

Міністерство освіти і науки України

**Модельна навчальна програма курсу за обраним профілем «Генетичний
поліморфізм у популяції людини. Профільна середня освіта.
Поглиблений рівень» для закладів загальної середньої освіти
(авт. Даниленко Л.І.)**

«Рекомендовано Міністерством освіти і науки України»
(наказ Міністерства освіти і науки України від 18.03.2026 №483)

ВСТУПНА ЧАСТИНА

Модельна навчальна програма курсу за обраним профілем «Генетичний поліморфізм у популяції людини». Профільна середня освіта. Поглиблений рівень» для закладів загальної середньої освіти (далі – Програма) розроблена на основі Державного стандарту профільної середньої освіти (постанова Кабінету Міністрів України від 25.07.2024 року №851), що ґрунтується на визначених стандартом ціннісних орієнтирах (пункт 4 Державного стандарту) та базових знань (поглиблений рівень) (Додаток 9 Державного стандарту); охоплює формування наскрізних у всіх ключових компетентностях умінь (пункт 10 Державного стандарту); реалізує компетентнісний потенціал, мету і завдання природничої освітньої галузі, визначені Державним стандартом профільної середньої освіти (далі – Державний стандарт); урахує наступність між циклами навчання на рівнях базової та профільної середньої освіти та призначена для викладання курсу за обраним профілем «Генетичний поліморфізм у популяції людини» для здобувачів профільної середньої освіти (поглиблений рівень) академічних ліцеїв.

Програма передбачає реалізацію частини вимог до обов'язкових результатів навчання в межах природничої освітньої галузі (Додаток №10 Державного стандарту) з урахуванням ключових компетентностей галузі (Додаток №9 Державного стандарту).

Курс за обраним профілем «Генетичний поліморфізм у популяції людини. Профільна середня освіта. Поглиблений рівень» (далі – Курс) реалізується за умови його вибору учнівством і закладом освіти й може викладатися як у межах передбаченої кількості навчальних годин для вивчення освітніх компонентів за обраним профілем навчання, або навчальних годин для вибіркового освітніх компонентів, що фінансуються з державного бюджету.

Програма є основою для створення навчальної програми вибіркового освітнього компонента за обраним профілем (поглиблений рівень), із відповідною корекцією орієнтирів для оцінювання, змісту, обсягів навчального часу, способів формування компетентностей і рівня складності навчального матеріалу.

Курс представляє унікальний підхід до вивчення взаємозв'язків між природними процесами і суспільним розвитком. Він розглядає генетичний поліморфізм (наявність різних варіантів генів) як результат природних процесів (мутації, природний добір, міграції, генетичний дрейф), що відображає адаптацію популяцій людини до різних природних (клімат, харчування, хвороби) та соціальних умов. Сутність унікального підходу до вивчення взаємозв'язків між природними процесами і суспільним розвитком у означеному курсі полягає ще й в тому, що генетичні механізми та варіабельність людської популяції є біологічною основою для розуміння та аналізу цих взаємозв'язків. Цей підхід є унікальним, оскільки він дозволяє перейти від простого опису генетичних відмінностей до глибинного розуміння того, як біологічна спадковість людства формується і змінюється під впливом соціокультурних та історичних процесів.

Мета курсу сформулювати в учнівства системний підхід до вивчення генетичних механізмів та варіабельності людської популяції в сучасних умовах та цілісне розуміння взаємозв'язків між природними процесами і суспільним розвитком, а також розвиток природничо-наукової компетентності учнів/учениць та інших ключових компетентностей шляхом засвоєння системи міждисциплінарних знань про закономірності функціонування генетичної популяції людини в сучасних умовах, її розвитку і взаємозв'язку з навколишнім середовищем; розширити уявлення учнів/учениць про сучасні досягнення у дослідженні генетичного поліморфізму в популяції людини; нові напрямки у генетиці – екологічна генетика і фармакогенетика, їх методи дослідження щодо впливу на швидкість мутаційного процесу в популяції і, відповідно, природного відбору серед людей; про роль поліморфізму для збалансованого розвитку людства, науки та технологій.

Мета курсу реалізується через виконання таких завдань, а саме:

- сприяти формуванню пізнавального інтересу й профорієнтаційних нахилів учнів/учениць до популяційної генетики людини, генетики людини, медичної генетики як наук;
- сформувати системне мислення через усвідомлення взаємозв'язків між природними процесами, що відбуваються у популяціях людини, і суспільним розвитком;
- розвивати критичне мислення: оцінка достовірності природничих джерел; виявлення причинно-наслідкових зв'язків у складних ситуаціях щодо розпізнавання маніпуляцій і спрощених уявлень про вплив антропогенного забруднення на генетичні механізми та варіабельність людської популяції людини;
- формувати екологічну свідомість: розуміння наслідків впливу антропогенного забруднення природного середовища, пов'язаних з частотою генних та хромосомних захворювань у популяції людини; аналіз прикладів адаптацій у популяціях людини до змін у навколишньому середовищі; усвідомлення ролі кожної людини у збереженні генетичної рівноваги у популяціях людини;
- сформувати розуміння значення генетичного поліморфізму у забезпеченні різноманіття всередині виду, природного відбору та адаптації;
- розвивати дослідницькі навички: аналіз наукових джерел (робота з генетичними базами даних та міждисциплінарними матеріалами); вміння формулювати гіпотези про взаємозв'язки природних процесів із суспільним розвитком; представлення результатів дослідження у формі міні-проектів та науково-дослідницьких проектів;
- сформувати вміння застосовувати теоретичні знання з генетики популяцій, генетики людини та медичної генетики для розв'язування практичних завдань;
- розвивати наскрізні вміння, спеціальні вміння та навички складати схеми схрещувань, розв'язувати генетичні задачі на успадкування ознак за законами Менделя, зчеплене успадкування і кросинговер, популяційну генетику (з використанням закону Харді-Вайнберга); складати й аналізувати родоводи для визначення типу успадкування моногенних захворювань та оцінювати спадкові ознаки родини при плануванні народження нащадків; моделювати генетичні процеси (комп'ютерні симуляції, фізичні моделі для демонстрації мутацій у популяції людини), моделювати типи кросинговеру та генотипний і фенотипний поліморфізми; проводити міні-дослідження;
- застосовувати отримані знання з метою подальшого професійного самовизначення у таких прикладних галузях людської діяльності як медицина, фармація, екологія.

Реалізація завдань курсу забезпечує формування в учнів/учениць *ключових компетентностей та наскрізних умінь*.

Компетентнісний потенціал Курсу охоплює всі ключові компетентності, визначені Державним стандартом профільної середньої освіти. Вивчення генетичного поліморфізму в популяції людини сприяє формуванню в учнівства вільного володіння державною мовою через обговорення проблемних питань генетичного та медичного змісту, написання навчальних проектів та їх захист. *Здатність спілкуватися рідною (у разі відмінності від державної) та іноземними мовами* розвивається під час аналізу різномовних джерел інформації щодо генетичних досліджень у популяції людини і, зокрема, поліморфних антигенних систем людини, що забезпечують виживання людини як виду в умовах ендо- і екзогенної агресії, та засвоєння міжнародної генетичної термінології. *Математична компетентність* формується завдяки оперуванню учнівством математичними поняттями і величинами під час характеристик генетичних об'єктів, явищ та процесів у популяції людини; розв'язуванню генетичних задач з використанням математичних обчислень, графіків, діаграм; вирішенню проблем генетичного поліморфізму в популяції людини за

допомогою математичних методів і моделей. *Компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій* забезпечуються через вивчення видів генетичного поліморфізму в популяції людини, поліморфізму генних і хромосомних захворювань людини, гетерозиготне носійство та сучасних методів популяційної генетики, генетики людини та медичної генетики, а також дослідження ролі системи гістосумісності (Human Leukocyte Antigens) у природному відборі, у виживанні людини як виду у різних умовах.

Інноваційність розвивається через використання цифрових інструментів для моделювання генетичних процесів в популяції людини, генерування нових ідей в генетичних моделях й проєктній діяльності. *Екологічна компетентність* формується на основі усвідомлення ролі генетичного поліморфізму системи гістосумісності (HLA) у популяційних процесах та наслідків, пов'язаних з впливом хімічних речовин і відходів виробництва на швидкість мутаційного процесу в популяції людини і, відповідно, природного відбору серед людей; аналізу глобальних екологічних криз; оцінювання власних дій у природі з позицій безпеки життєдіяльності; цінування розмаїття природи, визнання життя як найвищої цінності; розуміння необхідності дотримуватись принципів сталого розвитку. *Інформаційно-комунікаційна компетентність* реалізується завдяки роботі з цифровими платформами, віртуальними лабораторіями, мобільними додатками та програмами; пошуку й критичному аналізу генетичної інформації; створенню мультимедійних продуктів. *Навчання впродовж життя* підтримується через самостійні дослідження, проєктну діяльність і постійне оновлення знань про генетичний поліморфізм у популяції людини; формування розуміння необхідності генетичної компетентності для вибору професій генетика, лікаря-генетика, фармаколога. *Громадянські та соціальні компетентності* формуються шляхом усвідомлення глобальних викликів, пов'язаних із збереженням генофонду у популяціях людей в інформаційно-технологічному суспільстві; визнання альтернативних думок і поглядів на проблеми, пов'язані з впровадженням сучасних молекулярно-генетичних методів дослідження в популяційній генетиці, генетиці людини та медичній генетиці, дотримання принципів демократії під час їх розв'язання; оцінювання впливу сучасних досліджень популяційної генетики і медичної генетики на розвиток фармакологічної та медичних галузей; розвитку екологічної відповідальності й готовності до суспільно важливих дій. *Культурна компетентність* розвивається через усвідомлення значення сучасних досліджень популяційної генетики людини, генетики людини та медичної генетики як складника світової та української культури. *Підприємливість і фінансова грамотність* формуються під час аналізу перспектив економічного розвитку та впливу досягнень популяційної генетики людини та медичної генетики на діяльність підприємців, розвиток медицини та медичної техніки; обчислення економічного ефекту ініціатив і діяльності, пов'язаних з реалізацією прикладних знань з екологічної генетики, фармакогенетики та медичної генетики.

Основою формування ключових компетентностей, визначених у пункті 9 Державного стандарту профільної середньої освіти, є особистісні якості, особистий, соціальний, культурний і навчальний досвід здобувачів/здобувачок освіти, їх потреби та інтереси, які мотивують до навчання; знання, уміння і ставлення, що формуються в освітньому, соціокультурному та інформаційному середовищі, у різних життєвих ситуаціях.

Ціннісними орієнтирами Курсу є принципи, визначені Державним стандартом профільної середньої освіти, які реалізуються через зміст тем і види навчальної діяльності, а саме:

- Екологічна відповідальність – усвідомлення впливу антропогенного забруднення природного середовища на генетичні процеси в популяції людини, розуміння необхідності екологічно виважених рішень у сьогоденні та майбутньому.
- Наукова грамотність – розвиток здатності аналізувати генетичні процеси (генетичний поліморфізм) у популяції людини; використовувати міждисциплінарні знання з біології, географії, біохімії для розуміння

взаємозв'язку між антропогенним забрудненням природного середовища і частотою виникнення мутацій у популяції людини.

