**УДК 372.857:37.026.5**

**DOI 10.5281/zenodo.5770009**

**В. М. Торяник**

ORCID ID 0000-0003-0590-1345

**М. П. Москаленко**

ORCID ID 0000–0002–0580–9314

**Л. П. Міронець**

ORCID ІD 0000-0002-9741-7157

Сумський державний педагогічний

університет імені А. С.Макаренка

**М. М. Білянська**

ORCID ID [0000-0001-6916-8993](https://orcid.org/0000-0001-6916-8993)

Національний педагогічний університет

імені М. П. Драгоманова

**ФОРМУВАННЯ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВʾЯЗКІВ МІЖ БІОЛОГІЄЮ ТА МАТЕМАТИКОЮ ПРИ РОЗВʾЯЗАННІ ЗАДАЧ З МОЛЕКУЛЯРНОЇ БІОЛОГІЇ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ**

*Стаття присвячена проблемі інтеграції шкільних предметів природничо-математичного циклу за допомогою міжпредметних зв’язків. Актуалізоване питання встановлення міжпредметних зв’язків між біологією та іншими природничими і не природничими науками під час виконання теоретичних і практичних завдань на уроках біології у середній школі.* *Показано, що формувати міжпредметні зв’язки між біологією та математикою на уроках з вивчення основ молекулярної біології у 9-11 класах можна під час розв’язання розрахункових задач. Наводяться приклади розв’язання типових задач з молекулярної біології, що потребують математичних навичок учнів здійснювати формально логічні операції, працювати за алгоритмами, виконувати обчислення розміру та відносної молекулярної маси молекул нуклеїнових кислот та білків, масової частки різних нуклеотидів у складі ДНК/РНК або різних амінокислот у складі білка; використовувати поняття «коефіцієнт», метод пропорцій, елементи комбінаторики. Зазначається, що формування**міжпредметних зв’язків між біологією та математикою сприяє формуванню в учнів розуміння, що біологічні системи на усіх рівнях організації мають кількісні та якісні характеристики, які перебувають у діалектній єдності, та наукового світогляду, озброюючи їх системою політехнічних знань зі споріднених предметів, забезпечуючи повноцінний характер та суспільно необхідний рівень їх природничо-математичної освіти. Вказано, що перспектива подальшого наукового пошуку буде реалізовуватися в напрямі досліджень щодо формування міжпредметних зв’язків на уроках біології між біологією та фізикою, між біологією та хімією з використанням різноманітних пізнавальних завдань.*

***Ключові слова:*** *інтегроване навчання, міжпредметні зв’язки, природничо-математична освіта, шкільний курс біології, молекулярна біологія, математика, біологічна задача, розрахункова задача.*

**Постановка проблеми.** Перспективний розвиток української школи передбачає подальше удосконалення змісту освіти, створення такої її системи і структури, пріоритетом якої є не вузькоспеціалізовані знання, а система знань, умінь, навичок з різних навчальних дисциплін, що за сучасних умов збільшення обсягу навчальної інформації, зростаючого дефіциту часу на його засвоєння сприяють цілісному сприйняттю наукової картини світу, інтелектуальному розвитку особистості, її адаптації в швидко змінних технологічних та соціально-економічних умов [1].

Формування загальної системи знань учнів про реальний світ, що відображають взаємозв’язки різних форм руху матерії – одна із головних освітніх функцій міжпредметних зв’язків. Науковці єдині у визначенні функцій міжпредметних зв’язків та їх значення як для кожного учня, так і для організації навчально-виховного процесу в цілому. Міжпредметні зв'язки забезпечують: узгоджене в часі вивчення різних навчальних дисциплін з метою їх взаємної підтримки; обґрунтовану послідовність у формуванні понять; єдність вимог до знань, умінь і навичок; ліквідацію невиправданого дублювання в змісті навчальних предметів; показ спільності методів, які застосовуються в різних дисциплінах (генералізація знань); розкриття взаємозв'язку природних явищ; підготовку учнів до оволодіння сучасними технологіями. Міжпредметні зв’язки становлять перший рівень інтеграції навчальних дисциплін [6]. Актуальність проблеми інтеграції предметів природничо-математичного циклу (зокрема, фізики, хімії, біології, математики) в умовах сучасної української школи зумовлюється спорідненістю даних навчальних дисциплін, необхідністю формування єдиної загальнонаукової картини світу, можливістю застосування школярами знань, набутих під час вивчення одного предмета, для вирішення завдань з інших суміжних дисциплін [11].

