МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра біології та хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітній ступінь бакалавр

на тему: **СПАДКОВІСТЬ І ЗДОРОВ'Я: ПЕДАГОГІЧНІ ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ ШКОЛЯРІВ**

Виконала: студентка VI курсу, 49 групи
Голота Єлізавета Миколаївна
Освітня програма Середня освіта (Біологія та здоров'я людини). Психологія
Спеціальності 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини. Хімія)
Керівник: к.с.-г.н., доц. Заболотна А.В.
Рецензент: к.геогр. н., доц. Безлатня Л.О.

Умань–2026

ЗМІСТ

ВСТУП ……..…. 3

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ УЧНІВ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ…….. 7

1.1. Сутність поняття «генетична грамотність»: теоретичні засади, структурні компоненти та значення для формування культури здоров'я…….. 7

1.2. Синтетична біологія та зв'язок генетики з екологічним здоров'ям людини ……. 10

РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ…….. 15

2.1. Умови, етапи та організація науково-педагогічного дослідження ……. 15

2.2. Форми, методи та засоби вивчення сучасної генетики в закладах загальної середньої освіти …… 17

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТА ПЕДАГОГІЧНІ ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ…….. 21

3.1. Аналіз сучасних шкільних програм і підручників щодо висвітлення питань спадковості та здоров'я…… 21

3.2. Педагогічні шляхи формування генетичної грамотності на уроках біології ……. 23

3.3. Спадковість і здоров'я в шкільній програмі з біології……. 25

3.4. Розгорнута методична картка уроку за темою «Новітні зрушення в генетичній науці»……. 31

3.5. Сценарій навчальної дискусії «За і проти геномного редагування людини»……. 39

3.6. Паспорти учнівських мініпроєктів…… 40

3.7. Типові учнівські уявлення та помилки під час вивчення сучасної генетики……. 42

ВИСНОВКИ…… 47

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ …… 48

ВСТУП

Ефективне управління здоров'ям і профілактика патологій можливі лише за умови глибокого розуміння підлітками закономірностей функціонування генетичного апарату та його вразливості до мутагенних і генотоксичних тригерів (радіаційного, хімічного та вірусного походження, а також тютюнопаління, алкоголізму та вейпінгу). У вітчизняному освітньому просторі це завдання покладено на наскрізну змістову лінію «Здоров'я і безпека» у шкільних курсах біології та екології, яка покликана сформувати у школярів здоров'язбережувальну компетентність.

Актуальність теми. Тектонічні зрушення в галузі молекулярної біології, геноміки, епігенетики та біотехнології, що відбулися на межі чверті XXI століття, докорінно змінили парадигму взаємодії людини з власним організмом та біосферою. У сучасних реаліях генетична грамотність особистості перестає бути елементом вузькоспеціалізованого знання, трансформуючись у життєво необхідну складову загальнокультурної компетентності людини. Актуальність цього процесу підкреслюється класичною формулою ВООЗ, згідно з якою соматичний статус індивіда на 50% зумовлюється вектором його повсякденної поведінки (способом життя), на 20% – станом навколишнього середовища, на 20% – ендогенними факторами (спадковістю) і лише на 10% – безпосередньою дією системи охорони здоров'я.

Проте аналіз теорії та практики навчання біології виявляє глибоке протиріччя між високим темпом наукових відкриттів (таких як прецизійне редагування геному CRISPR/Cas9, фармакогеноміка, таргетна терапія, ДНК-скринінг) та традиційними, часто репродуктивними методичними підходами до їх викладання. Сучасні підручники з біології і екології для 10-11 класів (рівень стандарту), зокрема авторства В. І. Соболя та К. М. Задорожного, демонструють кардинально різні концептуальні стратегії реалізації єдиної державної програми. Якщо концепція В.І. Соболя орієнтована на академічно-

поглиблений, міжпредметний та ціннісно-орієнтований виклад для розширення світогляду, то підручник К.М. Задорожного робить ставку на лаконічність, візуалізацію, інтерактивність та цифрову підтримку (QR-коди, онлайн-тестування).

У зв'язку з цим виникає гостра потреба в науковому обґрунтуванні, систематизації та методичній інтеграції цих варіативних стратегій, розробці збалансованого дидактичного інструментарію (контекстних кейсів, робочих аркушів, паспортів проєктів), який дозволить ефективно поєднати академічну глибину з практико-орієнтованою діяльністю учнів (родоводи, генетичні задачі, STEM-проєктування). Необхідність вирішення цього методичного завдання обумовила вибір теми дослідження.

Об'єкт дослідження: процес навчання біології та екології учнів старшої школи в закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження: педагогічні стратегії, методи та дидактичні засоби формування генетичної грамотності та здоров'язбережувальної компетентності школярів під час вивчення теми «Спадковість і здоров'я».

Мета дослідження: теоретично обґрунтувати, методично спроектувати та експериментально перевірити комплексну систему педагогічних шляхів і дидактичних матеріалів для формування генетичної грамотності школярів у процесі вивчення питань спадковості та медичної генетики.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання дослідження:**

- проаналізувати стан досліджуваної проблеми в педагогічній теорії та шкільній практиці; здійснити порівняльний аналіз чинних підручників з біології та екології для 10-11 класів (зокрема, авторів В. І. Соболя та К. М. Задорожного) щодо втілення наскрізної лінії «Здоров'я і безпека»;
- розкрити сутність, структуру та критерії сформованості генетичної грамотності школярів як інтегративного освітнього результату;

- розробити методичний комплекс, що поєднує теоретичний контент медичної генетики з практично-орієнтованою діяльністю учнів (кейс-методи, генеалогічний метод, STEM-проектування, контекстні робочі аркуші);

- обґрунтувати методичні рекомендації щодо делікатного та безпечного викладання етично чутливих і біоетичних питань генетики в школі;

- експериментально перевірити ефективність запропонованих педагогічних шляхів та дидактичних засобів формування генетичної грамотності учнів.

Що дозволить досягти послідуючих цільових орієнтирів:

- забезпечити глибоке розуміння учнями молекулярно-генетичної складової соматичного статусу, епігенетичних механізмів, природи мутагенезу та принципів індивідуалізованої медицини й медико-генетичного консультування;

- розвинути вміння школярів здійснювати аналіз багатофакторних кейсів, розв’язувати генетичні задачі, моделювати родоводи та проводити верифікацію наукової інформації (медіаграмотність);

- сформувати стійкі ціннісні орієнтації, відповідальне ставлення до екологічної безпеки та власного способу життя, а також біоетичну культуру й повагу до інформаційної приватності особистості.

Методи дослідження: теоретичні (аналіз науково-методичної, біологічної та психолого-педагогічної літератури, нормативних документів та навчальних програм; компаративний аналіз шкільних підручників для виявлення їх дидактичного потенціалу; емпіричні (педагогічне спостереження, анкетування, тестування школярів, аналіз продуктів навчальної діяльності).

Практична значущість результатів дослідження полягає у тому, що розроблені дидактичні та методичні матеріали можуть безпосередньо використовуватися у практичній діяльності вчителів біології закладів

загальної середньої освіти та використані під час створення методичних посібників, у системі підвищення кваліфікації педагогічних працівників та у процесі підготовки студентів природничих спеціальностей у закладах вищої педагогічної освіти.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ УЧНІВ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ НАУКИ

1.1. Сутність поняття «генетична грамотність»: теоретичні засади, структурні компоненти та значення для формування культури здоров'я

Наукові підходи до визначення поняття «генетична грамотність»

У сучасному науковому дискурсі поняття генетичної грамотності набуває особливого значення у зв'язку зі стрімким розвитком молекулярної біології, медичної генетики, геноміки та біотехнологій. У працях зарубіжних і українських дослідників генетична грамотність трактується не лише як обсяг знань про спадковість, а як інтегрована характеристика особистості, що визначає її здатність орієнтуватися у питаннях генетики, оцінювати ризики для здоров'я та приймати відповідальні рішення.

У наукових роботах із педагогіки, біологічної освіти та медичної психології наголошується, що сучасна людина постійно стикається з інформацією про генетичні дослідження, спадкові хвороби, генетичне тестування, репродуктивне здоров'я, тому базова генетична грамотність стає складником загальної культури особистості.

Дослідники у сфері біоосвіти розглядають генетичну грамотність як систему наукових знань про механізми спадковості; здатність використовувати генетичну інформацію в життєвих ситуаціях; готовність до відповідальної поведінки щодо власного здоров'я; усвідомлення етичних аспектів розвитку генетичних технологій.

Особливої актуальності проблема набула у XXI столітті, коли результати генетичних досліджень почали активно впливати на медицину, планування сім'ї, профілактику захворювань та персоналізоване лікування.

У науковій літературі генетична грамотність розглядається крізь призму кількох підходів.

Представники компетентнісної парадигми вважають, що генетична грамотність є складником природничо-наукової компетентності. Вона охоплює не лише знання, а й здатність застосовувати їх у практичній діяльності.

Науковці наголошують, що учень повинен розуміти механізми спадковості, пояснювати причини генетичних захворювань, оцінювати вплив середовища на реалізацію спадкової інформації, аналізувати ризики для здоров'я та критично оцінювати інформацію із засобів масової комунікації.

У межах особистісного ж підходу, генетична грамотність розглядається як умова формування відповідального ставлення до життя і здоров'я. Особливе значення надається розвитку цінностей, мотивації та свідомого вибору здорового способу життя.

Дослідники підкреслюють, що знання генетики мають сприяти усвідомленню унікальності людини, формуванню гуманістичних цінностей, розвитку толерантності щодо осіб зі спадковими порушеннями та відповідальному ставленню до репродуктивної поведінки.

Наукові праці останніх років акцентують увагу на тому, що генетична грамотність є елементом культури сучасного суспільства (третій підхід). Людина повинна орієнтуватися у соціальних, правових та етичних питаннях, пов'язаних із генетичними технологіями [1, 2].

У цьому контексті генетична грамотність передбачає розуміння меж використання генетичних технологій й усвідомлення проблем біоетики, критичне ставлення до псевдонаукової інформації та здатність оцінювати соціальні наслідки наукових відкриттів.

У більшості сучасних досліджень структура генетичної грамотності включає когнітивний, ціннісний та діяльнісний компоненти.

