–5,8. Його підтримують за допомогою буферних систем і хелатуючих агентів, які забезпечують відносну стабільність середовища та захищають клітини від різких коливань кислотності.

Висновок: успіх вирощування культур клітин, тканин та органів рослин визначається правильним підбором компонентів поживного середовища. На сьогодні розроблено багато модифікацій основних середовищ (Уайт, Еллер,

Мурасіге і Скуга), що адаптовані під різні типи тканин та специфічні потреби культур.

II. Практична робота

Склад поживного середовища для ініціації та росту калусної культури тютюну мозаїчного, мг/л:

Na ₂ ЕДТА х 2Н ₂ О	37,3	В ₁ (тіамін НСl)	0,1
В ₆ (піридоксин НСl)	0,5	РР (нікотинова кислота)	0,5
мезо-інозит	100	Кін	0,2
НОК	2,0	сахароза	30,000
агар-агар	7500	рН	5,6–5,8

Для економного використання часу та зусиль експериментатора розчини макро-, мікросолей, вітамінів, гормонів готують більш концентрованими, у вигляді маточних розчинів.

1. Приготування стокових розчинів

а) МС₁ — маточний розчин макросолей х 10

Солі, г	на 0,5л	NH ₄ NO ₃	8,25
KNO ₃	9,5	CaCl ₂ ·2H ₂ O	2,2
NaH ₂ PO ₄	0,85	MgSO ₄ ·7H ₂ O	1,85

Брати 100 мл маточного розчину на 1 л середовища.

б) МС₂ — маточний розчин мікросолей х 100

Солі, мг	на 100 мл	H ₃ BO ₃	62
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	2,5	KJ	8,3
MnSO ₄ ·4H ₂ O	223	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	86
CuSO ₄ ·5H ₂ O	зважити по 10 мг кожної солі і розчинити в 40мл Н ₂ О дист.		
CoCl ₂ ·6H ₂ O	(брати 1мл на 100 мл МС)		

Брати 10 мл маточного розчину на 1 л середовища.

в) МС₃ — маточний розчин Fe-хелат

Солі, г	на 200 мл
---------	-----------

$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1,492

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1,112

Брати 5мл маточного розчину на 1л середовища.

г) маточний розчин вітамінів

Вітаміни, мг на 100 мл: B_1 (тіамін HCl) 10

B_6 (піридоксин HCl) 50 РР (нікотинова кислота) 50

Брати 1 мл маточного розчину на 1 л середовища.

д) маточні розчини фітогормонів:

Розчини:

НОК — 0,1 мг/мл 1 н NaOH

Кін — 1 мг/мл 1 н NaOH

2. Після приготування маточних розчинів готують середовище:

Маточні розчини на 1000 мл MC_1 100 мл

MC_2 10 мл MC_3 5 мл

Вітаміни 2 мл Мезо-інозит 100 мг

Сахароза 30 г НОК 1 мл

Кін 1 мл рН 5,6–5,8

3) Після введення в середовище всіх компонентів додають дистильовану воду до потрібного об'єму і доводять рН.

4) Середовище стерилізують автоклавуванням 20–25 хв при 0,8–1 атм і 120°C .

Маточні розчини необхідно зберігати в холодильнику при температурі $+4^\circ\text{C}$ не більше місяця. Розчин вітамінів можна заморожувати і зберігати в невеликих кількостях.

III. Обговорення результатів практичної роботи

- Які основні принципи визначають створення поживних середовищ для вирощування клітин та тканин рослин *in vitro*?

- Які головні макро– та мікроелементи включаються до складу поживних середовищ для культури клітин і тканин, і яку роль вони виконують?
- В чому полягає значення вуглеводів у складі середовища, тобто як забезпечується вуглеводневе живлення культур *in vitro*?
- Для чого у поживному середовищі використовують фітогормони, і як вони впливають на ріст та диференціацію клітин і тканин?
- Які вітаміни додаються до середовищ для культивування клітин і тканин, і яку функцію вони виконують у метаболізмі та розвитку культур?