У пояснювальній записці до навчальної програми для закладів загальної середньої освіти «Біологія 6–9 класи» найпершим результатом біологічної освіти в основній школі визначено, що випускник/випускниця основної школи усвідомлює цілісність природи та взаємозв’язок її об’єктів і явищ [2]. У навчальній програмі «Біологія та екологія, 10–11 клас, рівень стандарту» вказується, що мета навчання біології та екології на рівні стандарту полягає у формуванні в учнів природничо-наукової компетентності шляхом засвоєння системи інтегрованих знань про закономірності функціонування живих систем, їх розвиток і взаємодію, взаємозв’язок із довкіллям [3]. У навчальній програмі «Біологія і екологія, 10–11 клас, профільний рівень» зазначається, що основна мета профільного навчального предмета «Біологія і екологія» – формування базової природничо-наукової компетентності випускників шляхом засвоєння системи інтегрованих знань про закономірності функціонування живих систем, їх розвиток і взаємодію, взаємозв’язок із довкіллям; оволодіння методологією пізнання живої природи [4].

Отже, наукове вивчення у школі біологічних об’єктів та явищ потребує залучення знань практично з усіх природничих та багатьох не природничих наук. Необхідною умовою застосовування учнями знань із суміжних дисциплін на уроках біології є принцип послідовності в навчанні. Принцип послідовності вимагає від учнів під час засвоєння нового навчального матеріалу відновлювати в пам’яті вже вивчене і спиратися на раніше набуті ними знання, уміння і навички. Це, у свою чергу, підвищує ефективність роботи учнів, закріплює в пам'яті, систематизує і узагальнює пройдений навчальний матеріал, забезпечує безперервність процесу навчання. Завдання вчителя біології – систематично спиратися на знання учнів, здобуті під час вивчення інших предметів, вчити дітей робити міжпредметне перенесення знань.

**Аналіз актуальних досліджень.** Наразі досить повно розроблені основи теорії міжпредметних зв’язків у загальноосвітній середній школі [1, 6, 8]. Зокрема, виходячи з позицій філософського аналізу, вітчизняні та зарубіжні дидакти та психологи дають різні трактування поняття «міжпредметні зв’язки». Одні з них (І. Д. Зверєв, В. М. Максимова) вважають, що міжпредметні зв’язки – це дидактична форма гносеологічного принципу системності, яка є необхідною і суттєвою ланкою сучасних методологічних основ процесу навчання, оскільки започатковує утворення системи. Інші (Ю. І.Дик, Л. Я.Зоріна, С. В. Тадиян, М. О. Сорокін, Г. І. Щукіна, С. Капіруліна, Л. Паламарчук) трактують міжпредметні зв’язки як дидактичну умову, яка забезпечує не тільки систему знань учнів, а й розвиток їх пізнавальних здібностей, активності, інтересу, розумових операцій. Інші (Н. О. Лошкарьова, С. О.Рошкова, П. Н. Новиков та ін.) доводять те, що існує і вузько методичне розуміння міжпредметних зв’язків як засобу, що забезпечує згоду між навчальними програмами та підручниками з різних предметів.