Когнітивний складник є базовою основою генетичної грамотності. Він охоплює систему наукових понять, фактів, закономірностей та уявлень про

спадковість і мінливість (знання про будову клітини, гена, ДНК і хромосом; розуміння механізмів передачі спадкової інформації; знання законів Менделя; уявлення про генотип і фенотип; розуміння природи мутацій; знання про спадкові та мультифакторні захворювання; розуміння впливу екологічних факторів на генетичні процеси).

Науковці підкреслюють, що сучасна генетична освіта повинна виходити за межі механічного засвоєння термінів. Важливим є формування причинно-наслідкового мислення та здатності пояснювати біологічні явища.

Особливу увагу також приділяють поняттю функціональної генетичної грамотності – здатності застосовувати знання для вирішення практичних ситуацій.

Ціннісний складник відображає систему переконань, моральних установок і мотивацій особистості, саме цей компонент визначає гуманістичну спрямованість генетичної освіти. Його основними характеристиками є: усвідомлення цінності людського життя, відповідальне ставлення до власного здоров’я, позитивна мотивація до здорового способу життя, толерантність до людей із генетичними особливостями, готовність до етичного оцінювання біотехнологій, відповідальне ставлення до майбутнього батьківства.

Дослідники підкреслюють, що сучасна школа повинна не лише передавати знання, а й формувати моральну відповідальність за використання досягнень науки. Тому особливо актуальними є питання генетичного тестування й репродуктивного вибору, конфіденційності генетичної інформації та етичних меж втручання у геном людини.

Діяльнісний складник характеризує здатність людини використовувати генетичні знання у практичному житті. Це уміння аналізувати інформацію про спадкові ризики, навички профілактики захворювань, здатність приймати відповідальні рішення, використання знань про здоровий спосіб життя, уміння працювати з науковою інформацією, здатність критично оцінювати медичні повідомлення та рекламу.

У працях із педагогіки здоров’я наголошується, що саме діяльнісний компонент забезпечує перехід знань у реальну поведінку. Наприклад, генетично грамотна людина розуміє значення профілактичних медичних обстежень та усвідомлює небезпеку шкідливих звичок, враховує спадкові фактори під час планування сім’ї та відповідально ставиться до репродуктивного здоров’я.

У сучасних наукових дослідженнях культура здоров’я визначається як інтегральна характеристика особистості, що поєднує знання, цінності та поведінку, спрямовані на збереження фізичного, психічного та соціального благополуччя [3, 4].

Генетична грамотність посідає важливе місце у структурі культури здоров’я через кілька причин. Усвідомлення ролі спадковості у здоров’ї людини (захворювань мають спадкову або мультифакторну природу). Розуміння цього дозволяє людині оцінювати ризики, дотримуватися профілактичних заходів, своєчасно проходити медичні обстеження, коригувати спосіб життя.

Дослідники вказують, що генетична грамотність сприяє розвитку, а саме: критичного мислення; наукового стилю мислення; уміння аналізувати інформацію; стійкості до псевдонаукових тверджень.

Це особливо важливо в умовах поширення недостовірної інформації про «генетичні дива», псевдолікування та антинаукові концепції.

1.2. Синтетична біологія та зв’язок генетики з екологічним здоров’ям людини

Синтетична біологія є одним із наймолодших, але водночас найдинамічніших напрямів сучасної науки, що поєднує досягнення генетики, молекулярної біології, біоінформатики, інженерії та хімії. На відміну від традиційної генної інженерії, яка переважно змінює окремі елементи вже існуючих біологічних систем, синтетична біологія орієнтована на

проєктування нових генетичних конструкцій, штучних регуляторних контурів та біологічних систем із наперед заданими властивостями. Таким чином, живий організм розглядають не лише як об’єкт спостереження, а і як складну систему, параметри якої можна моделювати, комбінувати та оптимізувати [1, 3].

Прикладами досягнень синтетичної біології є створення бактерій-продуцентів лікарських речовин, мікроорганізмів для біоремедіації, систем біосенсорів, здатних виявляти токсини або патогени, а також клітинних платформ для виробництва біопалива. У майбутньому потенціал цього напряму може розширитися до створення більш безпечних вакцин, нових матеріалів біологічного походження, систем адресної доставки ліків і розумних екологічних технологій. У шкільному викладанні синтетичну біологію доцільно репрезентувати як приклад того, як фундаментальні знання про ген, білок, регуляцію експресії та клітинні процеси перетворюються на інноваційні технологічні рішення [5, 6].

Водночас синтетична біологія порушує низку складних питань. Насамперед це проблема біобезпеки: штучно модифіковані системи не повинні завдавати шкоди людині, іншим організмам або екосистемам. Важливими є також етичні аспекти проєктування живих систем, межі втручання людини в природу, патентування біологічних технологій та доступність отриманих результатів для суспільства. Для шкільної освіти це означає необхідність збалансованого висвітлення як можливостей, так і ризиків синтетичної біології [3, 4].

Окремого розгляду потребує зв’язок генетики з екологічним здоров’ям людини. У сучасній науці дедалі чіткіше простежується ідея, що генетичне здоров’я не можна аналізувати ізольовано від стану довкілля. Хімічні забруднювачі, важкі метали, пестициди, радіаційне випромінювання, тютюновий дим, алкоголь, деякі виробничі фактори та інші мутагени можуть ушкоджувати ДНК, підвищувати частоту мутацій, впливати на системи репарації або змінювати епігенетичний статус клітин. Таким чином,

екологічна тематика набуває для генетики не допоміжного, а принципового значення [1, 2].

Особливо важливо підкреслити цей зв’язок у контексті виховання здоров’язбережувальної та екологічної компетентності учнів. Коли школярі усвідомлюють, що якість води, повітря, харчових продуктів, а також власні поведінкові звички можуть бути пов’язані не лише з короткочасним погіршенням самопочуття, а й із довготривалими генетичними та епігенетичними наслідками, біологічні знання набувають особистісного сенсу. Саме тут генетика перестає бути абстрактною наукою про гени й перетворюється на інструмент осмислення реального життя [2, 3, 4].

Освітній потенціал цієї теми полягає в міждисциплінарності. Вона поєднує генетику з екологією, хімією, основами здоров’я, громадянською освітою та навіть географією. У навчальному процесі це може реалізовуватися через дослідницькі мініпроєкти про мутагени в довкіллі, аналіз інформації про якість питної води, обговорення кейсів впливу промислового забруднення на здоров’я населення, дискусії про ГМО та біотехнології, а також через розгляд прикладів використання синтетичної біології для очищення середовища. [4, 5, 6].

Пояснюючи учням взаємозв’язок екології та генетичного здоров’я, учитель має уникати як надмірного драматизму, так і знецінення проблеми. Не кожен вплив автоматично призводить до спадкових порушень, однак систематичний контакт із мутагенними чинниками підвищує ризики ушкодження клітинного генетичного матеріалу. Коректне подання такого матеріалу сприяє не страху, а відповідальному ставленню до профілактики та безпеки [4, 6].

Таким чином, синтетична біологія і проблематика екологічного генетичного здоров’я демонструють, що сучасна генетика є водночас високотехнологічною та соціально значущою наукою. Її вивчення в школі дає можливість формувати в учнів цілісне бачення взаємодії науки,

технології, здоров’я і довкілля, а отже – підвищує якість природничої освіти в цілому [1, 2, 3].

Синтетична біологія постала на перетині генетики, молекулярної біології, інженерії, інформатики та біотехнології. На відміну від класичної генетичної інженерії, де головним завданням є внесення певної зміни в існуючий організм, синтетична біологія прагне проектувати нові біологічні функції, модулі та генетичні схеми за принципом design-build-test-learn. Це означає, що біологічні системи розглядаються як такі, що можуть бути раціонально спроектовані, зібрані, протестовані й оптимізовані. У межах цього напряму створюють генетичні перемикачі, сенсори, біологічні контури регуляції, штучні метаболічні шляхи та мікроорганізми-продуценти корисних речовин [1,7].

Практичні результати синтетичної біології вже сьогодні охоплюють виробництво лікарських сполук, біопалива, біорозкладних матеріалів, систем біоремедіації та біосенсорів для виявлення токсинів. Для шкільного курсу важливо, що ця галузь допомагає учням побачити біологію як науку не лише описову, а й конструктивну. Водночас це вимагає від учителя обережності: необхідно підкреслювати, що конструювання живих систем пов’язане з біобезпекою, оцінкою ризиків, нормативним регулюванням і суспільним контролем. Отже, синтетична біологія може бути введена в школу як приклад міждисциплінарної науки майбутнього, але без технократичного спрощення її наслідків [1, 2, 5, 6].

У підтемі про зв’язок генетики з екологічним здоров’ям людини особливу роль відіграє поняття генотоксичного та епігенетичного впливу середовища. Хімічні забрудники, важкі метали, продукти неповного згоряння, компоненти тютюнового диму, ультрафіолетове випромінювання, деякі інфекційні агенти можуть пошкоджувати ДНК, підвищувати частоту мутацій або змінювати епігенетичну регуляцію. Забруднена вода заслуговує окремого обговорення, оскільки вона може бути джерелом хімічних сполук із потенційною мутагенною або канцерогенною дією. Для учнів дуже важливо

зрозуміти, що екологічне благополуччя не є абстракцією: воно пов’язане з молекулярними механізмами збереження генетичної стабільності [5, 6].

Освітньо доцільно подавати тему екології та генетичного здоров’я через реальні життєві ситуації: які наслідки можуть мати шкідливі звички, чому важливі санітарні стандарти води, як оцінюють ризик дії мутагенних факторів і чому профілактика часто є ефективнішою за лікування. Таке наповнення дозволяє поєднати вивчення молекулярних механізмів з вихованням відповідального ставлення до власного здоров’я та довкілля. Саме тут сучасна генетика органічно входить у простір екологічної освіти й освіти для сталого розвитку, стаючи не лише академічним знанням, а й основою практичної життєвої компетентності [42].

Сучасна генетика розвивається у напрямі підвищення точності молекулярних технологій, зростання клінічної та екологічної значущості, а також посилення міждисциплінарних зв’язків. Найбільш перспективними для шкільної інтеграції є теми редагування геному, епігенетики, персоналізованої медицини, фармакогенетики, синтетичної біології та генетичного здоров’я людини в контексті довкілля. Їх введення до шкільного курсу доцільно здійснювати через понятійне ядро класичної генетики, доповнюючи його сучасними прикладами, етичними обговореннями та практико-орієнтованими завданнями [9-11].