Питання для повторення та систематизації знань:

1. Біотехнологія як провідна галузь біоіндустрії та технології виробництва біопрепаратів і біологічно активних сполук.
2. Основні етапи розвитку та становлення біотехнології.
3. Внесок фундаментальних біологічних наук у формування та розвиток біотехнології.
4. Головні напрямки та об'єкти біотехнологічної діяльності.
5. Клітинна та генетична інженерія як теоретична та методична основа сучасної біотехнології.
6. ДНК як ключовий носій генетичної інформації.
7. Поняття трансгенних організмів та їх значення.
8. Основні методи введення чужорідного генетичного матеріалу в клітини, органи та організми.
9. Основні правила безпечної роботи з рекомбінантною ДНК.
10. Культура клітин і тканин еукаріотів та особливості їхнього вирощування.
11. Склад і принципи створення культуральних середовищ для клітинних та тканинних культур рослин.
12. Біотехнологія та її роль у підвищенні продуктивності рослин.
13. Рослинні клітини як об'єкти біотехнологічних досліджень.
14. Основні напрямки розвитку генетичної інженерії.
15. Досягнення та перспективи клітинної інженерії рослин.

16. Методи конструювання та перенесення генів у клітини, органи, тканини та цілі організми рослин.
17. Клітинна біологія та генетична інженерія клітин ссавців.
18. Використання клітин тварин як продуцентів біологічно активних речовин.
19. Застосування гібридної технології, зокрема для отримання моноклональних антитіл.
20. Біотехнологія мікроорганізмів та її практичне значення.

2.2. Методика проведення експериментального дослідження та аналіз його результатів

Експериментально-методичне дослідження проводилося на базі Тернопільської загальноосвітньої школи I-III ступенів №16 імені Володимира Левицького Тернопільської міської ради Тернопільської області впродовж двох навчальних років — 2023–2024 н. р. та 2024–2025 н. р.

Воно включало декілька етапів: 1) попередній; 2) підготовчий; 3) основний; 4) завершальний; 5) впровадження результатів у педагогічну практику. При виборі етапів ми врахували специфіку методичного експерименту. Загалом експериментом було охоплено 124 учні та 9 учителів біології.

На попередньому етапі нами було встановлено методичний аспект дослідження, обґрунтовано його актуальність і значення для теорії та практики навчання біології і ознайомлення з практикою роботи школи (шляхом анкетування та інтерв'ювання вчителів біології та учнів; проведення індивідуальних та групових бесід з ними, спостереження за навчально–виховним процесом з біології, аналізу чинних базових планів та програм з біології середньої загальноосвітньої школи, шкільних підручників та методичних посібників).

Анкетуванням було охоплено 9 учителів біології м. Тернополя, 92 учні 10-х класів.

На підготовчому етапі відбулося визначення предмета дослідження; формулювання мети і завдань; розробка робочої гіпотези; вибір адекватних методів дослідження; планування основного етапу; підготовка експериментальних матеріалів, необхідних для вирішення кожного завдання, а саме факультативний курс, завдання для поточного та підсумкового контролю; вибір експериментальних і контрольних класів; здійснення вихідного, констатуючого зрізу.

Вибір експериментальних та контрольних класів здійснювався шляхом аналізу пізнавальних інтересів учнів 10-х класів. З метою більшої ефективності контрольні класи були вибрані з незначним стартовими перевагами у навчанні, ніж експериментальні. Тому експериментальним класом (Е) був обраний 10-Б, а контрольним (К) 10-А (Тернопільська ЗОШ №16 ім. В. Левицького). На початку експерименту в кожному з обраних класів був проведений вихідний (констатуючий) зріз знань з метою перевірки рівня підготовки учнів.

Основний етап експериментально-методичного дослідження відбувався за схемою: у контрольному класі ми включали до змісту програми навчальний матеріал за рахунок двох резервних годин, а в експериментальному — факультативний курс.

На основному етапі дослідження було охоплено 24 учні, 1 вчитель біології.

На завершальному етапі була здійснена обробка результатів дослідження, інтерпретація експериментальних даних та співставлення з робочою гіпотезою, організація процесу впровадження результатів у практику Тернопільської ЗОШ №16 ім. В. Левицького оформлення результатів теоретичного та експериментального дослідження.

Нами було проведено опитування здобувачів освіти щодо вибору ними потенційної професійної сфери. Значна частка учнів виявила зацікавлення природничим напрямом, що підтверджує актуальність обраної тематики факультативного курсу: понад половина опитаних зазначили інтерес до STEM-

сфери, що охоплює наукові, технологічні та інженерні професії (рис. 2). Такий результат свідчить про те, що сучасні школярі прагнуть опановувати компетентності, затребувані у сферах інноваційного розвитку.