Чимало цінних ідей з цього питання, які доцільно вивчати, переосмислювати у світлі сучасних освітніх тенденцій, а головне – активно запроваджувати у шкільну практику накопичено і в педагогічній скарбниці вчених минулих часів. Так, різноманіття міжпредметних зв’язків у свій час розкрив ще І. Г. Песталоцці, виходячи з вимоги: «Приведи у своїй свідомості усі власне кажучи взаємозалежні між собою предмети в той саме зв’язок, у якому вони перебувають у природі» [7]. Він відзначав небезпеку відриву одного предмета від іншого, особливо в старших класах. Першу спробу обґрунтувати в психології міжпредметні зв’язки зробив І. Г. Гербарт, відзначивши, що «область розумового середовища» виявляється в здатності відтворити раніше засвоєні знання у зв’язку з тими, які засвоюються у даний час; у цих умовах створюються можливості застосування знань на практиці [1]. Найбільш повне в класичній педагогіці обґрунтування дидактичної значущості міжпредметних зв’язків дав К. Д. Ушинський. Він виводив міжпредметні зв’язки з різних асоціативних зв’язків та підкреслював, як визначальний чинник інновацій в підготовці фахівця наскільки важливо приводити знання в систему у міру їхнього нагромадження. У праці «Людина як предмет виховання» він розкрив психологічні основи міжпредметних зв’язків, класифікуючи при цьому сім видів різних взаємозв’язків: пригадування за протилежностями, за подібностями, за порядком часу, місця, розумовий зв’язок, за внутрішніми почуттями й зв’язок розвитку. При цьому взаємозв’язок навчальних предметів висувався ним на противагу схоластичним методам навчання, які ставили на перший план механічне завчання [7]. Вагомий внесок у дослідження забезпечення міжпредметних зв’язків у процесі організації шкільної освіти зробили українських науковці (В. О. Алексеєнко, Н. Бєлянкова, Л. Вороніна, Т. Гладюк, О. Дудін, Ю. Калягін, Ю. Мальований, Н. Нетребко, А. Степанюк, Г. Федорець та ін.) [1, 5,7–10].

Проте, проблема встановлення міжпредметних зв’язків під час виконання теоретичних і практичних завдань на різних типах уроків з біології, оптимальне поєднання видів діяльності учителя та учнів для здійснення зв’язків між різними шкільними предметами під час вивчення біології, не втратила актуальності й на теперішній час.

**Мета статті:** показати, що формувати міжпредметні зв’язки між біологією та математикою на уроках з вивчення основ молекулярної біології у 9–11-их класах закладів загальної середньої освіти можна під час розв’язання розрахункових задач.

**Виклад основного матеріалу.** Завдяки широкому застосуванню науковцями-біологами міжпредметних зв’язків з природничо-математичними науками у другій половині ХХ століття з’явилися такі суміжні природничі науки, як біохімія, молекулярна біологія, біофізика, космічна біологія тощо, а також відбулося поглиблення біологічних знань та з’явилися можливості вирішення цілої низки питань і проблем, що мають не тільки біологічний, але і суто прикладний та соціальний характер. Зокрема, використання фізичних досягнень (мікроскопії) призвело до появи цитології та мікробіології, а у подальшому – молекулярної біології та нанотехнології. Молекулярна біологія вивчає функціонування живих організмів крізь призму хімічної структури їх молекул. Цей термін вперше ввів у 1938 році американський вчений Уоррен Уівер для визначення нового розділу біології, що межує з хімією та фізикою. Молекулярна біологія тісно пов’язана з клітинною біологією, зокрема, будь-яке обговорення ролі ядра в збереженні, реплікації та експресії генетичного матеріалу зводиться до розглядання структури і властивостей ДНК, РНК та специфічних білків. У зв’язку з розвитком генетики і появою молекулярної біології у другій половині ХХ століття розпочалося широке використання математичних методів у біології [7].

У шкільному курсі біології вивчення основ молекулярної біології починається з 9-го класу: у «Темі 1. Хімічний склад клітини» формуються поняття про біологічні макромолекули – біополімери; про білки, їхню структурну організацію та основні функції; про нуклеїнові кислоти та їх роль як носія спадкової інформації [2]. Розвиток знань про молекулярні основи життєдіяльності клітини та механізми зберігання, передавання та реалізації генетичної інформації продовжується у 10 класі. За навчальною програмою«Біологія і екологія. 10–11 класи. Рівень стандарту» у «Темі 2. Обмін речовин і перетворення енергії» розширюються та поглиблюються знання про будову та біологічну роль білків та нуклеїнових кислот; у «Темі 3. Спадковість і мінливість» формуються знання про сучасні молекулярно-генетичні методи досліджень спадковості людини; молекулярну організацію спадкового матеріалу еукаріотичної клітини та його реалізацію; гени структурні та регуляторні; регуляцію активності генів в еукаріотичній клітині; сучасний стан досліджень геному людини [3]. За навчальною програмою«Біологія і екологія. 10–11 класи. Профільний рівень» у «Темі 3. Обмін речовин і енергії» детально вивчаються: основні компоненти білок синтезуючої системи; процес та фактори транскрипції; процес та значення процесингу мРНК; процес транспорту мРНК з ядра у цитоплазму; основні етапи трансляції; фолдінг синтезованих білків; функція шаперонів; мікроРНК та РНК–інтерференцію у регуляції транскрипції; механізми регуляції процесу трансляції [4].