РОЗДІЛ 2
МЕТОДОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Умови, етапи та організація науково-педагогічного дослідження

Вивчення можливостей інтеграції новітніх досягнень генетики у шкільний курс біології вимагало спеціально вибудуваного методичного підходу. Йдеться не про класичне лабораторне дослідження, а про науково-педагогічний аналіз змісту освіти, його відповідності сучасному стану біологічної науки та шляхів адаптації складних генетичних знань до рівня шкільного навчання. Умови проведення дослідження визначалися потребою поєднати аналіз сучасних біологічних і медико-генетичних джерел із вивченням освітніх стандартів, навчальних програм, методичних матеріалів і практичних потреб шкільної біологічної освіти.

Структура дослідження охоплювала декілька взаємопов’язаних етапів. Перший етап передбачав пошук, відбір і систематизацію наукових джерел, присвячених актуальним проблемам сучасної генетики. Основна увага приділялася працям, у яких висвітлено питання геномного редагування, епігенетичних механізмів, персоналізованої медицини, фармакогенетики, синтетичної біології та взаємозв’язку генетики з екологічною безпекою. Визначальним критерієм відбору була не лише наукова достовірність інформації, а й можливість її подальшої адаптації для освітнього процесу.

На другому етапі здійснювався аналіз нормативно-правового забезпечення загальної середньої освіти. Було опрацьовано Державний стандарт базової середньої освіти, типові та модельні навчальні програми, а також документи, що регламентують очікувані результати навчання у природничій освітній галузі. Такий підхід дав можливість визначити, наскільки чинний зміст шкільної біології створює умови для інтеграції

сучасних генетичних знань і які тематичні компоненти можуть бути оновлені відповідно до сучасного рівня науки [8, 12, 13, 14, 15].

Третій етап полягав у співвіднесенні новітніх досягнень генетики зі змістовими лініями шкільного курсу біології. У результаті було встановлено, що найбільший потенціал для інтеграції мають теми спадковості, мінливості, мутацій, молекулярних основ життя, здоров'я людини, біотехнологій, екологічних ризиків та етичних аспектів науки. Саме ці теми створюють умови для оновлення навчального матеріалу, розширення практичних прикладів та переходу від репродуктивного навчання до проблемно-пошукової діяльності учнів.

Четвертий етап мав проєктувальний характер і був спрямований на моделювання способів включення сучасної генетики у навчальний процес. Розглядалися різні форми роботи: окремі елементи уроків, узагальнювальні заняття, дискусії, STEM-проєкти, кейс-методи, інтегровані уроки та факультативні курси. Особлива увага приділялася віковій доступності навчального матеріалу, добору наукової термінології, використанню візуалізацій і аналогій, а також педагогічній доцільності кожного запропонованого підходу.

Організація дослідження мала комплексний характер і поєднувала науково-теоретичний, нормативно-аналітичний та педагогічно-проєктувальний напрями. Це дозволило не лише систематизувати сучасні досягнення генетики, а й визначити практичні механізми їх методично обґрунтованого впровадження у шкільний курс біології.

Дослідження мало теоретико-аналітичну основу та педагогічну спрямованість. На відміну від експериментальних біологічних робіт, де об'єктом дослідження є природні або лабораторні системи, у цій роботі основна увага приділялася дидактичним і змістовим можливостям інтеграції сучасної генетики у шкільну освіту. У ролі дослідницького матеріалу виступали офіційні освітні документи, модельні навчальні програми, наукові праці з генетики та методики навчання біології, а також авторські педагогічні

розробки. Такий підхід забезпечив можливість одночасного врахування сучасних досягнень науки, вимог освітньої політики та реалій шкільної практики.

2.2. Форми, методи та засоби вивчення сучасної генетики в закладах загальної середньої освіти

Сучасна генетика належить до найбільш складних, але водночас надзвичайно перспективних компонентів шкільної біологічної освіти. Її ефективне вивчення можливе лише за умови раціонального поєднання різних форм організації навчання, методів роботи та сучасних засобів навчання. Специфіка цієї галузі полягає у тому, що вона вимагає не лише засвоєння фактів і термінів, а й розвитку в учнів уміння аналізувати інформацію, критично оцінювати наукові дані, розуміти імовірнісний характер біологічних процесів та брати участь у дискусіях щодо етичних аспектів науки. У зв’язку з цим методична система вивчення сучасної генетики повинна мати компетентнісну спрямованість і відзначатися варіативністю [13].

Серед організаційних форм навчання найбільш ефективними є комбіновані уроки, уроки засвоєння нового матеріалу, практичні заняття, інтегровані уроки, STEM-заняття, дискусійні форми роботи, навчальні проєкти та факультативні модулі. Комбінований урок доцільний для поступового введення окремих генетичних понять у межах чинної програми, тоді як урок-дискусія є особливо результативним під час розгляду суперечливих тем, наприклад редагування геному людини чи використання генетично модифікованих організмів. Інтегровані уроки створюють умови для поєднання генетики з екологією, хімією, інформатикою та основами здоров’я, а STEM-формат сприяє розвитку дослідницьких і практичних умінь школярів [14, 15].

Особливе значення у процесі вивчення сучасної генетики мають активні методи навчання. Серед них варто виокремити проблемний виклад, евристичну бесіду, кейс-метод, навчальну дискусію, аналіз інформаційних матеріалів, метод проєктів, моделювання та різні способи візуалізації. Проблемний підхід дозволяє організувати навчання навколо наукової проблеми чи суперечності. Наприклад, учням можна запропонувати обговорення таких питань: «Чи є редагування геному етично допустимим?», «Чому однакові лікарські препарати мають різний ефект у різних людей?», «Яким чином спосіб життя впливає на активність генів?». Подібні запитання активізують пізнавальну діяльність і допомагають учням зрозуміти логіку сучасних наукових досліджень [8, 16].

Важливу роль відіграють і засоби навчання. До традиційних засобів належать підручники, таблиці, схеми, біологічні моделі, презентації та дидактичні матеріали. Проте сучасна генетика потребує ширшого використання цифрових технологій: інтерактивних моделей, анімацій молекулярних процесів, віртуальних лабораторій, симуляторів редагування генів, навчальних відео та сервісів для створення інфографіки. Значення візуалізації особливо велике через те, що більшість генетичних процесів відбувається на молекулярному рівні та є недоступною для безпосереднього спостереження [14, 15].

Під час роботи зі складним термінологічним матеріалом ефективним є використання аналогій. Наприклад, геном можна описувати як «бібліотеку інструкцій», ген – як окремий «рецепт», епігенетичні механізми – як систему «позначок доступу», а технологію CRISPR/Cas9 – як інструмент редагування тексту з високою точністю. Водночас педагог повинен пояснювати умовність таких порівнянь, щоб уникнути спрощеного або помилкового розуміння біологічних процесів. Використання образних асоціацій особливо ефективне для учнів основної школи [8, 14].

Для формування в учнів відповідального ставлення до досягнень сучасної генетики важливе місце посідають дискусійні методи. Обговорення

проблем генетичного модифікування організмів, втручання у геном людини, збереження генетичних даних чи можливих екологічних наслідків біотехнологій сприяє розвитку вмінь аргументовано висловлювати думку, поважати альтернативні позиції та усвідомлювати соціальну відповідальність науки [8, 15, 16, 17].

Методична результативність навчання значно підвищується за умови поєднання репродуктивної та творчої діяльності. Учні повинні не лише відтворювати нові поняття, а й виконувати аналітичні завдання, працювати з різними джерелами інформації, створювати навчальні проєкти, постери та інфографіки, аналізувати медіаматеріали й виявляти інформаційні маніпуляції. Саме такий підхід забезпечує реальне оновлення змісту навчання, а не його формальне ускладнення,

Отже, форми, методи та засоби вивчення сучасної генетики повинні ґрунтуватися на принципах науковості, доступності, інтерактивності та практичної спрямованості. Лише за таких умов інтеграція новітніх генетичних знань у шкільний курс біології сприятиме підвищенню якості природничої освіти та формуванню сучасного наукового світогляду учнів [13, 17].

Серед форм організації навчання особливу ефективність демонструє проблемно-орієнтований урок. Його перевага полягає в тому, що сучасна генетика природно пов’язана з питаннями вибору, суперечностей і наукових дилем. Проблемні запитання, пов’язані з можливістю зміни геному людини, впливом середовища на реалізацію спадкової інформації чи особливостями дії лікарських засобів, активізують попередній досвід учнів та стимулюють пошук пояснень. Такий підхід відповідає компетентнісним засадам Нової української школи.

Проєктна діяльність і STEM-підхід є ефективними у випадках, коли навчання передбачає тривалу дослідницьку роботу. Учні можуть створювати моделі родоводів, інформаційні буклети щодо генетичних тестів, інфографіки про мутагени довкілля або порівняльні матеріали про методи редагування

геному. Інтеграція біології з математикою, інформатикою, хімією та громадянською освітою створює широкі можливості для міжпредметної взаємодії.

Цифрові засоби навчання мають особливу цінність у процесі вивчення генетики, адже дають змогу візуалізувати процеси, недоступні для безпосереднього спостереження. Інтерактивні моделі, віртуальні лабораторії та анімації допомагають продемонструвати механізми дії CRISPR/Cas9, процеси метилювання ДНК або взаємодію генетичних факторів із лікарськими препаратами. Водночас використання цифрових технологій повинно бути педагогічно доцільним і спрямованим не лише на створення візуального ефекту, а насамперед на поглиблення розуміння навчального матеріалу [13, 17].

Метод дискусії є незамінним у тих темах, де наукові знання тісно пов’язані з морально-етичними питаннями. Обговорення допустимості редагування зародкових клітин, проблеми захисту генетичних даних або ризиків нерівного доступу до біотехнологій формує в учнів навички аргументованого спілкування, толерантного ставлення до різних точок зору та вміння вести наукову полеміку [4, 6, 18].

Водночас оновлення методичного інструментарію неминуче змінює і професійну роль учителя. Сучасний педагог уже не виступає лише джерелом готової інформації, а стає фасилітатором, організатором освітнього середовища та наставником у процесі пізнавальної діяльності. Такий підхід забезпечує перехід від пасивного сприйняття знань до активної суб’єктної позиції учня, що є одним із ключових принципів Нової української школи.