- Критичне мислення і свідомість – здатність оцінювати приклади адаптацій генетичних систем антигенів ABO та HLA в популяції людини до змін у навколишньому середовищі.
- Інноваційність – відкритість до нових підходів у вивченні генетичних процесів у популяції людини; здатність використовувати сучасні цифрові інструменти та моделювання для прогнозування та аналізу генетичних процесів (поліморфізму).

Програма Курсу побудована на низці принципів, що забезпечують її цілісність, практичну спрямованість і відповідність сучасним викликам. *Принцип науковості* – опора на достовірні, емпірично підтверджені дані сучасної генетики, молекулярної біології, популяційної генетики та медичної генетики щодо генетичного поліморфізму в популяційних процесах всього людського геному, що забезпечується рівнем поліморфізму однієї генетичної системи гістосумісності – HLA (лейкоцитарні антигени людини), для аналізу її основної ролі у природному відборі, а також у забезпеченні виживання людини як виду в умовах ендо- і екзогенної агресії; використання актуальних наукових теорій (наприклад, теорії нейтральної еволюції, концепції «генетичних ландшафтів»), методів дослідження (секвенування ДНК, ПЛР, асоціативні дослідження) та критичний аналіз інформації, зокрема, даних про зв'язок поліморфізмів із захворюваннями. *Системність* – вивчення генетичного поліморфізму як єдиної, логічно взаємопов'язаної системи знань; демонстрація зв'язку між різними рівнями поліморфізму (молекулярний – клітинний – організмий – популяційний) та їхню роль у формуванні ознак і схильності до захворювань. Наприклад, як окремих SNP (однонуклеотидний поліморфізм) впливає на функцію білка, а це, своєю чергою, на метаболічний шлях і, зрештою – на фенотип у популяції. *Проблемність* – стимулювання критичного мислення через постановку та обговорення актуальних наукових і етичних дилем. Наприклад, «Які механізми підтримують генетичний поліморфізм?», «Як можна використати дані про поліморфізм для індивідуалізації лікування». *Історизм* – передбачає розгляд генетичного поліморфізму в контексті еволюційного розвитку людини, показ того, як історичні події (міграції, адаптація до різних умов середовища, харчування, хвороби) сформували сучасне різноманіття генофондів людських популяцій та обумовили розподіл алелів поліморфних локусів, важливих для здоров'я (наприклад, поліморфізми, пов'язані лактозною персистенцією або стійкістю до інфекцій). *Збереження здоров'я* – вивчення поліморфізму має бути безпосередньо пов'язане з розумінням генетичних факторів ризику поширених захворювань (мультифакторні захворювання) в популяції людини; усвідомлення зв'язку між зміною середовища існування (поява нових хімічних лікарських препаратів, харчових добавок) і дією патологічних генів, які спричиняють захворювання; формування навичок, корисних для здоров'я в умовах екологічних змін. *Практична спрямованість* – застосування знань у реальній медичній та біологічній практиці. Це включає вивчення методів генетичного тестування (генотипування), інтерпретацію результатів аналізу поліморфізмів для оцінки ризиків, використання біоінформатичних інструментів для роботи з великими базами даних генетичних варіацій людини (наприклад, dbSNP, GnomAD). *Гуманістичність* – визнання унікальності і цінності кожної людини, що визначається, зокрема, її індивідуальним генотипом; формування відповідального та етичного ставлення до генетичної інформації, підкреслюючи при цьому, що поліморфізм – це нормальне біологічне явище, а не «недолік»; обговорення питань щодо недопущення дискримінації на основі генетичних даних та дотримання конфіденційності. *Україноцентричність* – аналіз сучасних досліджень українських вчених-генетиків щодо генетичних процесів у популяції людини.

Програма Курсу складається з таких структурних елементів:

1. Вступна частина. Містить загальну характеристику курсу, визначає його мету, завдання, ключові компетентності, ціннісні орієнтири, підходи та принципи реалізації.
2. Основна частина. Містить вступ, чотири розділи, що містять 15 тем і узагальнення до курсу; розрахована на 35 годин навчання, охоплює очікувані результати навчання, пропонований зміст курсу, види навчальної діяльності.
3. Прикінцева частина, яка містить список необхідних цифрових ресурсів, а також методичні рекомендації для реалізації очікуваних результатів навчання, визначених Програмою.

Програмою Курсу передбачені такі розділи: Вступ, що формує системний підхід до вивчення генетичного поліморфізму як явища, що забезпечує різноманіття всередині виду, та є основою для природного відбору та адаптації. Теми першого розділу «Генотип організму як цілісна система взаємодії генів» присвячені взаємодії генів та їх прояву при різних типах успадкування (множинний алелізм та полігенне успадкування кількісних ознак). Теми другого розділу «Хромосомна теорія спадковості» актуалізують отримані знання щодо типів кросинговеру, генетичних карт хромосом людини, методи побудови карт хромосом, формують уявлення про сучасний стан дослідження геному людини у контексті Міжнародних проєктів «Геном людини» та «Геномне різноманіття в Україні». Теми третього розділу знайомлять учнів/учениць з видами генетичного поліморфізму: генотипним та фенотипним, їх характерними рисами та особливостями, взаємозв'язком та відмінностями; біохімічним антигенним поліморфізмом, поліморфною антигенною системою людини АВ0 та системами MN, Даффі, Дієго, КЕЛЛ, їх особливостями та практичним значенням; асоціаціями антигенів системи АВ0 з інфекційними і неінфекційними захворюваннями; конфліктом за системою АВ0; історією відкриття антигену резус-фактор. Теми четвертого розділу присвячені ознайомленню з системою гістосумісності (HLA), з її молекулярною структурою та поліморфізмом; асоціаціями антигенів системи HLA із захворюваннями; з новими напрямками в генетиці – екогенетикою та фармакогенетикою; клінічним поліморфізмом та його проявами (генні та хромосомні захворювання, їх характерні риси); гетерозиготне носійство в популяції людини та методи його виявлення. Узагальнення «Генотипний і фенотипний поліморфізм як основа вивчення еволюції, адаптації, біорізноманіття та генетики захворювань», під час якого учнівство вибудовує схему генотипного і фенотипного поліморфізму, його роль у природному відборі, видоутворенні, адаптації та біорізноманітті, а також у вивченні генетичних та хромосомних захворювань людини.

Особливості організації освітнього процесу. *Варіативність реалізації:* Курс може викладатися як у межах передбаченої кількості навчальних годин для обов'язкових освітніх компонентів, так і за рахунок вибірових освітніх компонентів. *Гнучкість структури:* передбачено можливість адаптації послідовності вивчення тем, прикладів і форматів діяльності відповідно до потреб класу та місцевих особливостей. Програма може реалізуватися на поглибленому рівні з акцентом на самостійну роботу, зокрема учні/учениці проводять самостійні дослідження з використанням цифрових інструментів, моделюють генетичні процеси в популяції людини й виконують комплексний аналіз міжгалузевих зв'язків, працюють з первинними науковими джерелами.

Способи реалізації програми. Реалізація Програми передбачає використання різноманітних методів навчальної діяльності, що сприяють розвитку ключових компетентностей та наскрізних умінь учнів/учениць. Зокрема, застосовуються такі підходи: аналіз та обговорення генетичних механізмів поліморфізму та варіабельності, гетерозиготного носійства в популяції людини шляхом дискусій, роботи з генетичними картами хромосом; дослідницька діяльність, що включає зокрема, дослідження родоводів з генними та хромосомними захворюваннями, а також дослідження родоводів зі спадковою схильністю до мультифакторних захворювань (епілепсія, цукровий діабет); проєктна діяльність, яка передбачає реалізацію просвітницьких ініціатив, спрямованих на

розв'язання актуальних проблем екогенетики та фармакогенетики; групові та індивідуальні завдання, зокрема кейс-стаді (розбір конкретного випадку щодо асоціації антигенів системи HLA із захворюваннями); інтерактивні формати, як-от мозкові штурми, конференції, дебати та симуляції генетичних процесів в популяції людини, орієнтовані на осмислення їхніх наслідків у сучасному контексті; практикуми ґрунтуються на здійсненні учнями/ученицями певних видів практичної та інтелектуальної діяльності (розв'язування генетичних задач на закон Харді-Вайнберга, на взаємодію генів, спадковість, порівняння, розпізнавання, визначення належності, моделювання, проведення спостережень тощо).

Такий підхід дає можливість учням/ученицям не лише здобути знання про генетичний поліморфізм в популяції людини, а й навчитися свідомо оперувати цими знаннями, вдосконалювати навички взаємодії з іншими на засадах поваги, співпраці та соціальної відповідальності.

Окремі методичні аспекти викладання Курсу висвітлено у прикінцевій частині програми.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Загальний обсяг 35 годин (1 год на тиждень)

Очікувані результати навчання	Пропонований зміст навчального курсу	Види навчальної діяльності
Вступ		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (генетичний поліморфізм, закон генетичної рівноваги популяції Харді-Вайнберга, біохімічний антигенний поліморфізм). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця визначає самостійно або у співпраці з іншими мету відповідно до сформульованої проблеми дослідження [12 ПРО 1.2.1-1 П]; визначає і пояснює самостійно або у співпраці з іншими необхідні етапи дослідження [12 ПРО 1.3.2-1 П]; добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими математичні/логічні/графічні методи опрацювання результатів дослідження [12 ПРО 1.5.1-1 П]; формулює самостійно або у співпраці з іншими висновки відповідно до завдань дослідження [12 ПРО 1.5.2-2 П];	Популяційна генетика людини як галузь біологічної науки. Предмет і методи дослідження популяційної генетики людини (імунологічні та біохімічні). Значення знань з популяційної генетики людини. Генетична характеристика популяцій людства. Закон генетичної рівноваги популяції Харді-Вайнберга: суть, умови його застосування та відхилення від рівноваги. Фактори, що	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Чи згодні ви з думкою, що не існує на планеті людей з однаковим генотипом? <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> <i>Лекція з інтерактивними елементами</i> «Генетичний поліморфізм як явище, що забезпечує різноманіття всередині виду та основа для природного відбору та адаптації» <i>Проектна діяльність</i> <i>Проект</i> «Генетична структура та демографічна історія населення України за даними аналізу мітохондріальної ДНК (мтДНК) та Y-хромосоми: порівняння з сусідніми східноєвропейськими популяціями» <i>Дослідницька діяльність</i> <i>Кейс-стаді</i> (розбір ситуації щодо частоти носійства певної