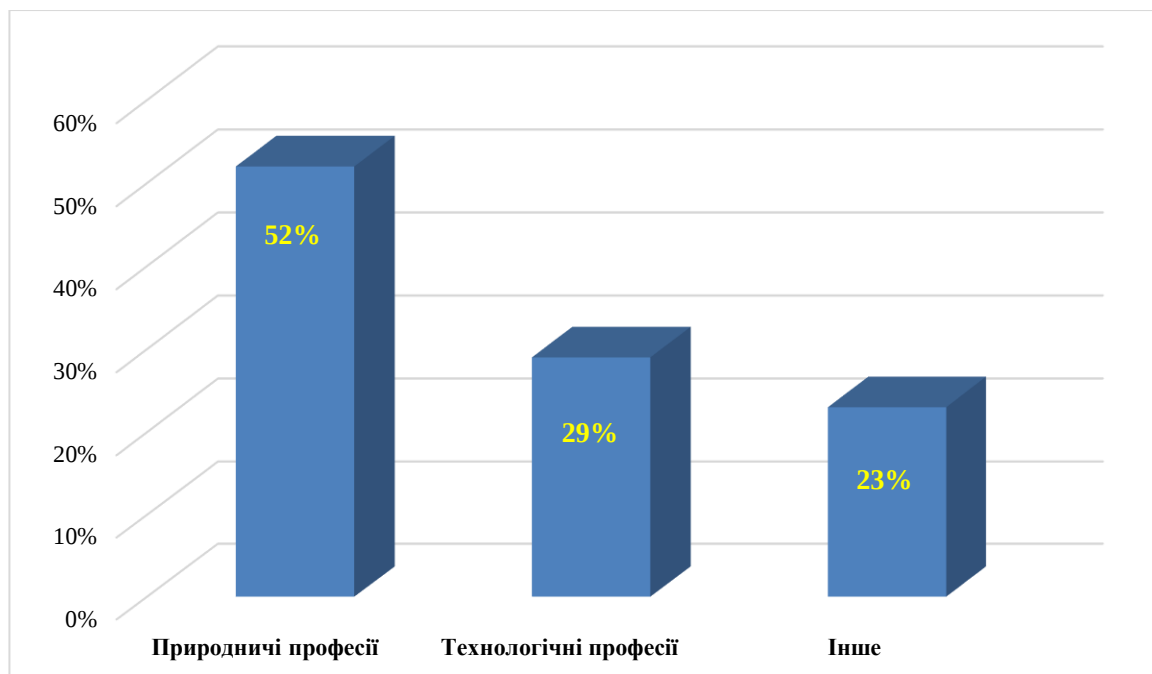


Рис. 2. Результати опитування учнів стосовно вибору потенційної професійної сфери

Для визначення ефективності впровадження факультативного курсу нами також було проведено анкетування учнів у два етапи: до початку реалізації курсу та після його завершення. Отримані дані дали змогу простежити динаміку змін. Порівняльний аналіз представлено у вигляді графіка (рис. 3). Отримані результати свідчать про високу ефективність упровадження факультативного курсу «Основи біотехнології». Порівняльний аналіз показав суттєве зростання рівня зацікавленості учнів природничо-науковою сферою, поглиблення розуміння ключових біотехнологічних понять та значне підвищення мотивації до навчання. Після проходження курсу учні продемонстрували більш виражену готовність включатися в дослідницькі проєкти, а також частіше розглядали можливість подальшої професійної орієнтації у STEM-галузях.