РОЗДІЛ 3
МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТА ПЕДАГОГІЧНІ ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ГРАМОТНОСТІ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ БІОЛОГІЇ

3.1. Аналіз сучасних шкільних програм і підручників щодо висвітлення питань спадковості та здоров'я

Аналіз сучасних освітніх програм засвідчує, що питання генетики поступово набувають більшої ваги у шкільній освіті. Основні положення спадковості вивчаються у курсах біології у 9-11 класах.

Програми передбачають ознайомлення учнів із клітинною теорією, молекулярними основами спадковості, законами генетики, спадковими захворюваннями, генетикою людини, мутаціями та основами селекції та біотехнології. У старшій школі увага акцентується на прикладному значенні генетики для медицини, сільського господарства та охорони здоров'я.

У сучасних підручниках біології простежуються позитивні тенденції. Такі як наукова достовірність матеріалу (підручники містять сучасну термінологію та відповідають базовим досягненням біологічної науки); практична спрямованість; формування зв'язку між генетикою та здоров'ям та використання міжпредметних зв'язків.

Попри позитивні зміни, дослідники виявляють низку проблем. Зокрема переважання теоретичного матеріалу (часто учні запам'ятовують терміни без розуміння їх практичного значення), недостатня увага до сучасної генетики (у підручниках обмежено висвітлюються геномні технології, персоналізована медицина та біоінформатика), недостатнє висвітлення біоетичних проблем (етичні аспекти редагування геному, проблемаі конфіденційності генетичних даних, моральні наслідки біотехнологій) [19-23].

Курс «Основи здоров'я» виконує важливу роль у формуванні поведінкових аспектів культури здоров'я. У програмі значна увага

приділяється профілактиці захворювань, розвитку життєвих навичок, формуванню відповідальної поведінки, репродуктивному здоров'ю, впливу способу життя на здоров'я.

Науковці відзначають, що курс створює підґрунтя для розвитку ціннісного та діяльнісного компонентів генетичної грамотності.

Однак генетичні аспекти представлені переважно опосередковано. Безпосередньо питання спадковості висвітлюються недостатньо системно.

На основі аналізу наукових праць можна виокремити основні напрями вдосконалення.

Зокрема необхідно (на нашу думку):

- посилити інтеграцію генетики та здоров'язбережувальної освіти;
- оновити зміст навчальних програм відповідно до сучасної науки;
- збільшити кількість практикоорієнтованих завдань;
- розвивати критичне мислення;
- формувати навички аналізу медичної інформації;
- посилити увагу до біоетики;
- використовувати міждисциплінарний підхід.

Отже, генетична грамотність у сучасній освіті виступає важливим чинником формування культури здоров'я, наукового світогляду та відповідальної поведінки особистості. Її структура охоплює когнітивний, ціннісний та діяльнісний компоненти, які забезпечують комплексне розуміння проблем спадковості та здоров'я.

Аналіз наукових праць і сучасних шкільних програм свідчить, що українська освіта поступово орієнтується на компетентнісний підхід та інтеграцію генетичних знань із практикою здорового способу життя. Водночас існує потреба в оновленні змісту підручників, посиленні практичної складової та впровадженні сучасних досягнень генетики у шкільну освіту.

Формування генетичної грамотності учнів є необхідною умовою підготовки молоді до життя в умовах розвитку біотехнологій, персоналізованої медицини та інформаційного суспільства.

Це є критично важливим завданням сучасної освіти, оскільки здоров'я людини на 20 % залежить від спадковості, на 50 % – від способу життя, на 20 % – від навколишнього середовища і лише на 10 % – від медицини. Навчальна програма з біології та екології реалізує це завдання через наскрізну змістову лінію «Здоров'я і безпека», яка формує в учнів здоров'язбережувальну компетентність та готовність вести здоровий спосіб життя.

3.2. Педагогічні шляхи формування генетичної грамотності на уроках біології

Педагогічні шляхи формування такої грамотності включають поєднання теоретичних знань із практично-орієнтованою діяльністю. Ми узагальнили існуючий матеріал та виокремили окремі спрямування.

Вивчення основ медичної генетики та природи захворювань.

Учні знайомляться з тим, що всі хвороби людини мають генетичну складову і поділяються на спадкові (генні та хромосомні), хвороби зі спадковою схильністю (цукровий діабет, гіпертензія) та вроджені вади. Важливим аспектом є вивчення мутагенних факторів довкілля (радіація, хімічні речовини, віруси) та усвідомлення того, що шкідливі звички, такі як вживання алкоголю, наркотиків чи тютюнопаління, є потужними мутагенами, здатними пошкодити спадковий апарат.

Використання генеалогічного методу та розв'язування задач.

Один із найдієвіших практичних інструментів – навчання учнів складати та аналізувати родоводи своєї родини. На уроках (зокрема під час практичних робіт) учні розв'язують генетичні задачі, визначаючи типи успадкування ознак і хвороб (наприклад, дальтонізму чи гемофілії). Це

допомагає школярам наочно зрозуміти, як ознаки передаються з покоління в покоління і як формується генетичний ризик.

Впровадження проектної та дослідницької діяльності.

Для підвищення мотивації та критичного мислення програма передбачає створення учнями буклетів, постерів чи презентацій. Найбільш актуальними темами проектів є: «Генетичний моніторинг у людських спільнотах», «Скринінг-програми для новонароджених», «Генотерапія та її перспективи». Такі дослідження дозволяють учням оцінювати сучасні можливості молекулярної генетики та розуміти, як наука допомагає діагностувати хвороби ще до їх клінічного прояву.

Ознайомлення з принципами медико-генетичного консультування. Школярам надають базові знання про планування сім'ї та профілактику спадкових патологій. Вони дізнаються, що медико-генетичне консультування є найефективнішою формою попередження спадкових хвороб. Надання майбутнім батькам знань про розрахунок генетичного ризику та важливість уникнення мутагенів дозволяє уникнути багатьох вроджених вад у наступних поколіннях.

У підсумку, генетична грамотність формується через усвідомлення того, що генотип людини є цілісною системою, а відповідальне ставлення до свого способу життя та довкілля є запорукою збереження як власного здоров'я, так і здоров'я майбутніх нащадків.

Незважаючи на абсолютну відповідність єдиній державній навчальній програмі, підручники авторів В. І. Соболя та К. М. Задорожного досягають мети формування біологічної та екологічної компетентності учнів через принципово різні методичні стратегії: В. І. Соболь пропонує академічно-поглиблений, міжпредметний та ціннісно-орієнтований підхід, тоді як К. М. Задорожний робить ставку на лаконічність, візуалізацію, практичну та цифрову інтеграцію матеріалу [19-23].

Що підтверджується такими аспектами як, спільна нормативна база: обидва автори чітко дотримуються послідовності тем та цілей чинної

навчальної програми, яка орієнтована на розуміння універсальних ознак життя, екологічної безпеки, сталого розвитку, здоров’я та біоетики.

Концепція В. І. Соболя (академічність та світогляд): матеріал подається розгорнуто, з глибокою деталізацією процесів. Автор використовує складнішу модульну структуру параграфів із постійними рубриками («Зміст», «Діяльність», «Ставлення», «Результат»), які активно залучають міжпредметні зв’язки (наприклад, «Біологія+Хімія», «Біологія+Література», «Біологія+Мистецтво»). Це сприяє формуванню у школярів ціннісних орієнтацій, емоційно-оцінних норм та розширеного наукового світогляду.

Концепція К. М. Задорожного (лаконічність та інтерактивність): текст максимально структурований і розбитий на невеликі блоки для полегшення зорового сприйняття, а кожен параграф займає рівно один-два розвороти. Акцент робиться на практичності: в кінці кожної теми пропонуються навчальні проекти, завдання для індивідуальної та групової роботи, а сам підручник має широку інтернет-підтримку з онлайн-тестуваннями та додатковими матеріалами за QR-кодами.

Отже, вибір конкретного підручника дозволяє вчителю варіювати стиль викладання: від ґрунтовного занурення в теорію з її філософським осмисленням (за Соболем В.І.) до динамічного, швидкого й практично орієнтованого засвоєння базових знань (за Задорожним К.М.).

3.3. Спадковість і здоров’я в шкільній програмі з біології

Тема «Спадковість і здоров’я» у сучасній шкільній біології є унікальним містком між фундаментальною наукою та повсякденним життям підлітка. Головний виклик для вчителя тут – відійти від суто академічного зазубрювання схем схрещування й трансформувати складну молекулярну біологію в інструмент здоров’язбереження та критичного мислення.

Нижче наведено концептуальний розбір педагогічних стратегій, методів та смислових акцентів, які допоможуть ефективно сформувати генетичну грамотність школярів.

Традиційна помилка учнів – сприйняття генотипу як незмінного «вироку» так званого «генетичного фаталізму». Сучасна педагогіка пропонує руйнувати цей стереотип через три ключові концепції.

1. Концепція пластичності (епігенетика): потрібно продемонструвати школярам, що гени – це не просто статичний текст, а динамічна інструкція. На прикладах близнюкових досліджень варто показати, як ідентичні генотипи під впливом різної дієти, рівня стресу чи фізичної активності працюють абсолютно по-різному через хімічні (епігенетичні) мітки.

Диференціація понять «схильність» та «діагноз»: Учні мають засвоїти, що наявність певного алеля часто означає лише підвищений ризик соматичного стану. Реалізація цього ризику (фенотип) значною мірою залежить від стилю життя та факторів довкілля.

Важливо донести, що деструктивна поведінка (куріння, вейпінг, токсиканти, дефіцит сну) – це не просто абстрактна «шкода для шлунку чи легень», а реальні генотоксичні чинники, здатні пошкоджувати структуру ДНК або порушувати роботу клітинних систем репарації.

2. Ефективні педагогічні технології та методи

Щоб генетика стала «живою», навчання має бути компетентнісним та інтерактивним. Що можна досягтирізними технологічними прийомами. А саме – технологія когнітивного конфлікту (руйнування міфів)

Урок починається не з диктування основних парадигм та аксіом, а з провокативного твердження чи аналізу побутового стереотипу (наприклад, із медіа чи соцмереж).

Наприклад «В інтернеті рекламують ДНК-тест, який гарантує 100% точне визначення майбутньої професії та дати появи хронічних хвороб у дитини. Чи варто інвестувати в це гроші?».