оцінює самостійно або у співпраці з іншими можливість використання результатів дослідження для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 1.5.2-3 П]; презентує самостійно або у співпраці з іншими (зважаючи на аудиторію і мету презентації) результати дослідження, зокрема із використанням цифрових ресурсів, технологій і пристроїв [12 ПРО 1.5.3-2 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; характеризує, використовуючи мову науки, самостійно або у співпраці з іншими, методи дослідження популяційної генетики людини; генетичну популяцію людства; закон генетичної рівноваги популяції Харді-Вайнберга; генетичний поліморфізм як явище [12 ПРО 3.1.1-1 П]; визначає самостійно або у співпраці з іншими, властивості об'єктів, істотні ознаки явищ і процесів, необхідні для розв'язання навчальної проблеми [12 ПРО 3.1.1-2 П]; пропонує самостійно або у співпраці з іншими варіанти розв'язання навчальної проблеми, оцінює можливості її реалізації [12 ПРО 4.3.1-1 П]; розв'язує самостійно навчальну проблему (розв'язує задачі на закон Харді-Вайнберга), використовуючи здобуті наукові знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження стосовно сучасних досягнень у дослідженнях генетичного поліморфізму у популяції людини; робить висновок про необхідність знань з популяційної генетики людини; розуміє фактори, що впливають на генетичний поліморфізм у популяції людини, та етнічні відмінності в генетичному поліморфізмі; усвідомлює значення	впливають на генетичний поліморфізм популяцій людини. Етнічні відмінності в генетичному поліморфізмі. Дослідження сучасних українських учених, пов'язані з вивченням генофонду українців та його унікальних генетичних варіацій (Л. Лівшиць, Т. Олексик, О. Олексик, Я. Гасинець). Генетичний поліморфізм як явище, що забезпечує різноманіття всередині виду, та основа для природного відбору й адаптації	групи крові в популяції українців). Практична робота «Розв'язування задач на Закон Харді-Вайнберга»
--	--	---

внеску українських дослідників у розвиток знань про генофонд української популяції та його унікальних генетичних варіацій		
Розділ 1. Генотип організму як цілісна система взаємодії генів		
Тема 1.1. Взаємодія генів та їх прояв при різних типах успадкування		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (алельні гени, повне домінування, неповне домінування, кодомінування, наддомінування, множинний алелізм, епістаз, генетична варіабельність, летальні гени). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця створює самостійно або у співпраці з іншими віртуальну модель генетичних об'єктів (біохімічна природа взаємодії генів) [12 ПРО 1.4.1-2 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; характеризує, використовуючи мову науки, самостійно або у співпраці з іншими, взаємодію генів та їх прояв при різних типах успадкування, основні групи взаємодії генів, форми взаємодії між алельними генами, множинний алелізм [12 ПРО 3.1.1-1 П]; визначає самостійно або у співпраці з іншими, властивості алельних генів, об'єктів, істотні ознаки форм взаємодії алельних генів та явища множинного алелізму необхідні для розв'язання навчальної проблеми [12 ПРО 3.1.1-2 П]; розв'язує самостійно навчальну проблему (розв'язує задачі на взаємодію алельних генів), використовуючи здобуті наукові знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження стосовно сучасних досягнень у дослідженнях генетичного поліморфізму у популяції людини; усвідомлює взаємодію генів	Взаємодія генів та їх прояв при різних типах успадкування. Основні групи взаємодії генів. Форми взаємодії між алельними генами. Множинний алелізм	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> «Яким чином різні типи взаємодії генів (наприклад, епістаз, домінування, рецесивність) впливають на генетичну варіабельність у людських популяціях, і як це може пояснити збереження певних алелів, що, здавалося б, є шкідливими, а також швидку адаптацію до нових умов середовища?» <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> <i>Моделювання</i> Побудова моделі «Доза-Відповідь» (взаємозв'язок між геном і ознакою на прикладі розвитку забарвлення очей людини) (біохімічна взаємодія генів). <i>Дослідницька діяльність</i> Практична робота «Розв'язування задач на множинні алелі»

та їх прояв при різних типах успадкування		
Тема 1.2. Взаємодія неалельних генів. Типи взаємодії неалельних генів		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (неалельні гени, комплементарність, епістаз, полімерія, фенотип). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця створює самотійно або у співпраці з іншими віртуальну модель генетичних об'єктів (взаємодія неалельних генів: полімерія) [12 ПРО 1.4.1-2 П]; планує і здійснює самотійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; характеризує, використовуючи мову науки, самотійно або у співпраці з іншими, взаємодію неалельних генів та їх типи взаємодії [12 ПРО 3.1.1-1 П]; визначає самотійно або у співпраці з іншими, властивості неалельних генів та істотні ознаки типів взаємодії, необхідні для розв'язання навчальної проблеми [12 ПРО 3.1.1-2 П]; розв'язує самотійно навчальну проблему (розв'язує задачі на взаємодію неалельних генів), використовуючи здобуті наукові знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок про типи взаємодії неалельних генів; усвідомлює значення застосування отриманих знань про типи взаємодії неалельних генів для подальшого життя	Взаємодія неалельних генів. Типи взаємодії неалельних генів	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Як взаємодія генів формує унікальний фенотип кожної людини та водночас визначає спільні риси та відмінності між людськими популяціями? <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> <i>Моделювання</i> Побудова моделі взаємодії неалельних генів (полімерія: кумулятивна та некумулятивна). <i>Дослідницька діяльність</i> Практична робота «Розв'язування задач на взаємодію неалельних генів»
Тема 1.3. Полігенне успадкування кількісних ознак		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (полімерія, некумулятивна полімерія, плейотропія). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця планує і здійснює самотійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до	Полігенне успадкування кількісних ознак	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Чому, незважаючи на те, що багато людських ознак (наприклад, зріст, колір шкіри, інтелект, схильність до певних захворювань) мають очевидну генетичну складову, їхня успадкованість часто не

визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; характеризує, використовуючи мову науки, самостійно або у співпраці з іншими, полігенне успадкування кількісних ознак [12 ПРО 3.1.1-1 П]; визначає самостійно або у співпраці з іншими, властивості полігенного успадкування ознак необхідні для розв'язання навчальної проблеми [12 ПРО 3.1.1-2 П]; розв'язує самостійно навчальну проблему (розв'язує задачі на плейотропію), використовуючи здобуті наукові знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює судження про полігенне успадкування; усвідомлює значення застосування отриманих знань про полігенне успадкування кількісних ознак для подальшого життя		відповідає простим Менделівським закономірностям, і як це пов'язано зі складною взаємодією генів у популяції? <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> <i>Дослідницька діяльність</i> Практична робота «Розв'язування задач на плейотропну дію»
---	--	--

Розділ 2. Хромосомна теорія спадковості

Тема 2.1. Хромосомна теорія спадковості. Кросинговер та його типи

<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (хіазма, інтерференція, аномалії, рекомбінації). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця створює самостійно або у співпраці з іншими віртуальну модель генетичних об'єктів (хромосоми) [12 ПРО 1.4.1-2 П]; визначає самостійно або у співпраці з іншими, властивості типів кросинговеру необхідні для розв'язання навчальної проблеми [12 ПРО 3.1.1-2 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; аналізує, систематизує, оцінює самостійно або у співпраці з іншими опрацьовану інформацію [12 ПРО 2.1.1-5 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання	Хромосомна теорія спадковості. Кросинговер та його типи. Значення кросинговеру	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Якщо ми поглянемо на різні типи кросинговеру (наприклад, одинарний, подвійний, потрійний та множинний), а також на фактори, що впливають на його частоту (відстань між генами, хіазми, інтерференція), виникають запитання: Як саме організм «регулює» чи «контролює» цей процес обміну? Чи є кросинговер повністю випадковим явищем, чи існують механізми, які сприяють його виникненню в певних ділянках хромосом, або, навпаки, пригнічують його в інших? Яке еволюційне значення може мати така «невипадковість» (якщо вона існує) у процесі формування генетичного різноманіття? Як дослідження цих механізмів
--	---	--

генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; розв'язує самостійно або у співпраці з іншими навчальну проблему (розв'язування задач на зчеплене успадкування і кросинговер), використовуючи здобуті наукові знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок, усвідомлює значення застосування отриманих знань про кросинговер, його типи та еволюційне значення кросинговеру у процесі формування генетичного різноманіття		може допомогти нам краще зрозуміти спадкові захворювання, пов'язані з аномаліями рекомбінації? <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> <i>Моделювання</i> «Моделювання типів кросинговеру (одинарний, подвійний, потрійний, множинний)». <i>Дослідницька діяльність</i> Практична робота «Розв'язування задач на зчеплене успадкування і кросинговер»
Тема 2.2. Генетичні карти хромосом людини. Методи побудови карт хромосом		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (генне картування, локус, секвенування ДНК). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця створює самостійно або у співпраці з іншими віртуальну модель генетичних об'єктів (гетеросом людини) [12 ПРО 1.4.1-2 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; аналізує, систематизує, оцінює самостійно або у співпраці з іншими опрацьовану інформацію [12 ПРО 2.1.1-5 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; розв'язує самостійно або у співпраці з іншими навчальну проблему (розв'язування задач на зчеплене успадкування і кросинговер), використовуючи здобуті наукові знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить	Генетичні карти хромосом людини. Сучасні методи побудови карт хромосом	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Ми знаємо, що генетичні карти хромосом, особливо у людини, будуються на основі частоти кросинговеру між генами, що дозволяє визначити їхню відносну відстань та порядок розташування на хромосомі. Ці карти є надзвичайно цінними для ідентифікації генів, пов'язаних із спадковими захворюваннями, для розуміння еволюції видів, а також для діагностики та лікування. Однак, якщо ми врахуємо, що частота кросинговеру може варіювати не лише між різними індивідами, але й в різних ділянках однієї хромосоми (наприклад, у теломерах чи центромерах), а також під впливом зовнішніх факторів, <i>то виникають наступні проблемні питання:</i> Наскільки «точною» є сучасна генетична карта хромосом людини, якщо її побудова базується на показниках, які можуть бути мінливими? Які виклики стоять перед ученими

висновок, усвідомлює надзвичайну цінність генетичних карт для ідентифікації генів, пов'язаних із спадковими захворюваннями, для розуміння еволюції видів, а також для діагностики та лікування		при створенні та уточненні цих карт, і як вони долають ці виклики? Чи існують інші методи картографування генів, які могли б доповнити або навіть замінити традиційне генетичне картографування, щоб отримати більш повне та точне уявлення про організацію геному людини? Яке значення має така «непостійність» кросинговеру для клінічної генетики та персоналізованої медицини? <i>Робота</i> ³ <i>інформацією/опрацювання джерел інформації</i> <i>Моделювання</i> «Моделювання гетеросом людини»
--	--	--

Тема 2.3. Сучасний стан дослідження геному людини. Міжнародні проєкти «Геном людини» та «Геномне різноманіття в Україні»

<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (геном, секвенування, геноміка, інтерференція). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця установлює самостійно або у співпраці з іншими причинно-наслідкові зв'язки між певними явищами і процесами та їх наслідками [12 ПРО 3.3.1-1 П]; виявляє взаємозв'язки у природі, необхідні для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 3.3.1-2 П]; пояснює самостійно або у співпраці з іншими причини локальних, регіональних, глобальних проблем людства [12 ПРО 3.3.1-3 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими вплив діяльності людини/власної діяльності на збереження/порушення зв'язків у природі [12 ПРО 3.3.1-5 П]; пропонує самостійно або у співпраці з іншими способи використання здобутків природничих наук, техніки і технологій для розв'язання глобальних проблем людства [12 ПРО 3.4.1-1 П];	Міжнародний проєкт «Геном людини». Сучасний стан дослідження геному людини. Участь українських учених у Міжнародному проєкті: «Genome diversity in Ukraine» (Геномне різноманіття в Україні)	<i>Семінар</i> Питання до семінару: «Сучасний стан дослідження геному людини на глобальному та регіональному рівнях» 1. Проєкт «Геном людини» та його значення: Якими були основні цілі та завдання Проєкту «Геном людини»? Чому для реалізації Проєкту було поєднано зусилля багатьох науковців? Чому на емблемі Проєкту названі такі науки, як біологія, хімія, фізика, етика, інформатика та інженерія? Які ключові досягнення цього Проєкту ви вважаєте найважливішими для біології та медицини? Як Проєкт «Геном людини» змінює наше уявлення про людство та біологію? 2. Сучасні технології секвенування геному: Які нові технології секвенування з'явилися після
--	---	--