Одним з основних методичних прийомів реалізації міжпредметних зв’язків між біологією та математикою під час вивчення основ молекулярної біології у школі є використання розрахункових задач. Формування умінь в учнів розв’язувати такі задачі передбачено навчальною програмою з біології у 9-му класі – у темі 3 «Хімічний склад клітини» передбачено практичну роботу «Розв’язання елементарних вправ зі структури білків та нуклеїнових кислот» [2], та у 10-му класі на профільному рівні – у темі 3 «Обмін речовин і енергії» передбачено практичну роботу «Розв’язування задач на тему «Біосинтез білка» [4].

Як відомо, у вузькому розумінні розрахунковою задачею у біології називають абстрактну модель реального біологічного явища, у якій на основі наявної інформації треба знайти відсутню, використовуючи знання теорії та методики. Кожна біологічна задача складається з таких основних частин: умови задачі й запитання, на яке необхідно дати відповідь. Крім того, у ній обов’язково є певна система взаємозв’язків, що поєднують шукане з даними і дані між собою. Характер цих зв’язків визначає структуру задачі та способи можливих її розв’язань.

Розв’язати задачу з молекулярної біології, як і будь-яку іншу розрахункову задачу, учень зможе лише за умови сформованості у нього математичних навичок здійснювати формально логічні операції, працювати за алгоритмами, виконувати обчислення. Формалізація навчального матеріалу з молекулярної біології відбувається за допомогою математичних формул, що застосовуються при обчисленні: розміру молекул (фрагментів) нуклеїнових кислот та білків; масової частки різних нуклеотидів у складі ДНК чи РНК або різних амінокислот у складі білка; молекулярної маси нуклеїнових кислот та білків тощо. До прикладу, відносна молекулярна маса білків обчислюється за даними їх амінокислотного складу за формулою: *Мr (білка) = n (амінокислот) · Мr (амінокислоти)*, а відносна молекулярна маса нуклеїнових кислот – за даними їх нуклеотидного складу за формулою: *Мr (нуклеїнової кислоти) = n (нуклеотидів) · Мr (нуклеотида)*; *n* – кількість, *Мr* – відносна молекулярна маса. Обидві ці формули застосовуються при розв’язанні задач такого змісту: «*Білок складається з 124 амінокислотних залишки. Порівняйте відносні молекулярні маси білка та гена, що його кодує».*

Розв’язання:

*Дано:*

*Мr* (амінокислоти) = 100 (стала величина)

*Мr*(нуклеотида) = 345 (стала величина)

*n* (амінокислот) = 124

*Мr*(білка) – ?

*Мr*(гена) – ?

*Розрахунки:*

1. Відносна молекулярна маса білка:

*Мr (білка) = n (амінокислот) · Мr (амінокислоти)*.

*Мr (білка)=* 124 · 100 = 12400

2. Відносна молекулярна маса гену:

*Мr (гену) = n (нуклеотидів) · Мr (нуклеотида)*.

Виходячи з того, що: а) кожний залишок амінокислоти закодований трьома нуклеотидами (триплетом нуклеотидів); б) ген – ділянка дволанцюгової ДНК:

*Мr (гену) =* (*n (амінокислот)* · 3 · 2) *· Мr (нуклеотида)*. Отже,

*Мr (гену) =* (124 · 3 · 2) · 345 = 256 680.

3. З отриманих значень видно, що відносна молекулярна маса гену більша за відносну молекулярну масу білка. Визначаємо, у скільки разів:

*n (разів) = Мr (гену) : Мr (білка).*

*n (разів) =* 256 680 : 12400 = 20,7.

*Відповідь***:** відносна молекулярна маса білка у 20,7 рази більша, ніж відносна молекулярна маса білка.