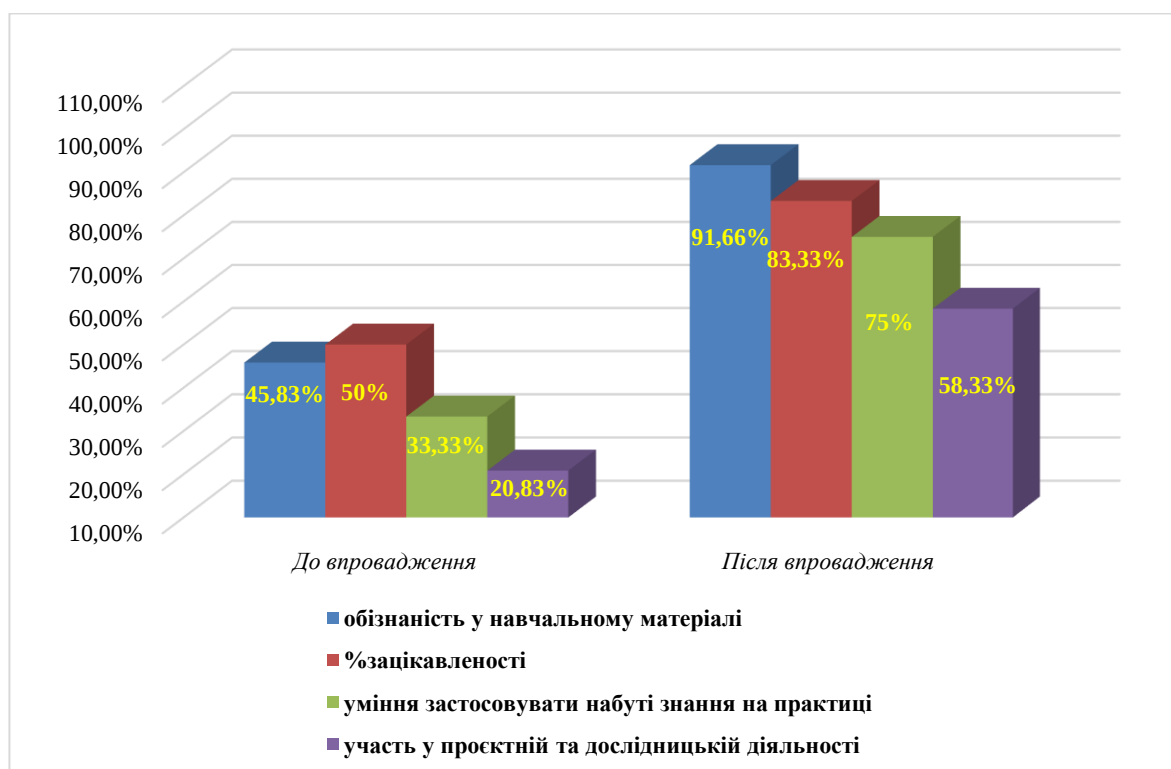


Рис. 3. Визначення ефективності впровадження факультативного курсу

Окрім цього, за результатами аналізу анкетування вчителів та учнів старших класів нами констатовано високий запит на організацію занять, де здобувачі освіти матимуть змогу самостійно визначати послідовність опрацювання навчального матеріалу протягом навчального року, обирати теми або розділи, передбачені програмою, підбирати об'єкти для дослідження та включати приклади зі свого регіону. Вказані резервні години можуть бути використані у рамках факультативного курсу, що передбачатиме додаткові заняття для повторення, систематизації та узагальнення матеріалу, контролю та оцінювання знань учнів, проведення семінарів та захисту проєктів, що особливо актуально в період підготовки до НМТ.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження проблеми факультативного навчання дозволило виділити основні переваги диференціації навчання через факультативні курси:

- факультативи виступають гнучкою формою диференціації, що дозволяє відображати у змісті біологічної освіти найновіші наукові досягнення;
- вони сприяють поглибленню та стабілізації інтересів учнів до діяльності в конкретній галузі;
- факультативні заняття створюють умови для реалізації індивідуального підходу та розвитку інтересів школярів у динаміці — від моменту їх виникнення до повної сформованості;
- ці заняття стимулюють формування знань у певній науковій сфері, задовольняють навчальні, пізнавальні та професійні інтереси, розширюють кругозір учнів;
- динамічність факультативів ґрунтується на добровільності вибору курсів та можливості обирати нові факультативи для продовження навчання;
- диференціація через факультативи дозволяє варіювати зміст, методи та організаційні форми навчання, розвивати особистість учня та ефективно адаптувати курси до індивідуальних особливостей;
- факультативи сприяють формуванню професійних компетентностей, розвитку практичних навичок та усвідомленому вибору майбутньої професії;
- вони можуть бути успішно адаптовані до культурних, регіональних та природно–територіальних особливостей, а також до наявної матеріальної бази школи.