оцінює самостійно або у співпраці з іншими значення наукових знань, діяльності науковців і винахідників для забезпечення суспільного прогресу і покращення якості життя [12 ПРО 3.4.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок, усвідомлює надзвичайну цінність досліджень геномного різноманіття української популяції, еволюційні та демографічні процеси, що його сформували, унікальних генетичних варіацій (однонуклеотидних поліморфізмів, інделів, варіацій копій), що дозволяє глибше зрозуміти історію української популяції, її зв'язки з іншими європейськими народами, а також ідентифікувати медично важливі мутації; досліджень у діагностиці і лікуванні спадкових хвороб; в еволюції людини (адаптація людини до різних умов довкілля); значення внеску українських учених у розвиток геноміки (Т.В. Олексик, Л.А. Лівшиць); розуміє яким чином розвиток штучного інтелекту та комп'ютерних технологій може вплинути на дослідження геному людини в епоху інформаційного суспільства	завершення Проєкту «Геном людини»? Чим відрізняється секвенування наступного покоління (NGS) від методів, що використовувалися раніше? Які переваги та недоліки мають сучасні методи секвенування (наприклад, короткі прочитання проти довгих прочитань)? 3. Функціональна геноміка: Що таке функціональна геноміка і які її основні завдання? Які методи використовуються для вивчення функцій генів (наприклад, CRISPR/Cas9, РНК-інтерференція)? Як дослідження некодуючих ділянок геному змінює наше розуміння його функціонування? 4. Геноміка в медицині: Як геномні дослідження впливають на діагностику та лікування спадкових захворювань? Що таке персоналізована медицина і яку роль у ній відіграє геноміка? Які етичні та соціальні виклики виникають у зв'язку з використанням геномних даних у медицині (наприклад, конфіденційність, дискримінація)? 5. Геноміка та еволюція: Як дослідження геному допомагають краще зрозуміти еволюцію людини та міграції давніх популяцій? Яку інформацію можна отримати з порівняльного аналізу геномів різних видів? Як геномні дані сприяють розумінню адаптації людини до різних умов довкілля? 6. Майбутнє дослідження геному людини:
--	---

		Які, на вашу думку, є найбільш нерозв'язані питання в галузі геноміки людини? Які потенційні нові застосування геномних технологій ми можемо очікувати в найближчому майбутньому? Яким чином розвиток штучного інтелекту та комп'ютерного навчання може вплинути на дослідження геному людини? 7. Проєкт «Геномне різноманіття в Україні»: Якими були основні цілі та завдання Проєкту «Геномне різноманіття в Україні»? Які ключові досягнення цього Проєкту ви вважаєте найважливішими для популяційної генетики людини? У чому дослідники вбачають унікальність українських геномів серед східноєвропейських популяцій націй? У чому цінність створеної дослідниками контурної карти генетичної різноманітності популяції українців і не лише українців, а й загалом для східноєвропейських популяцій? Яким чином її можна використати у персоналізованій медицині?
Розділ 3. Генетичний поліморфізм: генотипний та фенотипний поліморфізми		
Тема 3.1. Види генетичного поліморфізму. Генотипний поліморфізм: характерні риси та особливості		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (одноклітинні поліморфізми, варіації кількості копій, вставки, делеції). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця визначає самостійно або у співпраці з іншими мету відповідно до	Генетичний поліморфізм та його види. Генотипний поліморфізм: характерні риси та особливості. Моногенні та	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Чому виключною варіабельністю відрізняються дерматогліфічні ознаки людини?

сформульованої проблеми дослідження [12 ПРО 1.2.1-1 П]; визначає і пояснює самостійно або у співпраці з іншими необхідні етапи дослідження [12 ПРО 1.3.2-1 П]; добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими математичні/логічні/графічні методи опрацювання результатів дослідження [12 ПРО 1.5.1-1 П]; формулює самостійно або у співпраці з іншими висновки відповідно до завдань дослідження [12 ПРО 1.5.2-2 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими можливість використання результатів дослідження для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 1.5.2-3 П]; презентує самостійно або у співпраці з іншими (зважаючи на аудиторію і мету презентації) результати дослідження, зокрема із використанням цифрових ресурсів, технологій і пристроїв [12 ПРО 1.5.3-2 П]; планує, здійснює пошук, планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; аналізує, систематизує, оцінює самостійно або у співпраці з іншими опрацьовану інформацію [12 ПРО 2.1.1-5 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; розв'язує самостійно або у співпраці з іншими навчальну проблему (розв'язування задач на визначення генотипу батьків за фенотипом дітей), використовуючи здобуті наукові	полігенні ознаки людини. Характер мінливості ознаки: неперервний та перервний. Відмінності у генетичному матеріалі між особинами однієї популяції: одноклітинні поліморфізми (SNP), варіації кількості копій (CNV), вставки та делеції (індели); варіації в тандемних повторах (STR, VNTR)	<i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> <i>Дослідницька діяльність</i> Дослідження «Розслідування умовного злочину з використанням методу генетичної дактилоскопії (ДНК-профіль)». Практична робота «Розв'язування задач на визначення генотипу батьків за фенотипом дітей»
---	---	---

знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок про відмінності у генетичному матеріалі між особинами однієї популяції; усвідомлює важливість застосування ДНК-профілювання у багатьох сферах: криміналістиці, визнанні батьківства та спорідненості, медицині, генеалогії та антропології, ботаніці та зоології		
Тема 3.2. Фенотипний поліморфізм: характерні риси і особливості		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (фенотипний поліморфізм, фенотипна пластичність, маркер адаптації). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця створює самостійно або у співпраці з іншими віртуальну модель фенотипного поліморфізму [12 ПРО 1.4.1-2 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; аналізує, систематизує, оцінює самостійно або у співпраці з іншими опрацьовану інформацію [12 ПРО 2.1.1-5 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; установлює самостійно або у співпраці з іншими причинно-наслідкові зв'язки між певними явищами і процесами та їх наслідками [12 ПРО 3.3.1-1 П]; розв'язує самостійно або у співпраці з іншими навчальну проблему (розв'язування задач на визначення фенотипу і генотипу дітей за генотипом батьків при проміжному схрещуванні, неповному домінуванні і домінуванні залежному від зовнішніх і внутрішніх умов), використовуючи	Фенотипний поліморфізм: характерні риси і особливості. Видимі або вимірні відмінності поліморфізму у рисах (у фенотипах): морфологічні, фізіологічні та поведінкові. Явище фенотипної пластичності. Фенотипний поліморфізм як наслідок генотипного поліморфізму. Залежність фенотипного поліморфізму від впливу навколишнього середовища. Фенотип як маркер адаптації організму до навколишнього середовища. Взаємозв'язок і відмінності між генотипним і фенотипним поліморфізмом	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Як взаємодія генів формує унікальний фенотип кожної людини та водночас визначає спільні риси та відмінності між людськими популяціями? <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> (друковані, електронні джерела, фото-відеоматеріали, анімації) <i>Лекція з інтерактивними елементами</i> «Фенотипний поліморфізм як наслідок генотипного поліморфізму, його залежність від впливу навколишнього середовища» <i>Дослідницька діяльність</i> Практична робота «Розв'язування задач на визначення фенотипу і генотипу дітей за генотипом батьків при проміжному схрещуванні, неповному домінуванні і домінуванні залежному від зовнішніх і внутрішніх умов» <i>Моделювання</i> Побудова діаграми Венна «Спільні та відмінні ознаки генотипного та фенотипного поліморфізму»

здобути наукові знання і набутий досвід [12 ПРО 4.3.2-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок про фенотипний поліморфізм як наслідок генотипного поліморфізму, залежність фенотипного поліморфізму від впливу навколишнього середовища, фенотип як маркер адаптації організму до навколишнього середовища; усвідомлює взаємозв'язок і відмінності між генотипним і фенотипним поліморфізмом		
Тема 3.3. Біохімічний антигенний поліморфізм: різноманіття людей у популяції за білками - ферментами і антигенами. Поліморфна антигенна система людини АВ0 як гетерогенна система		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (системи груп крові людини АВ0, MN, Даффі, Дієго, КЕЛЛ, фенотип Бомбей). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими надійність джерел і достовірність інформації в самостійно обраний спосіб [12 ПРО 2.1.1-2 П]; розрізняє самостійно або у співпраці з іншими наукове/псевдонаукове пояснення інформації природничого змісту [12 ПРО 2.1.1-3 П]; аналізує, систематизує, оцінює самостійно або у співпраці з іншими опрацьовану інформацію [12 ПРО 2.1.1-5 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П].	Характеристика поліморфної антигенної системи людини АВ0 як гетерогенної системи. Фенотипи і генотипи групи крові системи АВ0. Сучасні дослідження щодо системи АВ0. Люди з фенотипом Бомбей. Відкриття нових систем груп крові людини: система MN, система Даффі, система Дієго, система КЕЛЛ	<i>Розв'язання проблемних питань, задач</i> Чи завжди, знаючи фенотип групи крові людини (наприклад, якщо вона має групу крові А), ми можемо однозначно визначити її генотип? Якщо ні, то чому? Які практичні наслідки це може мати для медицини та генетичного консультування? Подумайте про це. Чи є випадки, коли різні генотипи можуть давати однаковий фенотип? Як це впливає на успадкування груп крові та, можливо, на сумісність при переливанні крові? <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> (друковані, електронні джерела, фото-відеоматеріали, анімації, медіа-джерела) <i>Мінілекція</i> «Історія відкриття нових систем груп крові людини, їх особливості» <i>Практична робота</i> «Розв'язування задач на успадкування груп крові та резус-фактора» <i>Віртуальна гра</i> «Визначення групи крові»