При розв’язанні задач з молекулярної біології застосовується й таке широко використовуване математичне поняття як «коєфіцієнт», зокрема, коефіцієнт специфічності ДНК та РНК. *До прикладу задача: «Визначте коєфіцієнт специфічності та тип ДНК, до якої належить фрагмент:…ТТGCCTAAAGTGGAATCCGGAT… ».*

Під час аналізу умови цієї задачі, варто з учнями пригадати, що у математиці коєфіцієнт – це порівняння двох або більше чисел, що вказує на їх розміри по відношенню один до одного, що співвідношення порівнює дві [величини](https://www.greelane.com/link?to=difference-between-quantity-and-unit-609329&lang=uk&alt=https://www.thoughtco.com/difference-between-quantity-and-unit-609329&source=what-is-ratio-definition-examples-2312529) шляхом ділення, що співвідношення може бути відформатовано як порівняння «частина до частини» або «частина до цілого», що порівняння «частина до частини» розглядає дві окремі величини у співвідношенні більше двох цифр.

Розв’язання:

*Дано:*

Фрагмент ланцюга ДНК: …ТТGCCTAAAGTGGAATCCGGAT…

*Ксп* – ?

Тип ДНК – ?

*Розрахунки:*

1. Коєфіцієнт специфічності ДНК(*Ксп*) – співвідношення суми молярних концентрацій гуаніну і цитозину до суми молярних концентрацій аденіну і тиміну у молекулі ДНК:

*Ксп* = *w*(G)*+w*(C)*/w*(A)+*w*(T)або *Ксп* = *n*(G)+*n*(C)*/n*(A)+*n*(T).

*Ксп* =6+4/6+6 ≈ 0,8

2. Тип ДНК: якщо *Ксп<1*, то ДНК – АТ-типу, якщо *Ксп>1*, то ДНК – GС-типу.

*Ксп* ≈ 0,8, тобто ДНК – АТ-типу.

*Відповідь: Ксп* ≈ 0,8, ДНК – АТ-типу.

При розв’язанні розрахункових задач з молекулярної біології активно використовується такий математичний метод як метод пропорцій, який розвиває в учнів уміння знаходити залежність між величинами. До прикладу: «*У фрагменті ДНК знайдено 1120 аденілових нуклеотидів, що становить 28% від загальної кількості. Встановіть відсотковий вміст інших нуклеотидів та відносну молекулярну масу і довжину цього фрагмента ДНК*».

Розв’язання:

*Дано:*

*n* (А – аденілових нуклеотидів) = 1120

*w* (А – аденілових нуклеотидів) = 28%

*l* (нуклеотида) = 0,34 нм (стала величина)

*w (*Т – тимідилових нуклеотидів) – ?

*w (*G – гуанілових нуклеотидів) – ?

*w* (С – цитидилових нуклеотидів) – ?

*Мr* (фрагмента ДНК) – ?

*l* (фрагмента ДНК) – ?

*Розрахунки:*

1. За правилом Чаргаффа і принципом комплементарності: *n(*А) = *n(*Т)= 1120 нуклеотидів; *w(*А) = *w(*Т) = 28%. Тому, *w(*G) = *w(*С) = (100% – (*w(*А) + *w(*Т)) : 2.

*w(*G) = *w(*С) = (100% – (28% + *28%*) : 2 = 22%.

2. Щоб встановити кількість нуклеотидів G іС у даному фрагменті ДНК, складається пропорція: *n*(А) – *w*(А)

*n*(G)/*N(*С) – *w*(G)/*w(*С).

1120 нуклеотидів – 28%

*n(*G) = *N*(С) нуклеотидів – 22%,

звідси *n*(G) = *n(*С) = 1120 · 22% : 28% = 880 нуклеотидів.

3. Відносна молекулярна маса фрагмента ДНК:

*Мr*(фрагмента ДНК) *= n (нуклеотидів) · Мr (нуклеотида)*.

*Мr*(фрагмента ДНК) *=* (1120 · 2 + 880 · 2) ·345 = 1 380 000.