Учні намагаються розв’язати проблему за допомогою наявних знань, виявляють їх недостатність, і це стимулює вивчення теми ймовірності в генетиці та обмежень комерційного скринінгу.

Наступне це робота за методом контекстних кейсів (Case-study). Робота з умовними медико-біологічними або екологічними ситуаціями. Це вчить аналізувати інформацію та приймати рішення на основі наукових фактів.

Як варіанти: кейс «Фармакогенетична загадка». Чому стандартна доза ліків допомагає одному пацієнту, а в іншого викликає побічні ефекти? (Вихід на концепцію персоналізованої медицини та генетичної варіативності ферментів); кейс «Екотоксикологія» (аналіз реального чи умовного забруднення місцевої водойми. Які довгострокові генотоксичні ризики це несе для популяції?).

Ще однією технологією є STEM-проектування та візуалізація знань.

Так як складна молекулярна генетика вимагає наочності, то замість пасивного перегляду картинок учням пропонується роль «авторів пояснення». Наприклад створення інфографіки «Мій епігеном: як мій сьогоднішній день впливає на мої гени»; чи розробка пам’яток-гайдів для однолітків: «Генотоксичні пастки у повсякденному житті».

Також важливим є моделювання процесів (наприклад, за допомогою 3D-анімацій чи інтерактивних симуляцій, таких як PhET).

Формування генетичної грамотності не повинно обмежуватися лише старшими класами. Доцільно впроваджувати вертикальну логіку (концентричний підхід) (табл 3.1).

Концентричний підхід та поетапне розширення генетичного контенту в шкільній біології запобігають інформаційній дистресії учнів та виключають фрагментарність сприйняття науки. На етапі 7 класу формується пропедевтичний базис: акцентується увага на фенотиповому різноманітті, спадковій наступності та модифікаційній силі умов існування. У 8-9 класах фокус переміщується на молекулярно-генетичний рівень, природу мутагенезу, соматичні ризики та базове ознайомлення з біотехнологічним

інструментарієм. Старша школа (10-11 класи) орієнтована на концептуалізацію знань: розглядаються тонкі механізми геномного редагування, епігенетичний ландшафт, фармакогеноміка та глобальні виклики біоетики [29, 30].

Таблиця 3.1.

Вертикаль формування генетичної грамотності за класами середньої та старшої школи

Клас / Рівень	Пріоритетний фокус змісту	Головний педагогічний результат
7 клас	Поняття про спадковість як основу схожості та відмінності організмів. Різноманіття форм життя.	Руйнування страху перед словом «мутація»; формування первинного інтересу до природи ознак.
8 клас	Біологія людини, гомеостаз. Вплив екзогенних факторів (токсиканти, нікотин, УФ-випромінювання) на організм.	Усвідомлення прямого каузального зв’язку між власною поведінкою та ризиками для клітин.
9 клас	Молекулярні основи спадковості. Класична генетика, мутагенез, поняття про геном та біотехнології (CRISPR).	Розуміння прикладного значення генетики для селекції, медицини та екологічного моніторингу.
10–11 класи	Загальна біологія та екологія. Епігенетика, фармакогеноміка, прецизійна медицина, біоетика.	Здатність до всебічного соціоетичного аналізу інновацій; висока медіаграмотність у природничих питаннях.

Ключовим принципом виступає відповідність навчального матеріалу психофізіологічним особливостям віку (табл. 3.2). Якщо для учнів середньої ланки пріоритетним є практико-орієнтований контент (екологічна безпека, профілактика хвороб через спосіб життя), то старшокласники готові до деконструкції складних правових, філософських та клінічних дилем. Ця вертикальна інтеграція забезпечує неперервність освіти та формує актуальну природничо-наукову картину світу задовго до завершення школи [8,16, 17].

Таблиця 3.2

Ротаційна модель інтеграції сучасного генетичного компонента за рівнями навчання

Рівень (клас)	Базовий програмний модуль	Інноваційне змістове розширення	Набута компетентність (результат)
7	Біологія організмів. Різноманітність	Спадковість як чинник консолідації та варіативності живих систем	Сформованість первинного пізнавального інтересу до генетичної науки
8	Біологія людини: гомеостаз і здоров’я	Екзогенні фактори, генотоксиканти та збереження здоров’я	Розуміння каузального зв’язку між екологічною поведінкою та станом ДНК
9	Закономірності мінливості та спадковості	Скринінгові технології, класифікація мутагенів, концепт CRISPR	Усвідомлення прикладного та індустріального потенціалу генетики
10	Загальна біологія та екологія	Епігенетична регуляція, основи фармакогенетики та таргетної терапії	Розуміння триади «геном – середовище – індивідуалізоване лікування»
11	Біотехнологія. Інтегративні курси	Синтетична біологія, нормативно-етичне регулювання інновацій	Здатність до системного критичного аналізу взаємодії науки й соціуму

Методична цінність цієї карти полягає в її трансферабельності на рівень шкільного методичного об’єднання. Вона виступає інструментом для наскрізного планування, узгодження понятійного апарату між різними роками навчання та ліквідації лакун чи невиправданих дублювань у викладанні природничих дисциплін. Як результат, генетика перестає сприйматися як ізольований розділ підручника, трансформуючись у динамічну, наскрізну систему знань.

Тема спадковості й здоров’я є етично чутливою. Під час її викладання педагог має дотримуватися жорстких біоетичних рамок (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Біоетичні норми та їх застосування під час викладання в школі тем з генетики

Біоетична норма	Особливості застосування
Сувора деперсоналізація	Ніколи не пропонуйте учням аналізувати родовідні чи генетичні особливості їхніх власних родин, якщо це стосується патологій. Усі завдання мають базуватися на абстрактних або історичних прикладах (наприклад, гемофілія в королівських династіях Європи).
Нестигматизуюча мова	Слідкуйте за термінологією. Замість оціночних слів («дефектні люди», «ненормальні») використовуйте академічно коректні поняття: «носії певного алельного варіанта», «особи з генетичними особливостями».
Формування культури інформаційної приватності	Окремо наголошуйте на тому, що генетичні дані є найвищою конфіденційною таємницею людини. Обговорюйте з учнями загрози генетичної дискримінації та важливість захисту особистої медичної інформації.

Генетично грамотний школяр – це не той, хто напам’ять знає всі стадії реплікації ДНК, а той, хто, купуючи продукт, аналізуючи екологічну новину чи обираючи звичку, чітко розуміє молекулярні наслідки свого вибору для власного здоров’я та майбутніх поколінь.

Отже, ми маємо керуватись наступними рекомендаціями під роботи з етично чутливими темами. Ось основні з них:

- будь-яку полеміку слід розпочинати з верифікованого наукового факту, а не з суб’єктивної оцінки;

- на початковому етапі необхідно чітко розмежувати делімітаційні лінії: які аспекти є суто науковими даними, які належать до соціокультурного виміру, а які є питаннями індивідуальних моральних цінностей;
- за аналізу кейсів, пов’язаних із генетичними патологіями чи репродуктивними технологіями, необхідно використовувати виключно абстрактні, умовні приклади для запобігання психологічному травмуванню учнів;
- слід суворо контролювати мовну культуру. Замість ярликових чи патологізуючих висловів використовувати академічно коректні форми (наприклад, «особи з певним генотиповим варіантом», «схильність до розвитку стану»);
- навчати учнів операціонально розділяти власне емпіричні факти, суб’єктивні інтерпретації, емоційні реакції та ціннісні імперативи;
- демонструвати школярам, що складні біоетичні проблеми не мають лінійних рішень. Навчити формуванню не уніфікованої відповіді, а умінню прораховувати багатовекторні наслідки рішень;
- кожне дискусійне заняття має завершуватися фіксацією когнітивних та аксіологічних зрушень в особистісній позиції учня щодо гуманізму, прав людини та екологічної відповідальності;
- у модулях, присвячених геномним даним, постійно актуалізувати принципи інформаційної недоторканності, добровільності тестування та загрози генетичної дискримінації.

Педагогу слід усвідомлювати, що швидкість оновлення знань у генетиці вимагає постійної ревізії дидактичного контенту. Вчитель не повинен виступати носієм абсолютного знання про всі технологічні новинки, але зобов’язаний володіти інструментами медіамодерації та скеровувати учнів до джерел із високим індексом наукової цитованості.

3.4. Розгорнута методична картка уроку за темою «Новітні зрушення в генетичній науці»

Тематичне спрямування: «Новітні зрушення в генетичній науці: вектори впливу на людство, охорону здоров’я та біосферу».

Цільова аудиторія: 9-11 класи (вибір парадигми залежить від специфіки навчального плану й базових знань учнів).

Дидактичний статус: заняття з інтеграції та актуалізації знань у межах розділу «Закономірності спадковості й мінливості» або як наскрізний елемент модулів «Біосфера та людина», «Сучасна біотехнологія», «Антропогенний вплив на організми».

Цілі уроку.

Навчальна – сформувати в учнів комплексну систему поглядів на прикладний потенціал та етичні рамки сучасного інструментарію генетики.

Розвивальна – удосконалювати критичне мислення через верифікацію наукових джерел, навички аргументації в дискусії та досвід командної роботи.

Виховна – плекати екологічну культуру, свідоме ставлення до біобезпеки, власного організму та розуміння моральної відповідальності за науковий прогрес [13, 15, 17].

Очікувані освітні результати (декомпозиція за трирівневою моделлю):

Когнітивні (предметні): Школярі володіють базовим алгоритмом дії системи CRISPR/Cas9, розрізняють епігенетичні модифікації без переведення в мутації, розуміють логіку індивідуалізованих протоколів лікування та взаємодію генотипу з чинниками ЕОС.

Операційні (діяльнісні): Здійснюють системний аналіз кейсів, порівнюють протилежні доктрини, формулюють дедуктивні висновки, оперують науковим тезаурусом.

Аксіологічні (ціннісні): Усвідомлюють гуманістичні кордони біомедичних технологій, важливість усунення мутагенних факторів і пріоритет прав людини над суто науковим інтересом [18, 24].

Мультимедійний супровід (чотири тематичні модулі), дидактичні картки для мікрогруп, логіко-смислова модель «генетичний базис –

екологічні чинники – соматичний статус», матриця компаративного аналізу інноваційних біотехнологій, інструменти експрес-оцінювання (цифрові опитувальники, стікери), візуальні медіаматеріали (відеомоделювання CRISPR/Cas9).