<i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження щодо поліморфної антигенної системи людини АВ0 як гетерогенної системи; робить висновок про сучасні дослідження систем груп крові АВ0, MN, Даффі, Дієго, КЕЛЛ		
Тема 3.4 Асоціації антигенів системи АВ0 з інфекційними і неінфекційними захворюваннями. Конфлікт за системою АВ0. Історія відкриття антигену резус-фактор		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (асоціації антигенів, резус-фактор, раси). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця продукує самостійно або у співпраці з іншими ідеї щодо створення математичних/реальних/віртуальних моделей об'єктів і явищ [12 ПРО 1.4.1-1 П]; створює самостійно або у співпраці з іншими віртуальну модель генетичних об'єктів (популяції європеїдної, негроїдної та монголоїдної рас) [12 ПРО 1.4.1-2 П]; аналізує за заданими критеріями самостійно або у співпраці з іншими математичні/реальні/ віртуальні моделі об'єктів і явищ [12 ПРО 1.4.1-3 П]; добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; фіксує результати дослідження в самостійно визначений спосіб [12 ПРО 1.4.2-3 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження щодо асоціацій антигенів системи АВ0 з інфекційними і неінфекційними захворюваннями; робить висновок про значення відкриття антигену – резус-фактора в популяції людини; усвідомлює цінність відкриття нової групи крові з резус-фактором нуль (Rh null) для лабораторного вирощування, з метою забезпечення людей з рідкісними групами кров'ю, коли їм це необхідно	Асоціації антигенів системи АВ0 з інфекційними і неінфекційними захворюваннями. Конфлікт за системою АВ0. Історія відкриття антигену – резус-фактора. Розподіл резус-фактора у популяції людини. Відкриття групи крові з резус-фактором нуль (Rh null). Унікальні можливості групи крові («золота кров») у проведенні універсальних переливань	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i> Група крові – це лише для переливань, чи закодована в ній наша вразливість до захворювань? Відомо, що антигени системи АВ0 на поверхні еритроцитів відіграють ключову роль у визначенні сумісності крові для переливань. Але чи обмежується їхня функція лише цим? Насправді, ці антигени присутні не лише на еритроцитах, а й на поверхні багатьох інших клітин нашого організму, а також можуть виділятися в біологічні рідини (слина, слюзи, шлунковий сік тощо) у так званих «секреторів». Наукові дослідження останніх десятиліть відкривають нам все більше дивовижних зв'язків між певною групою крові (тобто, наявністю конкретних антигенів АВ0) та схильністю людини до певних захворювань – як інфекційних, так і неінфекційних. Враховуючи, що антигени системи АВ0 є не просто «маркерами» крові, а й активними молекулами на поверхні клітин та в секретах, поясніть, яким чином та чому саме наявність певних антигенів АВ0 може асоціюватися зі зміненою

		сприйнятливості або резистентністю до: - Деяких інфекційних захворювань (наприклад, вірусних, бактеріальних). - Деяких неінфекційних захворювань (наприклад, шлунково-кишкового тракту, серцево-судинних, онкологічних). Які механізми (молекулярні, імунні тощо) можуть лежати в основі цих асоціацій? І чи може це знання відкрити нові шляхи для профілактики або індивідуалізованого лікування певних захворювань? Подумайте про взаємодію цих антигенів з патогенами, про їхню роль у функціонуванні клітин та імунної системи. <i>Мінілекція:</i> Конфлікт за системою АВ0. Історія відкриття антигену – резус-фактора. Розподіл резус-фактора у популяції людини. <i>Проектна діяльність</i> Проект з теми «Зв'язок групи крові АВ0 зі схильністю до захворювань». <i>Моделювання</i> «Побудова діаграми розподілу резус-фактора у людській популяції (європеїдна, негроїдна, монголоїдна раси)»
--	--	--

Розділ 4. Система гістосумісності (HLA), її основна роль у природному відборі

Тема 4.1. Молекулярна структура системи HLA. Поліморфізм системи

<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (HLA, система тканинної сумісності людини, локус, сублокуси, гени-провокатори захворювання, гени-протектори). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; фіксує результати дослідження в самостійно визначений спосіб [12 ПРО 1.4.2-3 П];	Дослідження Bodmer (1998 р.). Молекулярна структура системи HLA (лейкоцитарні антигени людини). Поліморфізм системи. Відкриття тканинного	<i>Розв'язання проблемних питань, задач</i> Система HLA (Human Leukocyte Antigens) – це головний комплекс гістосумісності (МНС). Ви вже знаєте, що це надзвичайно поліморфні білки на поверхні наших клітин, які відіграють центральну роль в імунній відповіді. Враховуючи надзвичайну поліморфність генів, що
--	--	---

використовує самостійно або у співпраці з іншими математичні/логічні/графічні методи опрацювання результатів дослідження [12 ПРО 1.5.1-1 П]; формулює самостійно або у співпраці з іншими висновки відповідно до завдань дослідження [12 ПРО 1.5.2-2 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими можливість використання результатів дослідження для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 1.5.2-3 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; добирає та інтегрує самостійно або у співпраці з іншими інформацію природничого змісту, представлену в різних формах [12 ПРО 2.2.1-2 П]; презентує (зважаючи на аудиторію/мету презентації) самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію/створені продукти в обраний спосіб, зокрема з використанням цифрових технологій і пристроїв [12 ПРО 2.2.2-4 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок про цінність дослідження Bodmer (1998 р.) у популяційних процесах; усвідомлює молекулярну структуру системи HLA (лейкоцитарні антигени людини), її поліморфізм та значення відкриття першого тканинного антигену системи HLA (1958 р., Ж. Доссе)	антигену системи HLA	кодують молекули HLA, та їхню ключову функцію в презентації антигенів і розпізнаванні «свій/чужий», яким чином унікальна і надзвичайно різноманітна молекулярна структура молекул HLA (зокрема, їхні пептид-зв'язуючі борозни та варіації в амінокислотних послідовностях) дозволяє їм, з одного боку, забезпечувати ефективний імунний нагляд і захист від безлічі патогенів, а з іншого – ставати основною причиною імунного відторгнення органів при трансплантації та схильності до певних аутоімунних захворювань? Які «компроміси» еволюція зробила у формуванні цієї системи? І як розуміння цієї молекулярної архітектури допомагає нам у сучасній медицині, зокрема в трансплантології, лікуванні аутоімунних захворювань та розробці вакцин? Подумайте про те, як навіть невелика зміна в одній амінокислоті може кардинально вплинути на здатність молекули HLA зв'язувати певний пептид і, як наслідок, на всю імунну відповідь. <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> (друковані, електронні джерела, фото-відеоматеріали, анімації) <i>Проектна діяльність</i> Проект з теми «Роль HLA-антигенів у трансплантації органів: стратегії мінімізації відторгнення»
Тема 4.2. Асоціації антигенів системи HLA із захворюваннями. Нові напрямки в генетиці: екогенетика і фармакогенетика		

<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (система HLA, екогенетика, фармакогенетика). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; фіксує результати дослідження в самостійно визначений спосіб [12 ПРО 1.4.2-3 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими математичні/логічні/графічні методи опрацювання результатів дослідження [12 ПРО 1.5.1-1 П]; формулює самостійно або у співпраці з іншими висновки відповідно до завдань дослідження [12 ПРО 1.5.2-2 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими можливість використання результатів дослідження для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 1.5.2-3 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; презентує (зважаючи на аудиторію/мету презентації) самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію/створені продукти в обраний спосіб, зокрема із використанням цифрових технологій і пристроїв [12 ПРО 2.2.2-4 П]; установлює самостійно або у співпраці з іншими причинно-наслідкові зв'язки між певними явищами і процесами та їх наслідками [12 ПРО 3.3.1-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок про актуальність проблем екогенетики і	Асоціації антигенів системи HLA із захворюваннями. Нові напрямки в генетиці: екогенетика і фармакогенетика. Методи дослідження. Актуальність проблем екогенетики і фармакогенетики. Вплив хімічних речовин і відходів виробництва на швидкість мутаційного процесу в популяції людини	<i>Розв'язання проблемних питань, задач</i> HLA – наш імунний «відбиток пальця» чи пророцтво про хвороби? Ми вже торкнулися надзвичайної поліморфності та життєво важливої ролі системи HLA (Human Leukocyte Antigens) у розпізнаванні «свій/чужий» та презентації антигенів. Ці білки, що є, по суті, молекулярними «відбитками пальців» наших клітин, керують багатьма аспектами імунної відповіді. Але чи замислювалися ви, наскільки глибоко ці унікальні «відбитки» впливають на наше здоров'я? Виявляється, певні комбінації або навіть окремі алелі генів HLA часто асоціюються не лише з успішною імунною відповіддю на інфекції, а й з підвищеним ризиком розвитку деяких захворювань. Враховуючи, що кожен з нас має унікальний набір алелів HLA, який успадковується і відіграє ключову роль у функціонуванні імунної системи, поясніть, яким чином саме певні асоціації антигенів системи HLA (тобто, наявність конкретних алелів або їх комбінацій) можуть призводити як до підвищеної резистентності до одних інфекційних захворювань, так і до значної схильності до інших (наприклад, вірусних чи бактеріальних), а також до розвитку численних аутоімунних захворювань та ускладнень після трансплантації? Які молекулярні та клітинні механізми лежать в основі цих асоціацій? І як розуміння цих зв'язків допомагає сучасній
---	---	---

фармакогенетики; вплив хімічних речовин і відходів виробництва на швидкість мутаційного процесу в популяції людини		медицині у прогнозуванні ризиків, діагностиці, розробці нових методів лікування та персоналізованій медицині? Подумайте, як відмінності у «кишенях» молекул HLA можуть впливати на зв'язування певних пептидів патогенів чи власних білків, що, своєю чергою, запускає (або не запускає) імунну відповідь. <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> (друковані, електронні джерела, фото-відеоматеріали, анімації). <i>Лекція «Сучасні напрямки досліджень в екогенетиці і фармакогенетиці: перспективи застосування».</i> <i>Дослідницька діяльність Кейс-стаді</i> (розбір конкретного випадку щодо асоціації антигенів системи HLA із захворюваннями) <i>Дослідження з теми «Аналіз частоти зустрітваності рецесивних гомозигот у популяціях людей, які історично ведуть осілий/кочівний спосіб життя та популяціях людей, які не займаються скотарством, щодо незасвоюваності молока (лактазна недостатність). Проектна діяльність</i> Проект з теми «Варіанти індивідуальних відповідей різних людей на фактори середовища». Проект з теми «Роль хімічних речовин і відходів виробництва на рівень і швидкість мутаційного процесу та природного відбору серед людей»
4.3. Клінічний поліморфізм та його прояви. Поліморфізм (гетерогенність) генних захворювань: характерні риси		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця	Клінічний поліморфізм та	<i>Розв'язання проблемних питань, задач:</i>

опановує наукову термінологію (клінічний поліморфізм, експресивність, пенетрантність, плейотропія). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця визначає самостійно або у співпраці з іншими мету відповідно до сформульованої проблеми дослідження [12 ПРО 1.2.1-1 П]; визначає і пояснює самостійно або у співпраці з іншими необхідні етапи дослідження [12 ПРО 1.3.2-1 П]; добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими математичні/логічні/графічні методи опрацювання результатів дослідження [12 ПРО 1.5.1-1 П]; формулює самостійно або у співпраці з іншими висновки відповідно до завдань дослідження [12 ПРО 1.5.2-2 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими можливість використання результатів дослідження для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 1.5.2-3 П]; презентує самостійно або у співпраці з іншими (зважаючи на аудиторію і мету презентації) результати дослідження, зокрема із використанням цифрових ресурсів, технологій і пристроїв [12 ПРО 1.5.3-2 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; добирає та інтегрує самостійно або у співпраці з іншими інформацію природничого змісту, представлену в різних формах [12 ПРО 2.2.1-2 П];	його прояви. Поліморфізм (гетерогенність) генних захворювань: характерні риси. Причини для проявів генних захворювань: генне оточення і фактори середовища	«Одна хвороба – багато причин»? Розгадуємо гетерогенність генних захворювань. Коли ми говоримо про генетичне захворювання, зазвичай уявляємо, що це результат мутації в одному конкретному гені, що призводить до одних і тих же симптомів. Проте реальність набагато складніша і цікавіша. У генетиці існує поняття «гетерогенність генних захворювань». Це означає, що одна і та ж клінічна картина або схожий набір симптомів можуть бути спричинені різними генетичними причинами, і, навпаки, мутації в одному гені можуть призводити до різних клінічних проявів. Враховуючи концепцію гетерогенності, поясніть, яким чином і чому одне і те ж генетичне захворювання (з погляду клінічних симптомів) може бути спричинене: 1. Мутаціями в різних генах (генетична гетерогенність локусів / локусна гетерогенність)? 2. Різними мутаціями в межах одного і того ж гену (алельна гетерогенність)? Які молекулярні механізми (наприклад, роль білкових комплексів, сигнальних шляхів, епігенетичні фактори, плейотропія генів) лежать в основі такої складності? Які виклики та можливості створює розуміння цієї гетерогенності для діагностики, генетичного консультування та розробки ефективних методів лікування генетичних захворювань у сучасній медицині? Подумайте про приклади таких захворювань
---	---	--