4. Довжина фрагмента ДНК може бути визначена: (а) у парах нуклеотидів (п.н.), (б) у нанометрах (нм):

а) *l*(фрагмента ДНК) у п.н. = *n (пар нуклеотидів у двох комплементарних ланцюгах даного фрагменту)*

б) *l*(фрагмента ДНК) у нм = *n (нуклеотидів в одному ланцюгу даного фрагмента)* · *l*(*одного нуклеотида*).

а) *l*(фрагмента ДНК) у п.н. = 1120 + 880 = 2000.

б) *l*(фрагмента ДНК) у нм = (1120 + 880) · 0,34 нм = 680 нм.

*Відповідь*: *w*(Т) = 28%, *w*(G) = *w*(С) = 22%, *Мr*(фрагмента ДНК) *=*1 380 000, *l*(фрагмента ДНК) = 2000 п.н. або 680 нм.

При формуванні в учнів знань, як генетична інформація, що знаходиться в нуклеїнових кислотах, переноситься в білки, знадобляться їх знання елементів комбінаторики.Під комбінаторикою, зазвичай, розуміють розділ дискретної математики, присвячений розв'язанню задач про вибір та розміщення елементів скінченної множини згідно із заданими правилами. Зокрема, з комбінаторикою учні мають справу при розв’язанні задач на знаходження послідовностей амінокислот у білкових сполуках за послідовністю нуклеотидів у ДНК/РНК або навпаки. До прикладу: «*У фрагменті одного ланцюга ДНК нуклеотиди розташовані в послідовності: 5'…АGТАCGGCАТGТАGC…3'*. *Визначте послідовність мономерів білка, закодованого комплементарним ланцюгом*».

Розв’язання:

*Дано:*

Фрагмент ДНК: 5'…АGТАCGGCАТGТАGC…3'

Послідовність мономерів білка – ?

*Визначення:*

1. Послідовність нуклеотидів у комплементарному ланцюзі (враховується, що (а) комплементарними нуклеотидами є А і Т, G і С, (б) ланцюги ДНК є антипаралельними):

5'…АGТАCGGCАТGТАGC…3'

3'…ТСАТGССGТАСАТСG…5'.

2. Послідовність нуклеотидів у мРНК (враховується, що (а) іРНК є одно ланцюговою, (б) синтезується за принципом комплементарності з матричного ланцюга ДНК, причому А (аденін) в ДНК є комплементарним U (урацилу) в РНК, (в) ланцюг РНК є антипаралельним матричному ланцюгу ДНК):

Матричний ланцюг ДНК: 3'…ТСАТGССGТАСАТСG…5'

мРНК: 5'…АGUАCGGCАUGUАGC…3'.

3. Послідовність мономерів у білку (враховується, що (а) мономерами білку є амінокислоти, (б) система запису послідовності амінокислот у поліпептиді через послідовність нуклеотидів у ДНК/РНК називається генетичним кодом, (в) генетичний код є триплетним, тобто одну амінокислоту кодує три нуклеотиди, (г) існує таблиця генетичного коду):

мРНК: 5'… АGU АCG GCА UGU АGC…3'.

послідовність амінокислот: серин–треонін–аланін–цистеїн–серин.

*Відповідь*:послідовність мономерів білка, закодованого комплементарним ланцюгом ДНК: серин–треонін–аланін–цистеїн–серин.

Розглянуті нами приклади, ілюструють не лише те, як при розв’язанні розрахункових задач з молекулярної біології інтегруються окремі елементи знань учнів з біології та математики. Вони переконують й в тому, що розв'язання задач під час вивчення шкільного курсу біології сприяє виробленню в учнів вмінь використовувати власні знання в різних ситуаціях; переконують їх в тому, що знання мають універсальний характер, тобто можуть бути застосовані у різних галузях; формують цілісне уявлення про природничо-наукову картину світу; забезпечують розширення наукового світогляду учнів.

**Висновки та перспективи подальших наукових розвідок.** Формуванняміжпредметних зв’язків між біологією та математикою при розв’язанні розрахункових задач з молекулярної біології передбачає знаходження змістовних відповідностей елементів змісту навчального матеріалу обох навчальних предметів. Причому, міжпредметні зв'язки біології і математики відбуваються таким чином, що деякі поняття молекулярної біології ілюструють закономірності, які вивчаються у курсі математики; на уроках з вивчення основ молекулярної біології з'являється потреба в математичних знаннях; у процесі вивчення основ молекулярної біології здійснюється закріплення математичних знань, з'являється можливість застосування їх на практиці.