2. Аналіз наукової та методичної літератури та результати пошукового етапу експерименту свідчать про доцільність впровадження факультативних курсів за предметами спеціалізації у 10–11 класах. Такі курси спрямовані на розвиток індивідуальних, пізнавальних та професійних інтересів, творчих

здібностей учнів і підвищують ефективність профорієнтаційної роботи. Доцільним є впровадження факультативів, які:

- поглиблюють основний курс «Біологія і екологія» з акцентом на практичні завдання;
- охоплюють теми, не передбачені навчальною програмою, з прикладною спрямованістю.

3. Факультативний курс доцільно робити загальнобіологічним, оскільки:

- основний курс має інтеграційний характер;
- загальна біологія дозволяє переосмислити матеріал попередніх курсів;
- значний обсяг теоретичного матеріалу неможливо повністю розглянути на обов'язкових уроках;
- явища, що вивчаються у навчальному предметі «Біологія і екологія» (10–11 класи), є різнобічними;
- школярі проявляють високий інтерес до цього курсу.

4. Експериментально–методичне дослідження підтвердило необхідність впровадження курсу «Основи біотехнології» для 10-го класу:

- рекомендований обсяг — 30–34 години;
- доцільні форми навчання — лекції, семінари, навчально–практичні заняття, екскурсії;
- ефективні методи — проблемне викладання, евристичні бесіди, організація самостійної роботи, дослідницька діяльність, робота з додатковою науково–популярною літературою.

5. Під час формування структури та змісту факультативного курсу мають здійснюватися такі послідовні кроки:

- діагностика пізнавальних інтересів учнів через анкетування та бесіди після вступного уроку, на якому окреслюються мета, завдання та основний зміст теми курсу;
- порівняння інтересів учнів із змістом навчальної програми;

- визначення питань, що виходять за межі програми;
- класифікація цих питань як теоретичних або практичних;
- формування структури та змісту курсу, аналіз наукової та навчальної літератури, складання списку рекомендованої літератури;
- перелік необхідного обладнання та матеріалів із урахуванням можливостей школи;
- встановлення співпраці з науково–дослідними інститутами та вузами: забезпечення методичною та матеріальною підтримкою, організація екскурсій, семінарів, практичних і лабораторних занять;
- складання програми курсу із зазначенням тематики занять, термінів і місця проведення практичних робіт, визначення форми звітності учнів (заліки, доповіді, протоколи дослідів, конференції);
- затвердження програми шкільною кафедрою природничих дисциплін та адміністрацією школи.

Подальші дослідження повинні сприяти розробці вдосконалених програм і навчально-методичних посібників, а також визначенню педагогічних умов для оптимального розвитку пізнавальних інтересів, нахилів і здібностей учнів через факультативні заняття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексієнко С. Інноваційні технології навчання як засіб розвитку творчої активності учнів. *Біологія. Шкільний світ*. 2010. № 10. С. 2–5.
2. Бак В. Ф., Степанюк А. В. Методика формування біоетичних знань школярів у процесі вивчення біології. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка*. 2014, № 2. С. 68–74.
3. Балацинова А. Д. Роль факультативних занять у педагогічній підтримці обдарованих учнів загальноосвітніх шкіл України (друга половина XX століття). *Педагогіка та психологія*. 2015. Вип. 49. С. 255–266.
4. Барна І. Загальна біологія : зб. задач. Тернопіль : Підручники і посібники, 2006. 736 с.
5. Біологія і екологія. Інтегрований курс «Природознавство». 6–11 класи: навчальні програми, методичні рекомендації щодо організації навчально виховного процесу в 2018/2019 навчальному році / Укладач С.С. Фіцайло. Харків. Вид-во «Ранок», 2018. 288 с.
6. Бобилев Д. Є., Барабан К. О., Савіцька А. В. Факультативний курс Задачі оптимізації для учнів 10–11 класів в рамках концепції STEM–освіти. *Наукові записки Центрально–українського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Сер.: Педагогічні науки*. 2018. 168. С. 34–38.
7. Бондар С. Компетентність особистості – інтегрований компонент навчальних досягнень учнів. *Біологія і хімія в школі*. 2017. № 2. С. 8–9.
8. Васьківська Г. О. Роль і значення методології пізнання у процесі формування системи знань в учнів старшої школи. *Наукові записки Ніжинського держ. ун–ту ім. Миколи Гоголя. Серія «Психолого педагогічні науки»*. 2012. № 5. С. 30–35.
9. Васьківська Г. Формування системи знань про людину в учнів старшої школи в процесі роботи з навчальною книгою. *Освіту регіону*. 2016. № 4. С. 220–224.