установлює самостійно або у співпраці з іншими причинно-наслідкові зв'язки між певними явищами і процесами та їх наслідками [12 ПРО 3.3.1-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок про клінічний поліморфізм та його прояви; поліморфізм генних захворювань; усвідомлює причини для проявів генних захворювань: генне оточення і фактори середовища		(наприклад, муковісцидоз, спадкова глухота, деякі форми раку) і про те, як їхня гетерогенність ускладнює пошук «одного» лікування <i>Лекція з інтерактивними елементами</i> «Поліморфізм (гетерогенність) генних захворювань: характерні риси». <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> (друковані, електронні джерела, фото-відеоматеріали, анімації). <i>Дослідницька діяльність</i> Дослідження родоходів з генними захворюваннями (наприкладі королівських династій європейських країн)
Тема 4.4. Поліморфізм хромосомних захворювань: характерні риси. Спадкова схильність до захворювань		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (спадкова схильність до захворювань: моногенна, полігенна). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця складає самостійно або у співпраці з іншими план дослідження [12 ПРО 1.3.2-3 П]; добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; фіксує результати дослідження в самостійно визначений спосіб [12 ПРО 1.4.2-3 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими математичні/логічні/графічні методи опрацювання результатів дослідження [12 ПРО 1.5.1-1 П]; формулює самостійно або у співпраці з іншими висновки відповідно до завдань дослідження [12 ПРО 1.5.2-2 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими можливість використання результатів дослідження для	Поліморфізм хромосомних захворювань. Спадкова схильність до захворювань: моногенна, полігенна	<i>Розв'язання проблемних питань, задач</i> «Хромосомні аномалії: чи завжди простий діагноз, чи прихована складність?» Ми знаємо, що хромосомні захворювання виникають внаслідок змін у кількості або структурі хромосом (наприклад, синдром Дауна через трисомію 21, синдром Шерешевського-Тернера через моносомію X). Здавалося б, діагноз «хромосомна аномалія» має чітко визначати клінічну картину. Проте, як показує клінічна практика, навіть у пацієнтів з однією і тією ж «назвою» хромосомного захворювання (наприклад, синдром Дауна), ми часто спостерігаємо значну варіабельність у проявах – від легких до важких форм, різний ступінь інтелектуальних порушень, різна частота супутніх вад розвитку тощо. Цю мінливість

розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 1.5.2-3 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П]; добирає та інтегрує самостійно або у співпраці з іншими інформацію природничого змісту, представлену в різних формах [12 ПРО 2.2.1-2 П]; презентує (зважаючи на аудиторію/мету презентації) самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію/створені продукти в обраний спосіб, зокрема із використанням цифрових технологій і пристроїв [12 ПРО 2.2.2-4 П]; установлює самостійно або у співпраці з іншими причинно-наслідкові зв'язки між певними явищами і процесами та їх наслідками [12 ПРО 3.3.1-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновки, про актуальність проблем полігенної спадкової схильності до захворювань (шизофренія, епілепсія, гіпертонія); усвідомлює значення діагностики і профілактики означених захворювань	іноді метафорично називають «поліморфізмом» клінічних проявів, хоча це не поліморфізм у класичному генетичному сенсі нормальних варіацій. Враховуючи, що хромосомні захворювання є результатом масштабних генетичних змін, пояснить, яким чином і чому навіть при однаковій хромосомній аномалії (наприклад, повна трисомія 21): 1. Ми спостерігаємо таку значну індивідуальну варіабельність клінічних проявів та тяжкості захворювання? 2. Які фактори (генетичні, епігенетичні, зовнішнього середовища, тип хромосомної перебудови, мозаїцизм, роль батьківського походження хромосоми тощо) можуть впливати на цю «поліморфність» фенотипу? Чому розуміння цих факторів є критично важливим для точної діагностики, індивідуального прогнозування та ефективного генетичного консультування для сімей, які зіткнулися з хромосомними захворюваннями? Подумайте про те, як навіть невеликі відмінності у розмірах делецій/дуплікацій, наявність мозаїцизму або взаємодія з іншими генами можуть кардинально змінювати кінцевий фенотип. <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> (друковані, електронні джерела, фото-відеоматеріали, анімації) <i>Мінілекція</i> «Спадкова схильність до захворювань: моногенна, полігенна»
---	--

		<i>Дослідницька діяльність</i> Дослідження родоводів (гіпотетичних) зі спадковою схильністю до мультифакторних захворювань (епілепсія, цукровий діабет, бронхіальна астма, шизофренія)
Тема 4.5. Гетерозиготне носійство в популяції людини та методи його виявлення		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (панміксія, генетичний паспорт, генетичний тест, мікроскопія клітин, групи ризику, гетерозиготне носійство, полігенні захворювання). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця складає самостійно або у співпраці з іншими план дослідження [12 ПРО 1.3.2-3 П]; добирає самостійно або у співпраці з іншими інструментарій, необхідний для проведення дослідження [12 ПРО 1.4.2-2 П]; фіксує результати дослідження в самостійно визначений спосіб [12 ПРО 1.4.2-3 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими математичні/логічні/графічні методи опрацювання результатів дослідження [12 ПРО 1.5.1-1 П]; формулює самостійно або у співпраці з іншими висновки відповідно до завдань дослідження [12 ПРО 1.5.2-2 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими можливість використання результатів дослідження для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 1.5.2-3 П]; планує і здійснює самостійно або в співпраці з іншими пошук інформації, наданої в різний спосіб, відповідно до визначеного завдання [12 ПРО 2.1.1-1 П]; використовує самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію для оцінювання генетичних об'єктів, явищ і процесів, у розв'язанні навчальної проблеми [12 ПРО 2.1.1-6 П];	Гетерозиготне носійство в популяції людини. Методи виявлення гетерозиготного носійства в популяції людини. Неонатальний скринінг та масовий скринінг для дорослого населення: стан та перспективи. Значення виявлення гетерозиготного носійства і схильності до полігенних хвороб для прогнозування здоров'я, профілактики та вибору професії Генетичний паспорт	<i>Розв'язання проблемних питань, задач</i> Семінар-дискусія: «Гетерозиготне носійство в популяції людини» <i>Загальний, етичний аспект:</i> «Чи варто прагнути до повного викорінення генетичних захворювань з популяції людини шляхом виявлення та запобігання народженню гомозигот за рецесивними алелями, якщо гетерозиготне носійство може забезпечувати певну еволюційну перевагу, а масове генетичне тестування створює значні етичні та соціальні виклики?» <i>(Акцент на медичні та соціальні наслідки):</i> «Як має бути організоване медичне та соціальне супроводження гетерозиготних носіїв рецесивних захворювань в популяції, щоб забезпечити баланс між інформуванням про ризики, запобіганням дискримінації та збереженням репродуктивних прав, враховуючи, що повне виявлення всіх носіїв наразі неможливе, а ігнорування проблеми може призвести до значних особистих та суспільних страждань?» <i>(Акцент на еволюційну роль та адаптацію):</i> «Якщо гетерозиготне носійство певних рецесивних алелей, що викликають важкі

установлює самостійно або у співпраці з іншими причинно-наслідкові зв'язки між певними явищами і процесами та їх наслідками [12 ПРО 3.3.1-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження щодо гетерозиготного носійства в популяції людини; усвідомлює значення методів виявлення гетерозиготного носійства і схильності до полігенних захворювань для прогнозування здоров'я, профілактики і вибору професії та цінність проведення генетичних тестів для отримання генетичного паспорта		захворювання у гомозигот, історично закріпилося в популяціях завдяки наданню адаптивної переваги в певних умовах (наприклад, стійкість до інфекцій), то які потенційні наслідки для генетичної стійкості та адаптації людини можуть мати широкомасштабні програми скринінгу та елімінації цих алелів з генофонду?» <i>Робота з інформацією/опрацювання джерел інформації</i> (друковані, електронні джерела, фото-відеоматеріали, анімації, медіа). <i>Лекція з інтерактивними елементами</i> «Сучасні методи виявлення гетерозиготного носійства в популяції людини» <i>Кейс-стаді (розбір кейсів з таких питань):</i> 1. Національні програми скринінгу носійства. Світовий досвід та уроки для України. 2. Генетичний паспорт. Можливості та виклики в епоху персоналізованої генетики. 3. Гетерозиготне носійство та вибір професії. Реальні можливості та винятки
Узагальнення. Генотипний і фенотипний поліморфізм як основа вивчення еволюції, генетики захворювань, адаптації та біорізноманіття		
<i>Знаннєвий:</i> учень/учениця опановує наукову термінологію (генотипний, фенотипний поліморфізм, мутації, рекомбінації, потік генів, одонуклеотидні поліморфізми - SNP, адаптивний поліморфізм фармакогеноміка). <i>Діяльнісний:</i> учень/учениця презентує (зважаючи на аудиторію/мету презентації) самостійно або у співпраці з іншими здобуту інформацію/створені продукти в обраний спосіб, зокрема із використанням цифрових технологій і пристроїв [12 ПРО 2.2.2-4 П];	Генотипний і фенотипний поліморфізм як основа вивчення еволюції, генетики захворювань, адаптації та біорізноманіття	<i>Науково-практична конференція</i> «Генотипний і фенотипний поліморфізм як основа вивчення еволюції, генетики захворювань, адаптації та біорізноманіття». <i>Мінливість</i> Поясніть різницю між генотипним та фенотипним поліморфізмом. Чи завжди генотипний поліморфізм призводить до фенотипних відмінностей? Наведіть