Цесприяє формуванню в учнів розуміння, що біологічні системи на усіх рівнях організації мають кількісні та якісні характеристики, які перебувають у діалектній єдності, наукового світогляду, озброюючи їх системою політехнічних знань зі споріднених предметів, забезпечуючи повноцінний характер та суспільно необхідний рівень їх природничо-математичної освіти.

Перспектива подальшого наукового пошукубуде реалізовуватися в напрямі досліджень щодо формування міжпредметних зв’язків між біологією та фізикою, між біологією та хімією на уроках біології під час виконання різноманітних пізнавальних завдань.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES**

1. Барановська, О. (2015). Модернізація змісту профільного навчання в світлі міжпредметної інтеграції. Директор школи, ліцею, гімназії, 5, 94–100 (Baranovska O. (2015). Modernization of the content of specialized training in the light of interdisciplinary integration. Director of school, lyceum, gymnasium, 5, 94–100).
2. Біологія. 6–9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Режим доступу: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas (Biology. 6–9 classes. Educational program for general educational institutions. Retrieved from: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni programi/navchalni-programi-5-9-klas).
3. Біологія і екологія 10–11 класи. Рівень стандарту. Навчальна програма для закладів середньої освіти. Режим доступу: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv (Biolohiia i ekolohiia 10–11 klasy. Riven standartu. Navchalna prohrama dlia zakladiv zahalnoi serednoi osvity. Retrieved from: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv).
4. Біологія і екологія. 10-11 класи. Профільний рівень. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. Режим доступу: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv (Biology and ecology. 10-11 classes. Profile level. Educational program for institutions of general secondary education. Retrieved from: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv).
5. Бурмак, Г. М., (2010). Використання міжпредметних зв’язків у формуванні основних коптентностей учнів на уроках біології. Біологія, 34–36, 2–10 (Burmak H. M., (2010). The use of interdisciplinary links in the formation of students' core competencies in biology lessons. Biology, 34–36, 2–10).
6. Інтегроване навчання та міжпредметні зв’язки на уроках. Режим доступу:http://osvita.ua/scholl/lessons\_summary/edu…/33139.html (Integrated learning and interdisciplinary links in lessons. Retrieved from: http://osvita.ua/scholl/lessons\_summary/edu…/33139.html).
7. Торяник, В. М., Кубрак, Н. В. (2021). Реалізація міжпредметних зв’язків у шкільному курсі біології 9-го класу при розв’язанні задач з молекулярної біології.Розвитокінтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ\*плюс – 2021»: матеріали ІV Міжнародної науково-методичної конференції. (11–12 листопада 2021 р. Суми). Суми (Torianyk, V. M., Kubrak, N. V., (2021). Implementation of interdisciplinary links in the school course of biology of the 9th grade in solving problems in molecular biology. Development of intellectual skills and creative abilities of pupils and students in the process of teaching disciplines of the natural-mathematical cycle "ITM\*plus – 2021": materials of the IV International scientific-methodical conference. (Nov. 11-12, 2021, Sumy). Sumy).
8. Маслова, В. Р., Ткачова, Л. І., Ткачова, Л. В., Шайдурова, С. О. (2009). Формування міжпредметних компетентностей у процесі вивчення шкільного курсу біології. Луганськ: СПД Резніков (Maslova, V. R., Tkachova, L. I., Tkachova, L. V., Shaidurova, S. O. (2009). Formation of interdisciplinary competencies in the process of studying the school course of biology. Lugansk: SPD Reznikov).
9. Міжпредметні зв’язки шкільного курсу біології. Міжпредметні зв’язки на уроках систематизації та узагальнення знань. Режим доступу: http://www.dnu.dp.ua/metodi/fbio/Biologia/3Kurs/…/Konspekt\_lekcia.doc.httmi/ (Interdisciplinary links of the school biology course. Cross-curricular links in the lessons of systematization and generalization of knowledge. Retrieved from: http://www.dnu.dp.ua/metodi/fbio/Biologia/3Kurs/…/Konspekt\_lekcia.doc.httmi/).
10. Салівон, Н. В. (2008). Формування ключових компетентностей на уроках біології через використання сучасних інноваційних педтехнологій. Біологія, 34–36, 29–40 (Salivon, N. V. (2008). Formation of key competencies in biology lessons through the use of modern innovative pedagogical technologies. Biology, 34–36, 29–40).
11. Трифонова, О. М., Садовий, М. І. (2019). Наукова картина світу ХХІ століття: інтегративність природничих і технічних наук. Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем» (Tryfonova, O. M., Sadovyi, M. I., (2019). The scientific picture of the world of the XXI century: the integrativity of natural and technical sciences. Kropyvnytskyi: PP «Ekskliuzyv-System»).