10. Великий тлумачний словник сучасної української мови / уклад і голов. ред. В. Т. Бусел. Київ, Ірпінь : ВТФ «Перун», 2009. 1736 с.
11. Величко Л. П. Про курси за вибором з органічної хімії для профільної школи. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2019. №4. С. 10–12.
12. Вербицький В.В. Дослідницька компетентність старшокласників як засіб формування особистості. *Сучасний виховний процес: сутність та інноваційний потенціал* : матеріали звіт. наук.–практ. конф. Ін-ту проблем виховання НАПН України за 2011 рік. Івано–Франківськ : Типовіт, 2012. Вип. 2. С. 43–47.
13. Вініченко Л.В. Факультативи з біології як засіб формування науково дослідницьких компетенцій учнів 10–11 класів. Мат. V Міжнародної науково–практичної конференції «*Modern Development Scientific Research: Achievements, Innovations And Prospects*» (Berlin, 24–26 жовтня 2021). 2021. С.306–311.
14. Гавій В. М. МАН Науково–дослідницька діяльність школярів з біології. Методичні рекомендації щодо підготовки дослідницьких робіт учнями – членами відділень «хімія та біологія», «екологія та аграрні науки» Малої академії наук. Чернігів, 2016. С. 25–31.
15. Гавій В. М., Коваленко С. О., Приплавко С. О. Формування предметних компетентностей з біології у профільній школі. *Наукові записки. Серія «Психолого–педагогічні науки»*. 2017. № 2. С. 70–76.
16. Генкал С. Е. Структурно–організаційна модель профільного навчання біології. Науковий вісник Чернівецького університету : зб. наук. пр. *Серія «Педагогіка та психологія»*. Чернівці, 2009. Вип. 469. С. 32–40.
17. Генкал С. Е. Формування предметної компетентності в учнів профільних класів на уроках біології. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2016. № 4 (30). С. 127–134.
18. Головань М. С., Яценко В. В. Сутність та зміст поняття «дослідницька компетентність». *Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі*. 2012. №7. С. 55–62.

19. Гончаренко С. У. Український педагогічний енциклопедичний словник. 2-ге вид., доп. й випр. Рівне : Волинські обереги, 2011. 552 с.
20. Горшкова Л. М. Педагогічні умови формування дослідницької компетентності студентів біологічного профілю. *Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Сер.: Педагогічні науки*. 2015. Вип. 27. С. 78–84.
21. Грицай Н., Голотюк К. Реалізація інтегративного підходу у сучасній природничій освіті України. *Актуальні питання та перспективи інноваційного розвитку науки та освіти в умовах євроінтеграції*: зб. тез доповідей учасн. Міжнар. наук.–практ. конф. м. Рівне. 14 листоп. 2024 р. Міжнар. економ.–гуманіт. ун–т ім. акад. Степана Дем'янчука. Рівне : МEGУ, 2024. Ч II. С. 21–22. URL: <https://dspace.megu.edu.ua:8443/jspui/handle/123456789/53683>.
22. Гуз К. Ж. Теоретичні та методичні основи формування в учнів цілісності знань про природу. Полтава : Довкілля-К, 2004. 472 с.
23. Державний стандарт базової та повної загальної середньої освіти. URL: www.mon.gov.ua.
24. Загальна методика навчання біології: навч. посіб. /І. В. Мороз, А. В. Степанюк, О. Д. Гончар; За ред. І.В. Мороза. К. Либідь, 2006. 592 с.
25. Закон України «Про загальну середню освіту» від 13.05.1999 № 651–XIV URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/651-14> (дата звернення: 4.02.2025).
26. Закон України «Про освіту»: URL <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1060-12> (дата звернення: 04.02.2025).
27. Засекіна Т. М. Інтеграція в шкільній природничій освіті: теорія і практика : монографія. Київ : Педагогічна думка, 2020. 400 с.
28. Збірник навчальних програм курсів за вибором та факультативів з біології для допрофільної підготовки та профільного навчання. Кам'янець Подільський: Аксіома, 2019. 246 с.