За умов використання дистанційних технологій освітній простір розширюється за рахунок інтерактивних онлайн-дошок, хмарних сервісів для колаборації та систем комп'ютерного тестування [25].

Критерії дескриптивного оцінювання результатів кейс-методу: термінологічна валідність і точність наукової мови; глибина детекції біологічних причинно-наслідкових зв'язків; етико-соціальний аудит досліджуваної дилеми; обґрунтованість та структурованість висловлених тез; ефективність індивідуального внеску в командну взаємодію.

Кожен із зазначених дескрипторів диференціюється за чотирма традиційними рівнями (від початкового до високого), що трансформує оцінювання з суто контролюючого інструменту на дієвий засіб формувального супроводу [26].

Інтеграції сучасних генетичних тем у шкільний курс біології може відбуватись за наступною схемою (табл. 3.4).

Під час вивчення даної теми на уроках для учнів нами також запропоновано наступні кейси для групової роботи:

Кейс 1. «Дилема ДНК-діагностики та особисті межі». Певна родина розглядає доцільність скринінгу на наявність алелей важкої спадкової патології. Завдання для мікрогруп: збалансувати медичну вигоду, потенційні психологічні наслідки, конфіденційність медичної карти та етичне право «не знати».

Кейс 2. «Індивідуальна чутливість до терапії». Однотипна схема лікування викликала кардинально протилежний клінічний ефект у двох пацієнтів. Спираючись на закономірності фармакогенетики, учні мають обґрунтувати цей феномен та довести необхідність переходу до персоналізованої медицини.

Таблиця 3.4

Варіанти імплементації новітнього змісту генетики в інваріантні теми програми

Навчальний блок (тема)	Новітні змістові компоненти для інтеграції	Пріоритетні форми організації діяльності
Молекулярний рівень: ДНК, локус, транскрипція	Принципи функціонування системи CRISPR/Cas9, молекулярне редагування	Мультимедійний лекторій+3D-анімація +ситуаційний аналіз
Закономірності спадковості та мінливості	Сучасна ДНК-діагностика, основи фармакогенетики	Проблемно-орієнтоване навчання+панельна дискусія
Внутрішньоклітинна регуляція та метаболізм	Епігенетичне маркування, чинники експресії генів	Робота з графічними моделями+метод біологічних аналогій
Анатомія та фізіологія людини	Концепція індивідуалізованої (персоналізованої) медицини	Командний аналіз медичних та біоетичних кейсів
Екологічні системи та біосфера	Антропогенні мутагени, збереження генофонду популяцій	STEM-орієнтований проєкт+ситуаційне моделювання
Основи біотехнології	Синтетична біологія, використання інженерних біосенсорів	Інтегрований семінар+ презентація командних розробок

Кейс 3. «Екологічні тригери генотоксичності». У природній екосистемі зафіксовано скидання промислових відходів. Необхідно спрогнозувати віддалені генетичні наслідки для місцевої популяції та біоти, а також запропонувати заходи біологічного захисту.

Кейс 4. «Грані CRISPR: ембріональний аспект». Організація дебатів щодо допустимості модифікації геному на стадії зиготи чи ембріона. Учні розподіляють ролі клініциста, батьків, представника біоетичного комітету та державного регулятора.

Кейс 5. «Синтетичні мікроорганізми: порятунок чи біозагроза?». Експертиза проєкту використання штучно створеного біосенсора для детоксикації земель. Оцінюються екологічний ефект очищення та ризики виходу синтетичної форми життя у відкриті екосистеми.

Окрім роботи в групах учні підготували кілька мініпроєктів для дискусій. Перелік тем вклювачав наступні питання:

- методичні підходи до візуалізації епігенетичних процесів у шкільному курсі: баланс простоти та науковості;
- чи є доцільним включення кейсів клінічного застосування CRISPR у програму загальноосвітньої школи;
- генетичний моніторинг антропогенного забруднення гідросфери: дидактичний аспект;
- комерційна ДНК-генеалогія та медичні тести: баланс інформативності, ризиків та захисту персональних даних;
- конструювання життя: чи здатна синтетична біологія вирішити глобальні екологічні кризи без створення нових загроз?;
- чому універсальна доза ліків відходить у минуле: фармакогенетичний погляд на терапію;
- молекулярна плата за поведінкові помилки: мутагенний та епігенетичний відбиток шкідливих звичок.

Модернізація генетичного компонента біологічної освіти вимагає впровадження автентичного інструментарію оцінювання, спроможного фіксувати не репродуктивне відтворення дефініцій, а сформованість комплексних компетентностей. Оптимальним рішенням є використання дескриптивних рубрик. Вони чітко диференціюють якість виконання завдань за ключовими векторами: термінологічна валідність, системність аналізу, доказовість мислення, наявність міжпредметних зв’язків, етична зрілість, кооперація в групі та якість презентації. Для здобувача освіти рубрика виступає дорожньою картою, що унаочнює вимоги до структури та змісту фінальної відповіді [27, 28].

Під час аналізу життєвих ситуацій (кейсів) критично важливо оцінювати понятійну точність. Емоційне забарвлення висловлювань учнів щодо клонування, терапії чи редагування ДНК має підпорядковуватися строгому науковому дискурсу. Без чіткого розмежування понять «патологічна мутація», «поліморфізм», «генетична схильність», «соматична терапія» та «модифікація зародкової лінії» дискусія втрачає освітню цінність. Не менш вагомим є соціоетичний аудит: сучасні біотехнології не існують у вакуумі, тому якісна відповідь учня повинна демонструвати розуміння проблем конфіденційності, рівності доступу до технологій, біоетичних прав пацієнта та впливу на суспільну свідомість [28].

Проєктна діяльність вимагає дещо інших акцентів в оцінюванні (табл 3.5, табл.3.6).

Таблиця 3.5

Критерії та рівні оцінювання командного кейс-аналізу

Критерій оцінювання	Початковий рівень	Середній рівень	Достатній / високий рівень
Валідність термінології	Поняття використовуються хаотично, зафіксовані грубі наукові помилки.	Ключові терміни вживаються доречно, але трапляються неточності чи логічні збої.	Науковий апарат використано бездоганно, поняття інтегровані в контекст доречно.
Глибина експертизи	Простий переказ фабули кейсу без виявлення суті проблеми.	Часткова детекція причинно-наслідкових зв’язків та факторів впливу.	Комплексний, системний аналіз ситуації з урахуванням суміжних чинників.
Якість аргументації	Твердження мають суб’єктивний, суто емоційний або декларативний характер.	Наявні спроби апелювати до фактів, проте логічна лінія є переривчастою.	Висновки чіткі, повністю верифіковані науковими фактами та закономірностями.
Етичний аудит	Морально-етичні та правові виміри проблеми повністю	Констатується наявність етичної проблеми без її	Етичні дилеми та наслідки технологій розкриті всебічно,

	ігноруються.	глибокого аналізу.	толерантно й об’єктивно.
Колаборація (взаємодія)	Робота виконана одноосібно лідером групи, інші учасники пасивні.	Розподіл обов’язків формальний, координація між членами групи слабка.	Повна синергія, чіткий поділ функціональних ролей, максимальна залученість.

Окрім фактологічної точності, фокус зміщується на інформаційну грамотність (робота з релевантними джерелами, відсіювання фейків), ергономіку та естетику візуальних матеріалів, архітектоніку викладу та прагматику висновків. У роботах екологічного та медичного спрямування особливу цінність має конвертація теоретичних знань про мутагени у зрозумілі, життєздатні алгоритми здоров’язбережувальної поведінки. Такий підхід робить оцінювання драйвером розвитку життєвих компетентностей [16].

Таблиця 3.6

Специфікація критеріїв оцінювання учнівського мініпроєкту

Назва критерію	Дескриптивний опис очікуваного результату
Академічна валідність	Інформаційний контент спирається виключно на верифіковані наукові джерела, відсутні прояви псевдонаукових теорій та міфів.
Архітектоніка матеріалу	Проєкт чітко структурований: наявні логічно пов’язані вступна частина, дослідницьке ядро та узагальнюючі висновки.
Ергономіка візуалізації	Графічні елементи (діаграми, ментальні карти, інфографіка) мають високу когнітивну цінність, структурують та підсилюють текст.
Прагматичний вектор	Наявність прикладних рекомендацій, пам’яток або моделей, що мають реальну цінність для повсякденного життя.
Авторська автентичність	Високий рівень самостійності під час аналізу, комcompiled та інтерпретації першоджерел, наявність власної позиції.

Для закріплення знань пропонується тематичний мінітест.

Обґрунтуйте метафоричне найменування комплексу CRISPR/Cas9 як «програмованого молекулярного скальпеля».

Наведіть два верифіковані приклади зміни транскрипційної активності локусів під впливом екзогенних факторів без трансформації нуклеотидної послідовності.

У чому полягає принципова методологічна відмінність концепції персоналізованої медицини від класичної нозологічної парадигми?

Які молекулярні механізми зумовлюють варіативність терапевтичного ефекту ідентичного ксенобіотика у різних індивідів?

Проілюструйте на конкретному прикладі ланцюг зв’язку «антропогенний мутаген → пошкодження ДНК → соматична патологія».

Доведіть міждисциплінарний характер синтетичної біології як інтеграції інженерії, комп’ютерного моделювання та молекулярної біології.

Які фундаментальні біоетичні виклики актуалізує технологія редагування клітин зародкового шляху людини?

Доповніть наукове твердження: «Загальна сукупність епігенетичних маркерів та модифікацій, що визначають диференційну експресію генів у клітині, визначається як _____».

Оберіть правильне судження:

а) будь-яка мутація знижує адаптивну здатність організму;

б) результати ДНК-скринінгу є фатальним визначенням майбутнього соматичного статусу;

в) оперування геномною інформацією потребує жорстких правових та етичних обмежень.

Сформулюйте одне проблемне запитання науково-методологічного характеру до теми «Перспективи та ризики застосування штучних екосистем».