класифікує (розрізняє/систематизує/упорядковує) самостійно або у співпраці з іншими об'єкти і явища за визначеними ознаками/властивостями [12 ПРО 3.2.1-2 П]; установлює самостійно або у співпраці з іншими причинно-наслідкові зв'язки між певними явищами і процесами та їх наслідками [12 ПРО 3.3.1-1 П]; виявляє взаємозв'язки у природі, необхідні для розв'язання навчальної/життєвої проблеми [12 ПРО 3.3.1-2 П]; пояснює самостійно або у співпраці з іншими причини локальних, регіональних, глобальних проблем людства [12 ПРО 3.3.1-3 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими вплив діяльності людини/власної діяльності на збереження/ порушення зв'язків у природі [12 ПРО 3.3.1-5 П]; пропонує самостійно або у співпраці з іншими способи використання здобутків природничих наук, техніки і технологій для розв'язання глобальних проблем людства [12 ПРО 3.4.1-1 П]; оцінює самостійно або у співпраці з іншими значення наукових знань, діяльності науковців і винахідників для забезпечення суспільного прогресу і покращення якості життя [12 ПРО 3.4.2.-1 П]. <i>Ціннісний:</i> учень/учениця висловлює та обґрунтовує судження, робить висновок, про актуальність проблем екогенетики і фармакогенетики; усвідомлює значення виявлення гетерозиготного носійства і схильності до мультифакторних захворювань для прогнозування здоров'я, профілактики і вибору професії та цінність проведення генетичних тестів для отримання генетичного паспорта	приклади, коли він може бути прихованим. Які основні біологічні процеси є рушіями формування поліморфізму в популяціях? Як мутації, рекомбінації та потік генів сприяють цьому різноманіттю? Поліморфізм та еволюція Природний відбір і поліморфізм: Як поліморфізм забезпечує «сировину» для дії природного відбору? Чи завжди високий рівень поліморфізму є перевагою для виду? Наведіть приклади, коли він може бути нейтральним або навіть шкідливим. Адаптація та поліморфізм Як поліморфізм дозволяє популяціям адаптуватися до змін навколишнього середовища? Які приклади адаптивного поліморфізму ви можете навести (наприклад, стійкість до захворювань, колір шкіри у людини)? Поліморфізм та видоутворення Як накопичення поліморфізму може в кінцевому підсумку призвести до формування нових видів? Які генетичні бар'єри перешкоджають схрещуванню видів з високим поліморфізмом? Поліморфізм та генетика захворювань <i>Відмінності, що мають значення:</i> Як генотипний поліморфізм (наприклад, одонуклеотидні поліморфізми – SNP) використовується для вивчення схильності до мультифакторних захворювань (цукровий діабет, серцево-судинні захворювання, онкологія)? Чим мультифакторні
---	---

		захворювання відрізняються від моногенних у контексті поліморфізму? «Генетичний паспорт» і лікування Яке значення має знання про генотипний поліморфізм для розвитку медицини та фармакогенетики? Чи є етичні проблеми, пов'язані з використанням цих даних? Фенотипна варіабельність захворювань: Як фенотипний поліморфізм може пояснити різний перебіг одного й того ж захворювання у різних пацієнтів, навіть якщо вони мають схожі генетичні передумови? Які фактори, крім генетичних, можуть впливати на фенотип?
--	--	--

ПРИКІНЦЕВА ЧАСТИНА ПРОГРАМИ

Онлайн-курси та платформи:

- [Coursera](#) та [edX](#): ці платформи пропонують курси з генетики популяцій, геноміки та біоінформатики від провідних університетів світу, які можуть бути корисними для розуміння генетичного поліморфізму.
- [YouTube](#): багато університетів та наукових спільнот публікують лекції та вебінари з цієї теми, що може стати чудовим доповненням до самостійного вивчення.

Наукові статті та бази даних:

- [PubMed](#) та Google Scholar: пошук актуальних досліджень з генетичного поліморфізму, наприклад, за ключовими словами «human genetic polymorphism», «population genetics», «SNPs», «haplotypes».
- [GenBank](#), [dbSNP](#), [1000 Genomes Project](#): офіційні бази даних генетичних варіантів людини, що містять великі обсяги даних для аналізу та розуміння поширеності різних генетичних поліморфізмів у різних популяціях.
- Сайт [HGDP \(Human Genome Diversity Project\) колекції](#): містить дані про генетичну різноманітність людства.
- Сайт [Khan Academy \(розділи біології\)](#): містить якісні та зрозумілі відеоуроки та практичні вправи, зокрема, з основ генетики.
- **YouTube-канали**: навчальні канали з біології, які мають плейлисти, присвячені еволюції, генетичному різноманіттю та генетиці людини.
- **Бази даних генетичних варіантів**: ознайомлення з такими ресурсами як [dbSNP](#) (база даних одонуклеотидного поліморфізму) або [ClinVar](#) може дати уявлення про те, як генетичний поліморфізм досліджується в реальному житті (під наглядом учителя/вчительки).
- **Ресурси наукових товариств**: пошук інформації та публікацій на сайтах таких організацій, як Міжнародне товариство генетиків популяцій (IPSG).

Методичні рекомендації

Вивчення генетичного поліморфізму в популяції людини є важливим для розуміння спадковості, мінливості, еволюції та медичної генетики. Рекомендуємо

вчителям/вчителькам зосередитися на практичному значенні та зв'язку з реальним життям.

Концептуальні основи та термінологія:

- *Чітке визначення понять:* переконайтеся, що учні/учениці розуміють різницю між мутацією, алелем, геномом, генетичним поліморфізмом, популяцією та генофондом.
- *Принцип «Норма проти патології»:* поясніть учням/ученицям, що поліморфізм – це переважно нормальна генетична мінливість (наприклад, групи крові), хоча деякі поліморфні варіанти можуть бути пов'язані з підвищеним ризиком захворювань.
- *Закон Харді-Вайберга:* введіть цей закон як математичну модель для опису ідеальної популяції, що не еволюціонує. Це основа для розуміння механізмів, які змінюють частоти алелів (мутації, дрейф генів, потік генів, природний добір).

Ключові приклади поліморфізму. Вивчайте з учнями/ученицями приклади, які мають важливе практичне значення:

- *Групи крові системи ABO та Rh (резус-фактор):* це класичні приклади множинного алелізму. Обговоріть їх значення для переливання крові, несумісності матері й плода (резус-конфлікт).
- *Поліморфізм HLA (система МНС):* поясніть роль цього комплексу в імунній відповіді та його критичне значення для трансплантації органів і тканин.
- *Сніпи (SNP – однонуклеотидні поліморфізми):* згадайте про їхнє використання у великих дослідженнях для пошуку генів, пов'язаних із мультифакторними захворюваннями (діабет, гіпертонія).

Методичні прийоми та активності

- *Лекції з інтерактивними елементами.* Використовуйте презентації з візуалізацією генетичних даних, відеоматеріали, анімації, симуляції, що пояснюють генетичні процеси в популяції людини.
- *Читання та аналіз наукових статей:* пропонуйте учням/ученицям для самостійного читання адаптовані наукові статті з журналів, що стосуються генетичного поліморфізму, адаптації популяцій, міграції. Організуйте обговорення прочитаного.
- *Розв'язування задач.* Розв'яжуйте задачі на успадкування ознак за законами Менделя, зчеплене успадкування та кросинговер, на визначення відповідності народження дитини з генетично обумовленою ознакою, на закон Харді-Вайнберга для обчислення частот алелів (наприклад, для альбінізму, якщо він розглядається як поліморфізм), на успадкування груп крові та резус-фактора.
- *Аналіз родоводів.* Приділіть особливу увагу розвитку вмінь учнів/учениць досліджувати та аналізувати родоводи зі спадковою схильністю до мультифакторних захворювань (епілепсія, цукровий діабет, бронхіальна астма, шизофренія), складати та аналізувати родоводи для визначення типу успадкування моногенних захворювань. При цьому можна використовувати вигадані приклади родин.
- *Дослідження генетичних процесів у популяції людини.* Розвивайте в учнів/учениць вміння досліджувати та аналізувати частоти зустрічаності рецесивних гомозигот у популяціях людей, які історично ведуть осілий/кочівний спосіб життя та популяціях людей, які не займаються скотарством, щодо незасвоєності молока (лактазна недостатність).
- *Робота з базами даних генетичної інформації.* Ознайомте учнів/учениць з відкритими генетичними базами даних (наприклад, NCBI, Ensembl) та навчіть їх знаходити інформацію про певні гени, поліморфізми, генетичні захворювання.
- *Моделювання генетичних процесів.* Використовуйте комп'ютерні симуляції або прості фізичні моделі для демонстрації мутацій у популяції, кросинговеру.

- *Проектні роботи.* Запропонуйте учням/ученицям вибирати теми проєктів, що їх особливо цікавлять (наприклад, генетична історія певної популяції людини, генетика успадкування кольору очей, вплив генетичного поліморфізму на схильність до мультифакторних захворювань тощо) та провести мінідослідження з подальшою презентацією результатів.
- *Кейс-метод.* Розглядайте з учнями/ученицями реальні медичні та криміналістичні кейси. *Приклад 1.* Використання груп крові та резус-фактора при експертизі батьківства (з акцентом на обмеження методу). *Приклад 2.* Значення поліморфізму SNP у персоналізованій медицині (наприклад, реакція на певні ліки).
- *Інтерактивні симуляції та моделювання.* Використовуйте онлайн-симулятори для демонстрації дрейфу генів (ефект «пляшкового горла» та ефект засновника) та впливу природного добору на частоти алелів.
- *Дискусії.* Організуйте обговорення етичних та соціальних аспектів генетичного поліморфізму (наприклад, генетичне тестування, генетична дискримінація).
- *Науково-практична конференція.* Узагальнюючу тему «Генотипний і фенотипний поліморфізм як основа вивчення еволюції, генетики захворювань, адаптації та біорізноманіття» програми рекомендуємо провести у контексті таких аспектів:
 - основні біологічні процеси, що є рушіями поліморфізму в популяції людини; поліморфізм та еволюція (природний відбір і поліморфізм);
 - адаптація та поліморфізм;
 - поліморфізм та генетика захворювань;
 - генетичний паспорт і лікування;
 - фенотипна варіабельність захворювань, адаптації та біорізноманіття.

Означені методи навчання та активності при вивченні курсу за обраним профілем «Генетичний поліморфізм у популяції людини. Профільна середня освіта. Поглиблений рівень» для закладів загальної середньої освіти сприятимуть не лише засвоєнню учнями/ученицями навчального матеріалу курсу, а й розвитку та вдосконаленню у них навичок критичного мислення, умінь розв'язувати різні типи генетичних задач, моделюванню генетичних процесів у популяції людини, аналізу даних, вирішення проблем та публічних виступів, що є надзвичайно цінним у сучасному світі.

Зв'язок із суміжними науками та практикою.

- *Медицина.* Підкресліть, що знання про поліморфізм є основою медичної генетики, імунології та персоналізованої медицини.
- *Еволюція.* Поясніть, що генетичний поліморфізм є сировиною для природного добору та ключовим фактором, що забезпечує адаптивний потенціал людської популяції.
- *Антропологія/Історія.* Розгляньте, як географічний розподіл деяких поліморфних генів (наприклад, толерантність до лактози, серпоподібноклітинна анемія як захист від малярії) може розповісти про міграції та еволюційну історію людства.

Оцінювання. Використовуйте комплексні завдання, що вимагають застосування знань щодо:

- Аналізу генеалогічних схем.
- Інтерпретації результатів генетичних тестів (спрощених).
- Обґрунтування практичного значення певного виду поліморфізму.

Заохочуйте створення учнівських проєктів-презентацій на тему «Варіанти індивідуальних відповідей різних людей на фактори середовища».

Доцільність оцінювання навчальних досягнень учнів/учениць за цим Курсом визначає педагогічна рада закладу загальної середньої освіти.