**Торяник В. Н., Москаленко Н. П., Миронец Л. П.****Формирование межпредметных связей между биологией и математикой при решении задач по молекулярной биологии в школьном курсе биологии.**

***Аннотация.*** *Статья посвящена проблеме интеграции школьных предметов естественно-математического цикла с помощью межпредметных связей. Актуализирован вопрос установления межпредметных связей между биологией и другими естественными и не естественными науками во время выполнения теоретических и практических заданий на уроках биологии в средней школе. Показано, что формирование межпредметных связей между биологией и математикой на уроках по изучению основ молекулярной биологии в 9-11 классах можно осуществлять во время решения расчётных задач. Приводятся примеры решения типичных задач по молекулярной биологии, что требуют математических навыков у учеников осуществлять формально логические операции, работать с алгоритмами, выполнять расчеты размера и относительной молекулярной массы нуклеиновых кислот и белков, массовой доли разных нуклеотидов в составе ДНК/РНК или разных аминокислот в составе белка; использовать понятие «коэффициент», метод пропорций, элементы комбинаторики. Указывается, что формирование межпредметных связей между биологией и математикой способствует формированию у учеников понимания, что биологические системы на всех уровнях организации имеют количественные и качественные характеристики, которые пребывают в диалектическом единстве, и научного кругозора, вооружая их системой политехнических знаний с родственными предметами, обеспечивая полноценный характер и общественно необходимый уровень их естественно-математического образования. Указано, что перспектива дальнейшего научного поиска будет реализовываться в направлении исследований формирования межпредметных связей на уроках биологии между биологией и физикой, биологией и химией с использованием разнообразных познавательных заданий.*

***Ключевые слова:*** *интегрированное обучение***,** *межпредметные связи, естественно-математическое образование, школьный курс биологии, молекулярная биология, математика, биологическая задача, расчетная задача.*

**Toryanik V. N., Moskalenko M. P., Mironets L. P.** **Formation of interdisciplinary connections between biology and mathematics in solving problems of molecular biology in the school course of biology.**

***Summary.*** *The article is devoted to the problem of integration of school subjects of the natural-mathematical cycle with the help of intersubject connections. The question of establishing interdisciplinary links between biology and other natural and unnatural sciences in the performance of theoretical and practical tasks in biology lessons in secondary school has been actualized.* *It is shown that the formation of interdisciplinary connections between biology and mathematics in the lessons of studying the basics of molecular biology in grades 9-11 can be carried out while solving computational problems.* *Examples of solving typical problems of molecular biology are given, which require students to have mathematical skills to perform formal logical operations, work with algorithms, calculate the sizes and relative molecular weights of nucleic acids and proteins, the mass fraction of various nucleotides in the composition of DNA/RNA or various amino acids in the composition. squirrel; use the concept of "coefficient", the method of proportions, elements of combinatorics.* *It is indicated that the formation of interdisciplinary connections between biology and mathematics contributes to the formation of students' understanding that biological systems at all levels of the organization have quantitative and qualitative characteristics that are in dialectical unity, and a scientific outlook, equipping them with a system of polytechnical knowledge with related subjects, providing a full-fledged the nature and socially necessary level of their natural and mathematical education.* *It is indicated that the prospect of further scientific research will be implemented in the direction of research into the formation of intersubject connections in biology lessons between biology and physics, biology and chemistry using a variety of cognitive tasks.*

***Key words:*** *integrated learning*, *interdisciplinary links,* *natural mathematics education, school biology course,* *molecular biology,* *math, biology* *task, calculation task.*