3.5. Сценарій навчальної дискусії «За і проти геномного редагування людини»

Проведення дебатів з біоетичної проблематики вимагає жорсткої регламентації та рольового розподілу. Дана дидактична модель розрахована на 20-25 хвилин інтенсивної фази. Навчальний колектив диференціюється на функціональні пули: «теоретики-генетики», «практикуючі лікарі», «батьківський комітет», «експерти з біоетики», «державні регулятори», «представники мас-медіа та соціуму». Кожна група оперує інструктивною карткою з переліком обов'язкових до врахування фактів та проблемних питань. Кінцева мета – не домінування певної точки зору, а детекція багатовекторності проблеми та інтеграція наукових даних із мораллю і правом [31, 32].

Організаційна рамка процесу:

Пропедевтична фаза: експлікація вчителем сутності соматичної та гермінальної модифікацій геному, аналіз критеріїв терапевтичної безпеки та справедливості доступу.

Коаліційна підготовка (5-7 хвилин): формування групами реєстру аргументів. Модератор нагадує правила: опора на доказову базу, утримання рольової моделі, фіксація зон невизначеності.

Дискусійне ядро: стартові тези → крос-інтервіювання між групами → спроба консенсусного формулювання умов прийнятності технологій.

Етап індивідуального фідбеку: письмова відповідь на рефлексійне питання щодо особистісного сприйняття меж втручання в біологічну природу людини.

Цей інтерактивний формат трансформує бінарне мислення учнів («користь/шкода») у комплексне аналітичне оцінювання умов та критеріїв легітимного впровадження високих технологій. Відбувається природна конвергенція природничо-наукової освіти з правознавством, соціологією та основами медіаграмотності.

Таблиця 3.7

Рольова матриця та вектори аргументації в межах дискусії

Функціональна роль	Профільні аргументи та вектори відстоювання позиції
Теоретики-генетики	Презентують технологічний потенціал елімінації спадкових синдромів; наполягають на розширенні лабораторних досліджень за умови суворого контролю.
Практикуючі лікарі	Акцентують увагу на доказовій ефективності, мінімізації off-target ефектів та принципі «primum non nocere» (не нашкодь) для пацієнта.
Батьківський комітет	Апелюють до морального обов'язку батьків використовувати будь-які доступні біотехнологічні шанси для порятунку життя та здоров'я дитини.
Експерти з біоетики	Аналізують довготривалі екологічні та еволюційні наслідки, проблему інформованої згоди майбутніх поколінь та етичність селекції ознак.
Державні регулятори	Наполягають на створенні міжнародних правових протоколів, жорсткому ліцензуванні, сертифікації клінік та запобіганні нелегальному ринку біопослуг.
Мас-медіа та соціум	Піднімають питання рівного доступу до технологій (ризик виникнення генетичної нерівності), прозорості фінансування досліджень та суспільної довіри.

3.6. Паспорти учнівських мініпроєктів

Для переведення знань з сучасної генетики в площину стійких компетентностей доцільно використовувати інструмент короткострокового проектування. Структура паспорта проєкту обов'язково включає: тему, цільові орієнтири, центральне проблемне питання, формат фінального продукту, перелік релевантних джерел, критерії оцінювання та регламент презентації. Це дисциплінує пошукову діяльність учнів та розвиває навички тайм-менеджменту [33, 34].

Реалізація цих проєктів розрахована на 1-2 тижні. Ключовою вимогою під час захисту є рефлексія учнів щодо верифікації використаних джерел інформації, визначення кордонів власного дослідження та зв'язку отриманих результатів із практичними життєвими стратегіями [35, 36].

Таблиця 3.8

Специфікація паспортів дослідницьких та інформаційних міні-проєктів

Проєктна тема	Центральне проблемне питання	Цільовий продукт	Форма фінальної репрезентації
Екзогенні мутагени в міському середовищі	Які чинники повсякденного простору мають реальний генотоксичний потенціал?	Комплексна інфографіка	Публічний захист постера / плаката
Еволюція терапії: епоха CRISPR	Чому перехід від теоретичного відкриття CRISPR до клінічного схвалення тривав десятиліття?	Аналітична логіко-смислова схема	Академічна доповідь (мультимедіа)
Спосіб життя як епігенетичний архітектор	Яким чином поведінкові патерни підлітка відображаються на активності його локусів?	Профілактичний гайд для молоді	Презентація та поширення буклету
Ринок ДНК-тестів: міфи та реальність	У яких клінічних та особистісних сценаріях генетичний скринінг є дійсно обґрунтованим?	Компаративна (порівняльна) таблиця	Участь у панельній мінідискусії
Інженерна екологія та синтетична біологія	Чи здатні штучно сконструйовані штами мікроорганізмів безпілотно оптимізувати біосферу?	Концептуальна карта ідей (Mind-map)	Презентація групового стартап-проєкту

Проєктна діяльність у даній площині змінює позицію школяра з пасивного реципієнта складної інформації на позицію конструктора та транслятора знань. Процес трансформації складних наукових даних у візуальний чи текстовий продукт (пам’ятку, інфографіку) забезпечує найвищий рівень інтелектуального засвоєння матеріалу [37].

3.7. Типові учнівські уявлення та помилки під час вивчення сучасної генетики

Ефективність викладання новітньої генетики часто гальмується наявністю стійких донаукових когнітивних конструктів та міфів, сформованих поп-культурою та мас-медіа (табл 3.9).

Таблиця 3.9

Матриця деконструкції типових генетичних помилок учнів

Помилкове (побутове) уявлення	Наукове обґрунтування некоректності	Педагогічний інструмент корекції та деконструкції
«Генотип є фатальним і єдиним архітектором соматичного статусу»	Фенотипова реалізація ознак є результатом складної взаємодії генотипу, епігенетичних регуляторів та факторів середовища.	Метод близнюкового аналізу, розбір кейсів експресії генів під впливом тренувань / дієти.
«Мутаційний процес завжди несе виключно деструкцію та шкоду»	Мутації є первинним субстратом еволюції; за впливом на адаптивність вони поділяються на нейтральні, шкідливі та адаптивні (корисні).	Побудова еволюційних ланцюгів, класифікація мутацій на прикладі стійкості до вірусів (напр., CCR5-Δ32).
«Результат ДНК-тесту – це 100% точний прогноз усіх майбутніх хвороб»	Більшість клінічних тестів оперують статистичною ймовірністю та схильністю, а не детермінованим діагнозом.	Розв’язання задач на статистичну ймовірність та багатофакторне прогнозування.
«CRISPR/Cas9 – це чарівна паличка, що миттєво і безпомилково переписує ДНК»	Технологія лімітована off-target ефектами, складнощами доставки в соматичні клітини та репараційними помилками.	Текстовий аудит етапів розробки та випробування CRISPR-препаратів, аналіз ризиків.
«Синтетична біологія створена для проектування небезпечних монстрів»	Галузь орієнтована на стандартизацію біологічних елементів для вирішення завдань екології, енергетики та фармації у закритих системах.	Ознайомлення з біосенсорними та біоремедіаційними кейсами проекту iGEM.
«Екологічні токсиканти у воді діють виключно локально (на ШКТ чи шкіру)»	Певні хімічні сполуки мають глибоку генотоксичну та промутагенну дію, викликаючи віддалені пошкодження ДНК.	Моделювання ланцюга «екотоксикант → молекулярне пошкодження → онкогенез / репродуктивна дисфункція».

Механічне спростування помилок («ви помиляєтесь, запишіть як правильно») показує низьку ефективність. Пріоритет надається стратегії керованого когнітивного конфлікту. Педагог створює дидактичну ситуацію, де звичне побутове пояснення учня виявляє свою неспроможність, і спонукає до побудови науково валідної моделі. Так, міф про «всевладдя генів» легко руйнується через аналіз фенотипових відмінностей монозиготних близнюків або динаміку епігенетичних маркерів під впливом дієти [39, 40].

Школярі схильні до генетичного фаталізму («генотип повністю визначає долю»), гіперболізації негативних наслідків мутацій («будь-яка мутація – це аномалія/смерть»), абсолютизації результатів комерційних ДНК-тестів або формування утопічних уявлень про CRISPR як про інструмент «миттєвого створення ідеальних істот». Ці стереотипи заважають сприйняттю реальних механізмів науки. Завдання вчителя – превентивно моделювати ситуації для руйнування цих когнітивних пасток [37, 38].

Корекція когнітивних помилок демонструє найвищу ефективність, коли здобувачі освіти самостійно реєструють логічне протиріччя між стереотипом та науковими даними.

Для цього використовуються дидактичні ігри «Правда чи медійний міф», критичний аналіз стрічки новин, робота з інфографікою наукових інститутів та інтерактивні експрес-опитування [41, 42].

Головний маркер успішності інтегрованого уроку з генетики – це наявність у школярів нових запитань після його завершення. Якщо урок стимулює самостійний пошук відповідей за межами підручника – його освітня місія виконана повністю [17, 42].

Таблиця 3.10

Процедурний алгоритм проектування інтегрованого уроку з генетики

Етап (крок)	Зміст професійної діяльності педагога	Очікуваний дидактичний ефект
1	Визначення понятійного та концептуального ядра теми.	Попередження когнітивного перевантаження, чіткість уроку.
2	Підбір актуального життєвого	Створення стійкої навчальної

	кейсу чи біоетичної дилеми.	мотивації, прагматизація знань.
3	Дидактична адаптація наукового тезауруса та моделей.	Забезпечення повної відповіді віковим можливостям сприйняття.
4	Вибір форматів групової та індивідуальної активності учнів.	Залучення школярів до процесів аналізу, синтезу та оцінки.
5	Розробка інструментів формувального оцінювання та рефлексії.	Об’єктивна фіксація приросту компетентностей та ціннісних орієнтирів.

Представлений алгоритм є універсальним дидактичним варіантом. Його системне застосування переводить імплементацію сучасних досягнень науки в керований, передбачуваний та високоефективний педагогічний процес.

Експоненційне зростання обсягу генетичних даних призводить до швидкого старіння статичних навчальних матеріалів. Педагог має виходити за межі шкільного підручника, використовуючи офіційні портали провідних академічних інституцій, прес-релізи рецензованих журналів (Nature, Science тощо), ресурси ВООЗ та регуляторних органів у сфері біотехнологій. Враховуючи високу щільність псевдонаукових сенсацій, клікбейту та теорій змови в інтернет-просторі, рівень медіаграмотності вчителя біології стає критичним фактором безпеки та якості освіти [43].

Тому нами була розроблена пам’ятка для вчителя (джерела, медіаграмотність і безпечна комунікація під час вивчення сучасної генетики).