29. Зелений П. О. Проектно-задачний підхід в практиці екологічних факультативів обдарованих учнів старшої школи та результативність його застосування. *Молодий вчений*. 2018. №5 (1). С. 42–45.

30. Інтегративний функціонально-галузевий підхід як чинник прогнозування і побудови моделей педагогічної природничо–наукової освіти: монографія / М. Т. Мартинюк та ін. Умань : ФОП Жовтий О. О., 2013. 174 с.

31. Іщенко В. І. Методи навчання на факультативних заняттях з біології. Методика викладання природничих дисциплін у вищій школі. *XV Каришинські читання* : зб. наук. пр. міжнар. наук.–практ. конф., (Полтава, 29–30 трав. 2008 р.) / за заг. ред. М. В. Гриньової ; Ін–т інновац. технологій та змісту освіти, Ін–т педагогіки АПН України, Полтав. держ. пед. ун–т імені В. Г. Короленка. Полтава : Астроя, 2008. С. 206–207.

32. Кизенко В. І. Варіативний компонент змісту освіти в основній і старшій школі : теорія і практика. Київ : ВД «Слово», 2018. 405 с.

33. Коваленко С. О. Розвиток творчої самостійності в учнів у навчальному процесі з біології. Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні питання природничих наук та методика їх викладання» (Ніжин, 22–23 лютого, 2012). Ніжин, 2012. С. 168–169.

34. Комарова О. В. Методика викладання біології у профільній школі. Практичний курс: методичні інструкції до проведення практичних занять з дисципліни «Методика викладання біології у профільній школі». Кривий Ріг : КДПУ, 2017. 59 с.

35. Концепція «Нова українська школа». URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/nova-ukrainska-shkola> (дата звернення 17.11.2024).

36. Коршевнік Т. В., Абрамчук О. М., Добростан О. В. Стратегії інтеграції міждисциплінарних підходів у викладанні біології для підвищення критичного мислення здобувачів освіти. *Педагогічна академія: наукові записки*. 2024. Вип. 8. С. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.128201059>.

37. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи. К.: Логос, 2005. 730 с.

38. Кучук С. Теоретичні основи факультативу як форми організації навчання біології у старшій школі. *Рідна школа*. 2014. 8–9. С. 32–35.

39. Кучук С. Ю. Формування у старшокласників знань про нанотехнології у процесі факультативного навчання біології. PhD Thesis. Київ, 2016. 270 с.

40. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. К.: Наукова думка, 2005. 272 с.

41. Лабораторний практикум з біотехнології. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з циклу «Розмноження рослин *in vitro*» для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання / упоряд. Колесник А. В., Сікура А. О., Гедзур Т. І. Ужгород, 2023. 30 с.

42. Логвіна-Бик Т. А., Олійник Х. О. Особливості методики проведення факультативних занять з біології як засіб екологічної освіти школярів у методичних дослідженнях майбутніх вчителів біології. *Екологічні дослідження у Вищих навчальних закладах: збірка наукових праць* / За ред. М. М. Сидорович. Херсон: ФОП Вишемирський В.С., 2018. С. 274–278.

43. Логвіненко Н. Факультативи як форма організації диференціації та індивідуалізації навчання старшокласників. *Українська література в загальноосвітній школі*. 2011. № 9. С. 43–48.

44. Маліношевська Ю. А. Впровадження проектного навчання на уроках біології в профільних класах. *Природничі науки*. 2015. №12. С.119–124.

45. Матяш Н. Реалізація варіативного складника профільного навчання біології здобувачів освіти в контексті компетентнісного підходу. *Педагогічна освіта: теорія і практика*. 2019. №27. С. 146–151.

46. Матяш Н. Ю. Компетентнісний підхід до конструювання варіативного складника профільної середньої біологічної освіти. *Освіта XXI століття: теорія, практика, перспективи*: матеріали Першої міжнародної науково–практичної Інтернет–конференції (18 квітня 2019 р., Київ). Редакційна колегія, 2019, 98 с.

47. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Біотехнологія рослин:

підручник. К. : Поліграф Консалтинг, 2003. С. 481–487.

48. Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/> (дата звернення: 19.06.2025).