За рішенням педагогічної ради, оцінювання рекомендуємо здійснювати на основі: активної участі учнів/учениць у семінарах та дискусіях; результатів розв'язування задач;

якості виконання практичних робіт; оригінальності моделей генетичних процесів; змістовності та практичності проєктних робіт; якості підготовки та презентації доповідей.

Варто використовувати такі *види оцінювання*: формувальне, поточне, підсумкове.

Формувальне оцінювання забезпечуватиме отримання даних про особистісний розвиток учнів/учениць, їхній навчальний поступ, процес здобуття навчального досвіду як основи компетентності (зокрема, опанування наскрізних умінь, визначених у Державному стандарті профільної середньої освіти), формування компетентностей, набуття навчального досвіду, дослідницьких навичок під час опрацювання тем. Формувальне і поточне оцінювання рекомендуємо проводити як усне опитування, тестування, самостійні, практичні роботи, дослідження, захист проєктів та досліджень. Формувальне оцінювання проводити у формі: самооцінювання, взаємооцінювання та оцінювання вчителем/вчителькою і виражати вербально, рівнево, та бально).

Практичні роботи пропонуємо перевіряти та оцінювати у всіх учнів/учениць або вибірково.

Підсумкове оцінювання рекомендуємо здійснити наприкінці вивчення всього курсу за вибором, що включатиме: усні опитування, бесіду за питаннями, письмові діагностувальні роботи, тестове оцінювання, метою якого є зіставлення навчальних досягнень учнів/учениць з очікуваним результатом навчання.

Підсумкове оцінювання здійснювати за 12-бальною шкалою. Об'єктами перевірки і оцінювання є очікувані результати навчання. Критеріями підсумкового оцінювання є визначені Державним стандартом профільної середньої освіти орієнтири для оцінювання. Оцінюючи результати навчальної діяльності учнів/учениць, необхідно враховувати рівень засвоєння теоретичних знань, сформованості практичних умінь, навичок, цінностей, досвід дослідницької та творчої діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Державного стандарту базової середньої освіти: Постанова Кабінету Міністрів України від 30. 09. 2020 року. URL: https://osvita.ua/legislation/Ser_osv/76886/ (дата звернення: 20. 09. 2025).
2. Про затвердження Державного стандарту профільної середньої освіти: Постанова Кабінету Міністрів України від 25 липня 2024 р. №851. URL: <https://bit.ly/3FYRX4q> (дата звернення: 20. 09. 2025).
3. Про затвердження концептуальних засад освітніх галузей та дорожньої карти реалізації концептуальних засад освітніх галузей на 2025-2030 роки: Наказ Міністерства освіти і науки України від 20.08. 2025 №1163 URL: <https://mon.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennia-kontseptualnykh-zasad-osvitnikh-haluzei-ta-dorozhnoi-karty-realizatsii-kontseptualnykh-zasad-osvitnikh-haluzei-na-2025-2030-roky> (дата звернення: 20. 09. 2025).
4. Про затвердження типової освітньої програми для 10-12 класів закладів загальної середньої освіти, які забезпечують здобуття профільної середньої освіти за академічним спрямуванням: Наказ Міністерства освіти і науки України від 26.05. 2025 №765. URL: <https://bit.ly/48eagNg> (дата звернення: 20. 09. 2025).
5. Аналіз алельного поліморфізму гена ESR1 у популяції України / Г.А. Лівшиць, А.М. Кучеренко, С.С. Підлісна, С.А. Кравченко, Л.А. Лівшиць. *Цитологія і генетика*. 2012. №46 (4). С. 31–39.
6. Балан П.Г., Кулініч О.М., Юрченко Л.П. Модельна навчальна програма «Біологія. 7-9 класи» для закладів загальної середньої освіти. URL: <https://bit.ly/4kBMMy2p> (дата звернення: 20. 09. 2025).
7. Білоконь С.В., Анісімова В.М., Матвіюк С.В. Хромосомні аномалії у подружніх пар з проблемами репродукції: збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Гуманітарний простір науки : досвід та перспективи». 2017. №9. С.12–15.

8. Bondarenko N., Yurchenko A., Kovalenko A. Поліморфізм клінічних проявів орфанних захворювань у дітей із мутаціями генів ARID1A та ARID1B. *Педіатрія, акушерство та гінекологія*. 2022. №4. С. 45–51.
9. Генетика людини з основами медичної генетики: навч.- метод. посібник для вчителя / Л.І. Даниленко, Т.В. Громова, Н.В. Підгора, І.П. Носаєва, І.Р. Куриленко, К.І. Хижняк, Л.Я Шевченко. Черкаси : КНЗ «ЧОПОПП ЧОР», 2017. 140 с. URL: <https://znayshov.com/FR/7071/250.pdf> (дата звернення: 20. 09. 2025).
10. Гемптон Л. Карсон, Артур Робінсон. Вплив навколишнього середовища у генетиці: Енциклопедія Британіка. URL: <https://www.britannica.com/science/human-genetics/Inferences-from-twin-studies> (дата звернення: 21.11. 2025).
11. Даниленко Л.І. Курс за вибором «Генетика людини з основами медичної генетики»: методика викладання: навчально-методичний посібник. Черкаси : КНЗ «ЧОПОПП ЧОР». 2017. 186 с.
12. Добрева Л.М., Білоконь С.В., Січняк О.Л. Розповсюдженість груп крові АВ0 серед населення Одеси. *Одеський медичний журнал*. 2018. №4 (168). С. 22–25.
13. Дурбін Р.М., Абекасіс Г.Р., Альтшулер Д.Л. Консорціум проекту «1000 геномів»: Карта варіацій геному людини, отримана за допомогою секвенування в масштабі популяції. *Nature*. 2010. №467. Р. 1061–1073.
14. Жан Доссе: Вікіпедія ([uk.wikipedia.org.](https://uk.wikipedia.org/)). URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B0%D0%BD_%D0%94%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B5 (дата звернення: 20. 09. 2025).
15. Животовський, Л. А., Розенберг Н.А., Фельдман М.В., Маркус В. Особливості еволюції та експансії сучасних людей, виведені з загальногеномних мікросателітних маркерів. *Американський журнал генетики людини*. 2003. №72(5). С. 1171–1186.
16. Запорожан В.М., Бажора Ю.І., Шевеленкова А.В., Чеснокова М.М. Медична генетика : підручник для вузів. Одеса : ОДМУ, 2005. 205 с.
17. Зв'язок поліморфізму rs 4646994 у гені ACE1 з тяжкістю перебігу COVID-19 у дітей з України /Т.А. Гаращенко, Т.Р. Уманець, А.О. Могилевець, О.В. Городна, Л.А. Лівшиць. *Цитологія і генетика*. 2025. №59 (1). С. 47–53.
18. Значення поліморфізму генів у розвитку алергічної патології у дітей / Т.Є. Шумна, С.В. Соловійова, Т.П. Зінченко, В.І. Мазур. *Здоров'я дитини*. 2016. №3 (71). С. 73–76.
19. Каваллі-Сфорца, Л. Лука. Думка: Проєкт різноманітності геному людини: минуле, сьогодення та майбутнє. *Nature Reviews Genetics*. 2005. №6 (4). Р. 333–340 .
20. Kellis et al. Обчислювальна біологія – геноми, мережі та еволюція. URL: <https://bit.ly/3ZnevT7> (дата звернення: 20. 09. 2025).
21. Лівшиць Л.А., Кравченко С.А. Природа та походження мутацій зародкової лінії в тандемних повторюваних локусах людини. *Біополімери та клітина*. 2007. 23 (3). С. 188–201.
22. Lewis, R. Human Genetics: Concepts and Applications 11th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2015. Р. 481. URL: http://students.aiu.edu/submissions/profiles/resources/onlineBook/g7z8z2_Human_Genetics_Concepts_and_Applications-_11th_Edition.pdf (дата звернення: 21. 11. 2025).
23. Макбрайд К.М., Коелі Л.М., Сандерсон С.К., Кафінгст К.А. Поведінкова реакція на персоналізовану генетичну інформацію: Чи мотивуватимуть генетичні профілі ризику окремих осіб та сім'ї обирати більш здорову поведінку? *Annu Rev Public Health*. 2010. №31. Р. 89–103.
24. Медична біологія : підручник / за ред. В.П. Пішака, Ю.І. Бажори. Вінниця : Нова книга, 2004. 656 с.
25. Олексик Т.В. Genome diversity in Ukraine. *GigaScience*. 2021. №10. Р. 1–14.

26. Оменн Г.С. Перспективи фармакогенетики та екогенетики в новому тисячолітті. *Метаболізм та виведення препарату*. Вид. Елзевір, 2001. Вип. 4. Т. 29. С. 611–614.
27. Оменн Г.С. Від дослідження геному людини до персоналізованої медичної допомоги. *Issues Sci Technol*. 2009. №6. Р.51–56.
28. Оменн Г.С. Огляд симпозіуму про значення геноміки та екогенетики для громадського здоров'я. *Annu Rev Public Health*. 2010. №3. Р. 1–8.
29. Основи загальної та медичної генетики (А. Сіренко) URL :https://shron1.chtyvo.org.ua/Sirenko_Artur/Osnovy_zahalnoi_ta_medychnoi_henetyky.pdf (дата звернення: 22. 11. 2025).
32. Petrova A., Chernyshenko A. Генетичний поліморфізм як чинник клінічного поліморфізму в серцево-судинних захворюваннях. *Кардіологія: від науки до практики*. 2021. №2. С. 21–28.
33. Погоріла І.М., Ткаченко Л.М. Поліморфізми генів та їхній зв'язок з ускладненнями перебігу раку молочної залози. *Онкологія*. 2020. №2. С. 55–62.
34. Поліморфізм генів, як один з генетичних факторів ризику виникнення злоякісних новоутворень /А.В. Чорнобай, М.А. Чорнобай, С.Д. Мясоєдов, Б.В. Сорокін. *Вісник проблем біології і медицини*. 2018. Вип.1. Т.2 (143). С. 46–51.
35. Помогайбо В.М., Петрушов А.В. Генетика людини : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Академія, 2014. 325 с.
36. Рамос Р.Г., Олден К. Взаємодія генів і середовища у розвитку складних фенотипів захворювань. *Int J Environ Res Public Health*. 2008. №5. Р. 4–11.
37. Сергієнко В.П. Генетика: підручник для вищих навчальних закладів. Київ : Вища школа, 2020. 432 с.
38. Сіренко А.Г. Популяційна біологія. Лекції. Івано-Франківськ, 2019. 314 с.
39. Сіренко А.Г. Основи загальної та медичної генетики URL:https://shron1.chtyvo.org.ua/Sirenko_Artur/Osnovy_zahalnoi_ta_medychnoi_henetyky.pdf (дата звернення: 24. 11. 2025).
40. Січняк О.Л. Генетика популяцій та еволюція : навчальний посібник. Одеса : Одеський нац. університет імені І.І. Мечникова. 2017. 212 с.
41. Тимчик О.В., Маруненко І.М. Збірник задач з генетики людини : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/15679/1/Zbirnik_zadach_z_genetiki_Timchik_2016.pdf (дата звернення: 24. 11. 2025).