Чотири кроки верифікації генетичного контенту перед уроком:

Автентичність джерела: хто є первинним автором інформації? Чи є пряме посилання на рецензовану наукову статтю чи офіційний звіт інституту?

Статус дослідження: на якій стадії перебуває технологія? Це фундаментальне відкриття, експеримент на клітинних лініях / тваринах, клінічні випробування чи технологія, схвалена для широкого медичного застосування?

Емоційна нейтральність: чи відсутні в тексті маніпулятивні маркери типу «вчені здійснили неймовірне», «секрет розкрито», «смертельна загроза ГМО»?

Дидактична цінність: чи можна адаптувати цю інформацію під вікові особливості школярів без втрати сутнісного наукового змісту? [13, 17].

Важливо розвивати в учнів навички формування правильних запитань. Замість хаотичного пошуку відповідей на запити про біотехнології, слід навчити їх діяти за алгоритмом: дефініція поняття → перевірка доказової бази → компаративний аналіз джерел → відокремлення фактів від коментарів → висновок. Це перетворює медіаграмотність на органічний елемент природничо-наукової грамотності [8, 13, 17].

Таблиця 3.11

Інструментальний чек-лист експертної оцінки інформаційного ресурсу для інтеграції в урок

Навігаційне запитання для самоперевірки вчителя	Відмітка (так / ні)	Коментарі / Дидактичні нотатки
Чи має інформаційний ресурс підтверджений академічний, інституційний або офіційний державний статус?		
Чи чітко диференційовано етап розробки біотехнології (лабораторний експеримент, клініка, промислове використання)?		
Чи повністю очищений матеріал від прихованої комерційної реклами, клікбейту та суб’єктивних оціночних суджень?		
Чи є реальними дидактична адаптація та спрощення наукового контенту під вік учнів без спотворення його суті?		
Чи усунені потенційні психоемоційні, етичні та особистісні ризики під час демонстрації матеріалу в класі?		

Використання цього чек-листа мінімізує час на підготовку заняття, одночасно виступаючи ефективною моделлю для навчання школярів принципам критичного мислення в епоху інформаційного шуму.

Короткі рекомендації для учнів щодо відповідальної роботи з інформацією про генетику. Мета – формування критичної позиції щодо сприйняття наукової інформації.

Заголовок – це не факт (заяви мас-медіа про «революційні прориви» завжди вимагають спокійної перевірки на наукових та освітніх верифікованих порталах).

Розрізняйте ймовірність та неминучість (наявність генетичного ризику чи схильності до певного стану вказує лише на статистичну ймовірність, а не на фатальний вирок).

Уникайте біологічного редукціонізму (жоден ген чи екологічний фактор не діє в ізоляції. Кінцевий соматичний статус – це складне рівняння, де збалансовані генотип, якість життя, екологія та рівень медицини).

Повага до інформаційної приватності (генетичний профіль людини є вищою конфіденційною цінністю. Ставтеся з повагою до права на таємницю цих даних).

Генетика не визначає людську гідність (наявність тих чи інших алельних варіантів, особливостей чи спадкових синдромів жодним чином не може бути підставою для дискримінації чи оцінки соціальної цінності особистості).

Конвертуйте знання в безпечну поведінку (розуміння механізмів мутагенезу та генотоксичності має вести до свідомої відмови від шкідливих звичок та мінімізації екологічних ризиків, а не до пасивного зазубрювання термінології).

Отже, сучасна генетична освіта реалізує дві взаємопов’язані функції. Предметна функція озброює учня знаннями про ДНК, CRISPR, епігеном та персоналізовану медицину. Громадянська функція виховує відповідального члена суспільства, здатного захищати власне здоров’я, критично мислити, поважати права інших та раціонально оцінювати науково-технічний прогрес.

Висновки

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cameron D. E., Bashor C. J., Collins J. J. A brief history of synthetic biology. Nature Reviews Microbiology. 2014. Vol. 12. P. 381–390.

2. Green E. D. et al. Strategic vision for improving human health at The Forefront of Genomics. Nature. 2020. Vol. 586. P. 683–692.

3. National Human Genome Research Institute. Genetic engineering. URL: https://www.genome.gov/genetics-glossary/Genetic-Engineering (дата звернення: 27.05.2026).

4. World Health Organization. Human genome editing. URL: https://www.who.int/health-topics/human-genome-editing (дата звернення: 27.05.2026).

5. Synthetic Biology. National Human Genome Research Institute. URL: https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/Synthetic-Biology (дата звернення: 27.05.2026).

6. Precision medicine. World Health Organization Executive Board. 2026. URL: https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB158/B158_CONF6-en.pdf (дата звернення: 27.05.2026).

7. Brown T. A. Gene Cloning and DNA Analysis: An Introduction. 8th ed. Hoboken : Wiley-Blackwell, 2020.

8. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої школи. Київ : МОН України, 2016. 40 с.

9. Human genome editing: recommendations. World Health Organization. Geneva, 2021.

10. Nobel Prize Outreach. The Nobel Prize in Chemistry 2020: Press release. URL: https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/press-release/ (дата звернення: 27.05.2026).

11. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Human Genome Editing: Science, Ethics, and Governance. Washington, DC : National Academies Press, 2017.

12. Про деякі питання державних стандартів повної загальної середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 30.09.2020 № 898. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/898-2020-%D0%BF (дата звернення: 27.05.2026).

13. Коршевнюк 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. 2025.

14. Балан П. Г., Кулініч О. М., Юрченко Л. П. Модельна навчальна програма «Біологія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти. Київ : МОН України, 2023.

15. Самойлов А. М., Тагліна О. В., Утєвська О. М. Модельна навчальна програма «Біологія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти. Київ : МОН України, 2023.

16. Пометун О. І., Пироженко Л. В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання : наук.-метод. посіб. Київ : А.С.К., 2004. 192 с.

17. Рудич М. Сучасний зміст шкільної біологічної освіти України та світу: порівняння і перспективи. Проблеми та перспективи розвитку природничої освітньої галузі. 2023. С. 349–352.

18. Charpentier E., Doudna J. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. Science. 2014. Vol. 346, No. 6213.

19. Біологія і екологія. 10–11 класи. Рівень стандарту : навчальна програма для закладів загальної середньої освіти / затв. Міністерством освіти і науки України (наказ від 23.10.2017 р. № 1407).

20. Задорожний К. М. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти. Харків : Ранок, 2018. 208 с.

21. Задорожний К. М. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти. Харків : Ранок, 2019. 208 с.

22. Соболь В. І. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підруч. для 10 кл. закл. заг. серед. освіти. Кам’янець-Подільський : Абетка, 2018. 272 с..

23. Соболь В. І. Біологія і екологія (рівень стандарту) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Кам’янець-Подільський : Абетка, 2019. 256 с.

24. WHO releases new principles for ethical human genomic data collection and sharing. World Health Organization. 2024. URL: https://www.who.int/news/item/20-11-2024-who-releases-new-principles-for-ethical-human-genomic-data-collection-and-sharing (дата звернення: 27.05.2026).

25. Alberts B. et al. Molecular Biology of the Cell. 7th ed. New York : Garland Science, 2022

26. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої школи. Київ : МОН України, 2016. 40 с.

27. Guidelines for Mutagenicity Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2013-09/documents/mutagen2.pdf (дата звернення: 27.05.2026).

28. Assessment of genetic damage in healthy and diseased tissue. International Agency for Research on Cancer. 2016. URL: https://publications.iarc.who.int/uploads/media/publication_inline/0001/02/6924bf344877d3c6161ab411af0173bc8425af5e.pdf (дата звернення: 27.05.2026).

29. Про затвердження типової освітньої програми для 5–9 класів закладів загальної середньої освіти : Наказ МОН України від 19.02.2021 № 235. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/v0235729-21 (дата звернення: 27.05.2026).

30. Модельні навчальні програми для 5–9 класів Нової української школи. Міністерство освіти і науки України. URL: https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/modelni-navchalni-programi-dlya-5-9-klasiv-novoi-ukrainskoi-shkoli-zaprovadzhuyutsya-poetapno-z-2022-roku (дата звернення: 27.05.2026).

31. Ashley E. A. Towards precision medicine. Nature Reviews Genetics. 2016. Vol. 17. P. 507–522.

32. Lander E. S. The heroes of CRISPR. Cell. 2016. Vol. 164. P. 18–28.

33. Collins F. S., Varmus H. A new initiative on precision medicine. New England Journal of Medicine. 2015. Vol. 372. P. 793–795.

34. Doudna J. A. Nobel Lecture: The Chemistry of CRISPR. URL: https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2020/doudna/lecture/ (дата звернення: 27.05.2026).

35. Pharmacogenomics Fact Sheet. National Human Genome Research Institute. 2024. URL: https://www.genome.gov/about-genomics/educational-resources/fact-sheets/pharmacogenomics (дата звернення: 27.05.2026).

36. Personalized Medicine. National Human Genome Research Institute. URL: https://www.genome.gov/genetics-glossary/Personalized-Medicine (дата звернення: 27.05.2026).

37. Watson J. D. et al. Molecular Biology of the Gene. 7th ed. Boston : Pearson, 2014.

38. Pierce B. Genetics: A Conceptual Approach. 7th ed. New York : W. H. Freeman, 2020.

39. Epigenetics. National Human Genome Research Institute. URL: https://www.genome.gov/genetics-glossary/Epigenetics (дата звернення: 27.05.2026).

40. Epigenomics Fact Sheet. National Human Genome Research Institute. 2020. URL: https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Epigenomics-Fact-Sheet (дата звернення: 27.05.2026).

41. Навчальні програми для 10–11 класів. Біологія і екологія. Міністерство освіти і науки України. URL: https://mon.gov.ua/osvita-2/zagalna-serednya-osvita/osvitni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv (дата звернення: 27.05.2026).

42. Nussbaum R., McInnes R., Willard H. Thompson & Thompson Genetics in Medicine. 9th ed. Philadelphia : Elsevier, 2016.

43. First gene editing therapy to treat beta thalassemia and severe sickle cell disease. European Medicines Agency. 2023. URL:

https://www.ema.europa.eu/en/news/first-gene-editing-therapy-treat-beta-thalassemia-and-severe-sickle-cell-disease (дата звернення: 27.05.2026).