49. Мороз І. В., Степанюк А. В., Гончар О. Д., Міщук Н. Й., Барна Л. С., Жирська Г. Я. Загальна методика навчання біології: навч. видання. Київ : «Либідь». 2006. 565 с.

50. Програма з біології і екології для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти: профільний рівень, затверджена наказом Міністерства освіти і науки України від 23.10.2017 № 1407.

51. Речицький О. Н. Факультативні курси для учнів спеціалізованих класів хіміко-біологічного профілю : метод. посіб. Херсон : Айлант, 2013. Ч. 1. 205 с.

52. Речицький, О. Н. Факультативні курси для учнів спеціалізованих 10–11 класів загальноосвітніх навчальних закладів хімічного та біологічного профілів : метод. посіб. Херсон : Айлант, 2012. Ч. 2. 215 с.

53. Сатарова Т. М., Абраїмова О. Є., Вінніков А. І., Черенков А. В. Біотехнологія рослин : навчальний посібник. Дніпропетровськ : Адверта, 2016. 136 с.

54. Степанюк А. В. Формування цілісних знань школярів про живу природу: монографія. Тернопіль : Вектор, 2012. 228 с.

55. Страшнюк Н. М. Короткий словник основних біотехнологічних термінів та понять. Тернопіль: Підручники і посібники. 1995. 32 с.

56. Теоретичні та методичні засади інтеграції природничо-наукової освіти основної школи : посібник / Ільченко В. Р. та ін. Київ. 2017. 320 с.

57. Трускавецька І. Я., Новікова І. Формування дослідницьких компетенцій на уроках біології. XIV Міжнародна науково-практична конференція «*Multidisciplinary research*», 21–24 грудня 2020 р., Більбао, Іспанія. С. 353.

АНОТАЦІЯ

Собчак Д. І. Факультативний курс «Основи біотехнології» у профільній школі як засіб підготовки учнів до вибору сучасних професій. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини). ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 57 с.

Досліджено проблему організації факультативного навчання в системі шкільної біологічної освіти та обґрунтовано педагогічні й методичні засади розроблення факультативного курсу «Основи біотехнології» для учнів профільної школи. У роботі здійснено теоретичний аналіз сутності факультативного навчання, його ролі в диференціації та індивідуалізації освітнього процесу, вивчено сучасні підходи до організації біологічних факультативів. Розкрито структуру, зміст, форми та методи проведення факультативних занять, окреслено можливості розвитку пізнавальної мотивації та дослідницької діяльності учнів.

Розроблено програму факультативного курсу «Основи біотехнології» для 10 класу, визначено його мету, завдання, принципи відбору змісту, організаційно-методичні підходи та види навчальної діяльності. Встановлено, що систематичне вивчення біотехнологічних тем сприяє підвищенню рівня навчальних досягнень, розвитку критичного мислення, формуванню дослідницьких умінь, а також позитивно впливає на професійне самовизначення старшокласників.

Ключові слова: факультативний курс, біотехнологія, профільна школа, STEM-освіта, професійне самовизначення.

ABSTRACT

Sobchak D. I. The Elective Course «Fundamentals of Biotechnology» in Specialized Secondary Schools as a Tool for Preparing Students to Choose Modern Professions. Master's thesis for the MA degree in the specialty 014.05 Secondary Education (Biology and Human Health). Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Ternopil, 2025. 57 p.

The problem of organizing elective learning in the system of school biological education has been investigated, and the pedagogical and methodological foundations for developing the elective course “Fundamentals of Biotechnology” for students of a specialized upper secondary school have been substantiated. The study provides a theoretical analysis of the essence of elective learning, its role in the differentiation and individualization of the educational process, and examines modern approaches to organizing biology electives. The structure, content, forms, and methods of conducting elective classes are revealed, and the possibilities for developing students’ cognitive motivation and research activity are outlined.

A curriculum for the elective course “Fundamentals of Biotechnology” for Grade 10 has been developed, and its purpose, objectives, principles of content selection, organizational and methodological approaches, and types of learning activities have been defined. It has been established that the systematic study of biotechnological topics contributes to improving academic achievement, developing critical thinking, forming research skills, and has a positive impact on the professional self-determination of upper secondary school students.

Key words: elective course, biotechnology, specialized school, STEM